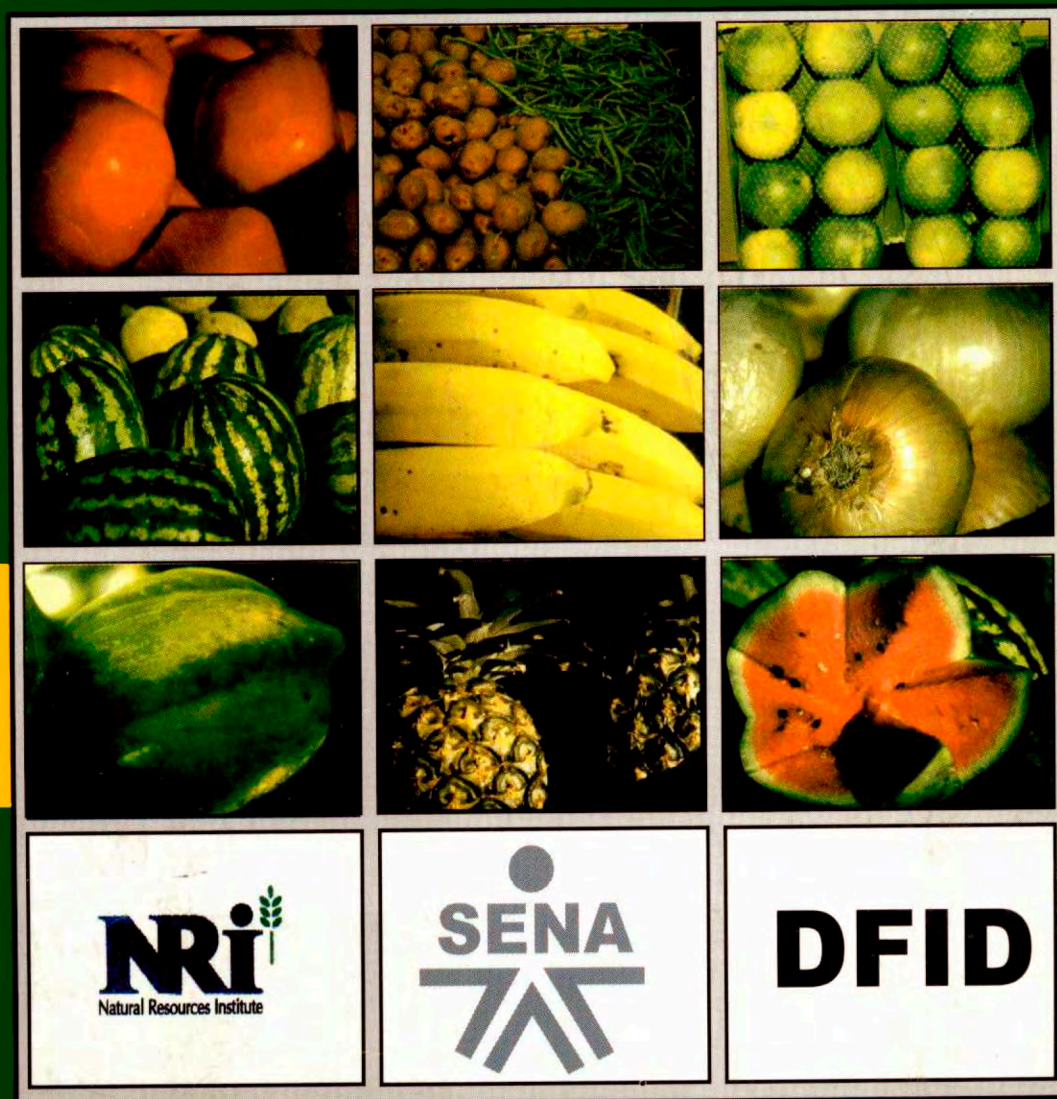
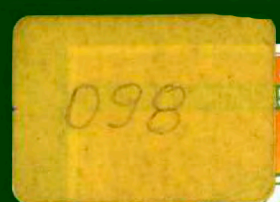


Tecnología Post - Cosecha de Frutas y Hortalizas



**Keith
Thompson**



Esta obra está bajo una [Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

631.31
547.12
664.806
TU684
Ej. 1.

Convenio SENA - Reino Unido

Tecnología Post - Cosecha de Frutas y Hortalizas

A. Keith Thompson



1a. Edición, Febrero de 1998

THOMPSON, A.K. (A. KEITH). Tecnología post-cosecha de frutas y hortalizas. Armenia, Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje, 1998, (Serie de publicaciones del Programa Nacional de Capacitación en Manejo Post-Cosecha y Comercialización de Frutas y Hortalizas, Convenio SENA - Reino Unido).

Texto en Español.

Este documento se publica en dos versiones:

1. Pasta para argolla con 120 diapositivas + CD-ROM
2. Libro donde las 120 diapositivas se reproducen como fotografías + CD-ROM

ISBN: 958-9401-16-3

1. Tecnología post-cosecha. 2. Frutas y hortalizas - pre-cosecha - cosecha - post-cosecha - procesamiento. 3. Frutas y hortalizas - Introducción al manejo post-cosecha - calidad - etileno - maduración - métodos de manejo y cosecha - empaque y la empacadora - tratamientos pre-almacenamiento - almacenamiento y transporte - ejemplos de sistemas de mercadeo - tecnología post-cosecha de productos específicos - procesamiento. 4. Frutas y hortalizas - Capacitación. I. Keith Thompson. II. Servicio Nacional de Aprendizaje. III. Natural Resources Institute.

Este material puede ser reproducido en forma parcial o total en cualquier medio no publicitario y sin ánimo de lucro, reconociendo la fuente de la siguiente manera:

THOMPSON, A. K. Tecnología post-cosecha de frutas y hortalizas. Armenia, Colombia: Servicio Nacional de Aprendizaje, 1998, Editorial Kinesis, Armenia, Colombia. 268 p.:il. Serie de publicaciones del Programa Nacional de Capacitación en Manejo Post-Cosecha y Comercialización de Frutas y Hortalizas, Convenio SENA - Reino Unido, producido con el apoyo del Servicio Nacional de Aprendizaje de Colombia (SENA), el Departamento para el Desarrollo Internacional (*Department for International Development* - DFID) y el Instituto de Recursos Naturales (*Natural Resources Institute* - NRI) del Reino Unido.

El Manual de Tecnología Post-Cosecha de Frutas y Hortalizas fue elaborado por el Doctor Keith Thompson, Profesor (durante el período de preparación del documento) de la Universidad de Cranfield (*University of Cranfield*) del Reino Unido, como una de las actividades del programa de Capacitación en Manejo Post-Cosecha y Comercialización de Frutas y Hortalizas. El Manual fue traducido al Español por el Señor John Jairo Hoyos. Los términos técnicos y la organización del documento fueron revisados y desarrollados por el Ingeniero de Alimentos Fernando Gallo Pérez.

Este Convenio, firmado entre los Gobiernos de Colombia y el Reino Unido, es ejecutado por el Servicio Nacional de Aprendizaje de Colombia (SENA) y el Instituto de Recursos Naturales (*Natural Resources Institute - NRI*), Agencia Ejecutiva para este Convenio del Departamento para el Desarrollo Internacional (*Department for International Development - DFID*) del Gobierno del Reino Unido.

El SENA es un establecimiento público de orden nacional, encargado de cumplir la función que le corresponde al Estado de invertir en el desarrollo social y técnico de los trabajadores colombianos, ofreciendo y ejecutando la formación profesional integral para la incorporación y el desarrollo de las personas en actividades productivas que contribuyan al desarrollo social, económico y tecnológico del país.

El NRI es una dependencia especializada de la Universidad de Greenwich (*University of Greenwich*) de Inglaterra. Cuenta con renombre internacional como centro de conocimientos técnicos sobre los recursos naturales y el medio ambiente en los países en desarrollo. Las actividades del NRI se extienden a una gama de disciplinas, mereciendo especial mención la química, bioquímica, entomología, fitopatología, biogeografía, empleo de las tierras, evaluación de recursos y sistemas agropecuarios, gestión integral de plagas, nutrición de ganado, bromotología, utilización de cultivos, ingeniería y economía alimenticia. El NRI lleva a cabo trabajos de investigación y estudio; desarrollo de plantas experimentales; identificación, preparación y ejecución de Programas; provisión de asesoramiento y capacitación en el Reino Unido y en otros países; y publicación de material científico y de desarrollo. Información sobre los mismos puede solicitarse a:

Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA)

Regional Quindío
Programa Post-Cosecha
Centro Agroindustrial
Apartado Aéreo 695
Armenia, Quindío
Colombia

Tel. Armenia (57 67) 49 62 13 / 49 68 12
Fax. Armenia (57 67) 49 62 13 / 49 68 10
E-mail: senapost-cosecha@eccel.com

Natural Resources Institute (NRI)

Food Security Department
Central Avenue
Chatham Maritime
Kent ME4 4TB
Reino Unido

Tel. Chatham (44 1634) 88 00 88
Fax. Chatham (44 1634) 88 00 66 / 77
E-mail: johnorchard@nri.org

El Manual es publicado en 1998 por el Programa Nacional de Capacitación en Manejo Post-Cosecha y Comercialización de Frutas y Hortalizas, Convenio SENA - Reino Unido, bajo la coordinación de:

Gavin McGillivray, Coordinador Internacional
Jesús María Pedraza Roncancio, Coordinador Nacional

CONTENIDO

PREFACIO	xvii
CAPITULO 1 - INTRODUCCION AL MANEJO POST-COSECHA	1
1.1 CLASIFICACION DE PRODUCTOS	3
1.2 TIPOS DE FRUTA	3
1.3 TASA DE RESPIRACION DE FRUTAS Y HORTALIZAS	3
1.4 PERDIDAS POST-COSECHA	3
1.4.1 Pérdidas económicas	4
1.4.2 Apariencia general	5
1.4.3 Físicas	5
1.4.4 Nutricionales	6
1.4.5 Cuantificación de la pérdida	6
1.4.6 Control de pérdidas	8
1.5 PRACTICA: NORMAS DE CLASIFICACION	9
1.6 COMPONENTES DE LA CADENA POST-COSECHA	10
1.6.1 Factores que afectan los sistemas de mercadeo	10
1.6.2 Componentes de la cadena de mercadeo	11
Producción	11
Cosecha	11
Empaque en el campo y transporte	11
Empacadoras	11
Transporte al mercado	11
Almacenamiento	12
Mercados minoristas	12
CAPITULO II - CALIDAD	13
2.1 COMPONENTES DE LA CALIDAD	15
2.2 NORMAS DE CALIDAD PARA LAS FRUTAS Y LAS HORTALIZAS	16
2.3 NORMAS DE CALIDAD COLOMBIANAS	17
2.4 FACTORES DE PRODUCCION QUE AFECTAN LAS CARACTERISTICAS DE FRUTAS Y HORTALIZAS EN POST-COSECHA	20
2.4.1 Temperatura	20
2.4.2 Nivel nutricional	20
2.4.3 Longitud del día y la intensidad de la luz	21
2.4.4 Relaciones de agua	21
2.4.5 Tratamientos químicos	22
2.4.6 Infección o infestación post-cosecha	22
CAPITULO 3 - ETILENO	25
3.1 ETILENO EN EL SABOR	27
3.2 ETILENO EN LA TOXICIDAD	27
3.3 ETILENO EN EL COLOR	27
3.4 ETILENO EN LAS ENFERMEDADES	28
3.5 ETILENO EN LOS DAÑOS POR ENFRIAMIENTO	28
3.6 ETILENO EN LA BROTACION	28
3.7 ETILENO EN LA MADURACION	28
3.8 ETILENO EN EL CRECIMIENTO	29
3.9 ETILENO EN LA TEXTURA	29
3.10 ETILENO EN LA RESPIRACION	29

3.11	ETILENO EN LA NUTRICION	29
3.12	ETILENO EN LA ABSCISION	30
3.13	ETILENO EN LA SENESCENCIA FLORAL	30
3.14	OTROS USOS DEL ETILENO	30
3.15	REMOCION DEL ETILENO DEL ALMACENAMIENTO	30
3.15.1	Absorción	30
3.15.2	Reacción	31
3.15.3	Conversión catalítica	31
3.15.4	Removedores de ozono	31
CAPITULO IV - MADURACION		33
4.1	CAMBIOS QUE OCURREN DURANTE LA MADURACION DE LA FRUTA	35
4.1.1	Color	35
4.1.2	Firmeza	35
4.1.3	Carbohidratos	37
4.1.3	Acidos	37
4.1.4	Compuestos fenólicos	37
4.1.5	Sabor y aroma	38
4.2	CONDICIONES DE MADURACION PARA FRUTAS ESPECIFICAS	38
4.2.1	Maduración del albaricoque	38
4.2.2	Maduración del aguacate	38
4.2.3	Maduración del banano	38
4.2.4	Maduración del arándano	38
4.2.5	Maduración del kiwi	38
4.2.6	Maduración del mango	38
4.2.7	Maduración del melón	39
4.2.8	Maduración de la papaya	39
4.2.9	Maduración de la pera	39
4.2.10	Maduración del melocotón	39
4.2.11	Maduración del caqui (kaki)	39
4.2.12	Maduración del tomate	40
4.3	FUENTES DE ETILENO PARA LA MADURACION	40
	Líquido	40
	Cilindros grandes de gas	41
	Cilindros pequeños de gas	41
	Generadores de etileno	41
	Interacciones de etileno con oxígeno y dióxido de carbono	42
4.4	GASES ALTERNATIVOS AL ETILENO	42
4.5	MADURACION COMERCIAL DE BANANO	43
4.6	DETERMINACION DE LA MADURACION PARA LA COSECHA	45
4.6.1	Medidas subjetivas	45
	Color de la cáscara	45
	Forma	46
	Morfología de la fruta	46
	Grados de maduración según la observación de las personas	46
	Tamaño	47
	Aroma	47
	Apertura de la fruta	47
	Cambios de hoja	48
	Firmeza	48
	Cómputos	48
4.6.2	Medidas objetivas	49

Determinación del color de la cáscara usando métodos ópticos	49
Firmeza	50
Jugo	51
Aceite	52
Azúcares	52
Almidón	53
Acidez	53
Gravedad específica	53
Pruebas de vibración	54
Propiedades eléctricas	55
Métodos electromagnéticos	55
Radiación	55
Métodos fisiológicos	55
Reflejo cercano infrarrojo (RCI)	56
4.7 PRACTICA: Instrumentos y metodología para evaluar la maduración o el grado de desarrollo de frutas, hortalizas y tubérculos	57
4.7.1 Cambios visuales como índice de madurez	57
4.7.2 Medición de la gravedad específica	58
4.7.3 Medición de material seco	59
4.7.4 PRACTICA: Medición de la gravedad específica	61
4.7.5 PRACTICA: Medición del peso seco	62
4.7.6 PRACTICA: Ensayo o test de yodo (yodo)	63
4.7.7 PRACTICA: Medición de la consistencia	64
4.7.8 PRACTICA: Medición de la acidez y pH	65
4.7.9 PRACTICA: Medición de los sólidos solubles totales	67
CAPITULO V - METODOS DE MANEJO Y COSECHA	73
5.1 DAÑOS POST-COSECHA	73
5.1.1 Daños por compresión	73
5.1.2 Daños por impacto	73
5.1.3 Daños por vibración	74
5.2 OPERACIONES DE COSECHA	74
5.2.1 Cosecha de frutas	75
Cosecha manual de la fruta	75
Cosecha mecánica de la fruta	75
5.2.2 Cosecha de hortalizas	76
Cosecha manual de hortalizas	76
Cosecha mecánica de hortalizas	76
5.3 RETIRO DE LOS PRODUCTOS DEL CAMPO	77
CAPITULO VI - EMPAQUE Y LA EMPACADORA	79
6.1 DISEÑO DEL EMPAQUE	81
6.2 TIPO DE EMPAQUE	82
Sin empaque	82
Empaques de segunda mano o usados	82
Bolsas y sacos	82
Sacos de fibra natural	82
Sacos y bolsas de plástico	83
Bolsas de papel	83
Canastos o cestos tejidos	84
Cajas de madera	84
Canastillas plásticas	85



	Cajas estiba	86
	Cajas de pulpa prensada	87
	Las cajas de pulpa prensada corrugada	87
6.3	ROTULADO	92
6.4	EMPAQUES DE ATMOSFERA MODIFICADO (EAM)	92
6.5	PRACTICA: EMPAQUE	98
6.6	LA EMPACADORA O CENTRO DE ACOPIO	99
6.6.1	Empaque en el campo	99
6.6.2	Empacadoras sencillas	99
6.6.3	Empaque de banano	101
6.7	DISEÑO DE UNA EMPACADORA GRANDE	101
	Flujo del producto	103
	Equipo requerido en una empacadora	103
	Lavado	105
	Limpieza en seco	106
	Encerado y brillado	106
	Clasificación	106
	Clasificadores por tamaño	107
6.8	PRACTICA: ERGONOMIA	109
6.9	PRACTICA: EMPAQUE	111
CAPITULO VII - TRATAMIENTOS PRE-ALMACENAMIENTO		113
7.1	TEMPERATURA ALTA	115
7.1.1	Curación	115
	Curación de papa	115
	Curación de la batata	119
	Curación de achipa	119
	Curación de yuca	119
	Curación de aroid comestible	119
	Curación de frutas cítricas	120
	Aplicación de la curación	120
	Secado	120
7.1.2	Tratamientos con agua caliente	121
7.1.3	Tratamiento de vapor caliente (VHT)	122
7.2	TRATAMIENTOS QUIMICOS	123
7.2.1	Control de microorganismos	123
7.2.2	Métodos para la aplicación de químicos	123
	Inmersión	124
	Aspersiones	125
	Aspersiones electrostáticas	125
	Espolvoreos	125
	Fumigación	128
	Esponjas químicas	128
	Desbalance nutricional	129
	Antigerminantes	129
	Minerales	130
7.3	RECUBRIMIENTOS O BARRERAS FISICAS	130
7.4	IRRADIACION	132
7.4.1	Radio isótopos	132
7.4.2	Cañón electrónico	132
7.5	PRE-ENFRIAMIENTO	133
7.5.1	MÉTODOS DE PRE-ENFRIAMIENTO	134

Hielo triturado	134
En cuarto frío	134
Enfriamiento con aire forzado	134
Hidro-enfriamiento	137
Enfriamiento al vacío	137
7.5.2 PRACTICA: Pre-enfriamiento	139
CAPITULO VIII - ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE FRUTAS Y HORTALIZAS	141
8.1 LAS NECESIDADES DE ALMACENAMIENTO	144
8.2 MANEJO Y ORGANIZACION DE ALMACENAMIENTO	145
Almacenamiento a corto plazo	145
Almacenamiento no planeado	147
Almacenamiento a largo plazo	147
8.3 ALMACENAMIENTO	148
8.3.1 Estructuras simples de almacenamiento	148
8.3.2 Tipos de almacenaje simple	148
In situ	148
Fosos	149
Arrume tapado	149
Rompevientos	150
Sótanos	150
Silos	150
Enfriamiento por evaporación	154
Ventilación nocturna	154
8.3.3 Almacenamiento refrigerado	165
Baja temperatura	165
Humedad	166
8.3.4 Almacenamiento con atmosfera controlada	171
Estructura del almacenamiento	174
Equipo para el control de gases	174
Dióxido de carbono	174
Almacenaje hipobárico	180
8.4 TRANSPORTE	181
8.4.1 Transporte nacional	181
8.4.2 Transporte internacional marítimo	182
8.4.3 Transporte con atmósfera controlada	187
8.4.4 Transporte internacional aereo	188
CAPITULO IX - EJEMPLOS DE SISTEMAS DE MERCADEO	191
9.1 LA CORPORACION DE COMERCIALIZACION AGROPECUARIA EN JAMAICA	193
9.2 LA DIRECCION DE DESARROLLO DE EXPORTACION DE SRI LANKA	194
9.3 EL PROGRAMA DE PROMOCION DE EXPORTACION A NIVEL DE ALDEAS EN SRI LANKA	195
9.4 EL PROGRAMA DE DIVERSIFICACION DE LA FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA	196
CAPITULO X - TECNOLOGIA POST-COSECHA DE PRODUCTOS ESPECIFICOS	197
10.1 MANGO - <i>Mangifera indica</i>	199
10.2 PIÑA - <i>Ananas comosus</i>	200
10.3 PAPAYA - <i>Carica papaya</i>	201
10.4 BATATA - <i>Ipomoea batatas</i>	201

10.5	MELON - <i>Cucumis melo</i>	203
10.6	ÑAME - <i>Disocorea rotundata</i>	205
10.7	YUCA - <i>Manihot esculenta</i>	206
10.8	AGUACATE - <i>Persea americana</i>	207
10.9	PLATANO - <i>Musa AAA cvs</i>	208
10.10	MARACUYA - <i>Passiflora edulis</i> , (y P. Flavicarpa)	209
10.11	BADEA - <i>Passiflora quadrangularis</i>	209
10.12	MORA - <i>Rubus spp</i>	209
10.13	TOMATE - <i>Lycopersicon esculentum</i>	210
10.14	BERENJENA - <i>Solanum melongena</i>	211
CAPITULO XI - PROCESAMIENTO DE FRUTAS Y HORTALIZAS		213
	Frescas	215
	Procesadas	215
	Mínimamente procesadas	215
11.1	CAUSAS DE DETERIORO	215
11.2	VENTAJAS DEL PROCESAMIENTO	215
11.3	LA INDUSTRIA PROCESADORA	216
11.4	TECNICAS DE PROCESAMIENTO	216
11.5	CALIDAD DEL PRODUCTO PROCESADO	216
11.6	EJEMPLOS DE METODOS DE PROCESAMIENTO APLICADOS A LAS FRUTAS Y HORTALIZAS	218
11.6.1	Secado	218
	Evaporación	218
	Deshidratación osmótica	220
	Ejemplo del banano	220
	Tratamiento con glicerol para el apio	220
	Liofilización (secado por congelación y sublimación)	221
11.6.2	Congelación	222
	Inmersión	222
	Indirecto	222
	Congelamiento por túnel	222
	Congelamiento rápido e individualizado (IQF)	222
	Congelamiento de la yuca	223
11.6.3	Procesamiento de jugos	223
	Jugo de naranja	224
	Jugo de limas	224
	Jugo de manzana	225
11.6.4	Papas fritas y papas a la francesa	225
	Banano frito (snack)	227
11.6.5	Puré	228
11.6.6	Frutas y hortalizas semi-procesadas	229
	REFERENCIAS	231
	INDICE TEMATICO	255
	DIPOSITIVAS/FOTOGRAFIAS	

TABLA DE FIGURAS

Figura 4.1	Pg. 36	Cambios de coloración del banano y el mango
Figura 4.2	Pg. 37	Cambios en azúcares y contenido de ácido en los mangos Keitt
Figura 6.1	Pg. 88	Cartón corrugado
Figura 6.2	Pg. 90	Variación de la resistencia a la compresión de las cajas de cartón con la humedad relativa
Figura 6.3	Pg. 91	Variación de fuerza de compresión de caja con la forma de estibado
Figura 6.4	Pg. 94	Empaque de banano en gajos
Figura 6.5	Pg. 95	Empaque de banano en cuatro filas de gajos
Figura 6.6	Pg. 96	(Continuación de la figura 6.5)
Figura 6.7	Pg. 97	Empaque de banano en tres filas de gajos
Figura 6.8	Pg. 100	Empacadora sencilla - herramientas de operación
Figura 6.9	Pg. 102	Plano de una empacadora
Figura 6.10	Pg. 104	Manejo, selección y destino
Figura 6.11	Pg. 107	Máquina enceradora
Figura 7.1	Pg. 116	Curación de la herida
Figura 7.2	Pg. 117	Sección histológica del ñame (curación)
Figura 7.3	Pg. 118	Cambios en el grosor de tejido de la herida después de la curación
Figura 7.4	Pg. 121	Curación del ñame
Figura 7.5	Pg. 126	Preparación del fungicida para la inmersión
Figura 7.6	Pg. 127	Inmersión de la fruta en fungicida
Figura 7.7	Pg. 135	Enfriadores con aire forzado y alta humedad
Figura 7.8	Pg. 136	Banco de hielo enfriador
Figura 8.1	Pg. 146	Precios y costos de la papas almacenadas en Camerún
Figura 8.2	Pg. 151	Grapa para almacenar en el campo
Figura 8.3	Pg. 152	Almacenamiento de yuca
Figura 8.4	Pg. 153	Estructura de almacenaje en sótano
Figura 8.5	Pg. 156	Estructuras de almacenamiento improvisado en campo
Figura 8.6	Pg. 157	Ajos Ascalonia colgados
Figura 8.7	Pg. 158	Almacenamiento con ventilación nocturna para cebollas.
Figura 8.8	Pg. 159	Bodega de almacenamiento con ventilación
Figura 8.9	Pg. 160	Almacenamiento con recirculación y mezcla de aire
Figura 8.10	Pg. 161	Ductos laterales para almacenamiento ventilado
Figura 8.11	Pg. 162	Almacenamiento con ventilación
Figura 8.12	Pg. 163	Sistemas de ventilación para bodegas
Figura 8.13	Pg. 164	Ventilación de cajones en almacén
Figura 8.14	Pg. 167	Respiración de muestras de papa después de un mes de almacenamiento a diferentes temperaturas
Figura 8.15	Pg. 168	Cuarto de almacenamiento refrigerado
Figura 8.16	Pg. 170	Incremento de la humedad relativa (HR)
Figura 8.17	Pg. 175	Retenedor de CO ₂ con hidróxido de calcio
Figura 8.18	Pg. 176	Tasa de absorción de CO ₂ por el hidróxido de calcio
Figura 8.19	Pg. 177	Retenedor físico de CO ₂
Figura 8.20	Pg. 178	Generadores de atmósferas pobres en oxígeno
Figura 8.21	Pg. 181	Transporte a granel
Figura 8.22	Pg. 183	Circulación y cambios de aire
Figura 8.23	Pg. 184	Contenedores marítimos refrigerado y ventilado
Figura 8.24	Pg. 185	Movimiento de aire en contenedores
Figura 8.25	Pg. 189	Contenedores aéreos
Figura 8.26	Pg. 190	Condiciones monitoreadas en la sección de carga de un avión.

DIAPPOSITIVAS/FOTOGRAFIAS

NOTA:

El primer número corresponde al capítulo y el segundo al consecutivo de la diapositiva ó fotografía

- 3.1 Inspección de las características de calidad del banano al llegar al país importador
- 3.2 Muchos productos son clasificados en diferentes categorías de calidad para la comercialización, por ejemplo tomate clase 1
- 3.3 Supermercado en México, mostrando productos de alta calidad en la góndola
- 3.4 Mayorista, de donde los productos se venden a detallistas y al sector hotelero y de restaurantes
- 4.1 Cuadro de maduración del banano
- 4.2 Maduración para la cosecha de la papaya, mostrando el inicio del cambio de color que indica que la fruta madurará a tener buen sabor
- 4.3 Cuadro de maduración del tomate
- 4.4 La fruta "akee" debería cosecharse solamente cuando está totalmente madura, un estado que se demuestra cuando la cáscara se parte, de otra forma pueden ser tóxicas
- 4.5 Método diferenciador de color
- 4.6 Probadores de presión Instron
- 4.7 Refractómetro de mano y electrónico (digital), probador manual de presión
- 4.8 Prueba de yodo de almidón
- 5.1 Cosecha mecanizada de cebolla en el Reino Unido
- 5.2 Cosechador de frambuesa/mora
- 5.3 Cosecha de la manzana utilizando un agitador de árbol
- 5.4 Cosecha de la manzana utilizando una plataforma
- 5.5 Cosecha de lechuga usando andamio
- 5.6 Cosecha de fresa en Paraguay utilizando una carretilla sencilla
- 5.7 Cosecha de la manzana utilizando escalera
- 5.8 Auto-recolección cosecha
- 5.9 Cosecha robótica del champiñón 1
- 5.10 Cosecha robótica del champiñón 2
- 5.11 Cosecha de la fruta kiwi
- 5.12 Transportador del banano por cablevía del campo a la empacadora
- 6.1 Manejo de Piña en Colombia
- 6.2 Transporte de sandía a granel en camiones
- 6.3 Transporte de sandía a granel sin empaque mostrando daño a la fruta
- 6.4 Plátanos para la venta en Colombia, mostrando daños mecánicos en la superficie
- 6.5 Bolsa de papel triple (multi-pliegues) utilizadas para empacar cultivos como papa en el Reino Unido
- 6.6 Sacos utilizados para el transporte internacional del producto como la calabaza
- 6.7 Canasta utilizada en todas las partes del mundo para el transporte de productos frescos
- 6.8 Cajas "Bruce" son vendadas con alambre para facilitar el transporte en vacío, aunque actualmente no se utilizan mucho
- 6.9 Caja de madera mostrando la superficie interna áspera
- 6.10 Caja de madera mostrando un clavo que puede dañar productos
- 6.11 Caja de "hardboard" (madeflex)
- 6.12 Canastilla plástica con barras de metal que facilite el arrume ("nest and stack feature")
- 6.13 Canastilla plástica con características que permite el arrume ("nest and stack feature")
- 6.14 Canastillas plásticas amontonables
- 6.15 Canastilla plástica no-retornable
- 6.16 Canastilla de poliestireno
- 6.17 Caja de paleta utilizada para el transporte y almacenamiento de la fruta kiwi en la Nueva Zelanda

- 6.18 Caja de "solid fibreboard" (cartón sólido)
- 6.19 Caja de cartón de "fibreboard" corrugado
- 6.20 Cajas de cartón con capa de cera
- 6.21 Ensayo de cajas de cartón en que las cajas a mano izquierda fueron re-diseñadas y dieron mejor apoyo y protección a los productos durante el transporte
- 6.22 Caja de cartón con paredes que se entrelacen para estabilizar las cajas en el arrume
- 6.23 Montón / pila de cajas de cartón
- 6.24 Caja con espuma plástica
- 6.25 Caja tipo celular (caja con celdas que individualizan el contenido)
- 6.26 Caja para piña mostrando paredes internas para darles mayor resistencia en el arrume y separar la piña evitando la fricción.
- 6.27 Piña en Colombia, mostrando malas prácticas de manipulación que pueden dañar la fruta
- 6.28 Empacadora de piña en una choza en el campo en Ghana
- 6.29 Empaque en el campo en cajas de maderas forradas con lana de madera en Pakistán
- 6.30 Empaque en el campo en Tailandia en canastillas plásticas y cartones para exportaciones
- 6.31 Empacado sencillo en Tailandia 1
- 6.32 Empacado sencillo en Tailandia 2
- 6.33 Empacado en campo y sitio de almacenamiento en Colombia
- 6.34 Empacadora sencilla con aire acondicionado para productos para exportación. Consiste de un banquillo de tres niveles y un flujo planificado de producto
- 6.35 Empacadora en que los productos son lavados y clasificados automáticamente y luego empacados
- 6.36 Volqueta / vaciadora de cajas para transferir productos desde las cajas de paleta las líneas de empaques
- 6.37 Empacadora moderna para frutas y hortalizas
- 6.38 Empacadora para frutas y hortalizas 1
- 6.39 Empacadora para frutas y hortalizas 2
- 6.40 Lavadora de la cebolla puerro dentro de la línea de empaque
- 6.41 Clasificador de mango por peso utilizado por empacadoras sencillas en Brasil
- 6.42 Clasificador por peso utilizado por empacadoras en el Brasil
- 6.43 Báscula automática dentro de la línea de empaque
- 6.44 Clasificador por visión computarizada
- 6.45 Máquina automática ensayador "TSS" dentro de la línea de empaque
- 6.46 Máquina ensayador "TSS" 1
- 6.47 Máquina ensayador "TSS" 2
- 6.48 Línea para empacar con celofán "shrink film"
- 6.49 Línea para empacar con celofán caliente "hot shrink film"
- 7.1 Equipo de tratamiento con agua caliente para controlar enfermedades post-cosecha de mango
- 7.2 Tratamiento con agua caliente para controlar enfermedades post-cosecha de mango 1
- 7.3 Tratamiento con agua caliente para controlar enfermedades post-cosecha de mango 2
- 7.4 Empaque sencillo con tratamiento con fungicida para piña 1
- 7.5 Empaque sencillo con tratamiento con fungicida para piña 2
- 7.6 Aplicación de fungicida desde "bomba mochila" para controlar podredumbre de corona del banano
- 7.7 Aplicador de fungicida en cascada automática para el banano en Ecuador
- 7.8 Rociador de fungicida dando tratamiento a paletas de manzanas antes del almacenamiento 1
- 7.9 Aplicador en cascada dando tratamiento a paletas de manzanas antes del almacenamiento 1
- 7.10 Aplicador "Microstat" de fungicidas que brinda volúmenes bajos pero eficaces de químicos de modo uniforme al cultivo
- 7.11 Hidro-enfriamiento de frutas antes de que se carguen en un contenedor "Reefer"
- 7.12 Caja tratada con cera que puede utilizarse para productos hidro-enfriados
- 7.13 Pre-enfriamiento por vacío 1

- 7.14 Pre-enfriamiento por vacío 2
- 8.1 Bodega para almacenamiento de ñame 1
- 8.2 Bodega para almacenamiento de ñame 2
- 8.3 Enfriador por evaporación mostrando el ventilador de extracción
- 8.4 Enfriamiento por evaporación mostrando la almohada de enfriamiento
- 8.5 Almacén con ventilación nocturna mostrando la estructura
- 8.6 Almacén con ventilación nocturna mostrando el interior del almacén y la distribución del aire
- 8.7 Almacén con ventilación nocturna mostrando la entrada del ventilador
- 8.8 Almacén de cebolla a granel mostrando el sistema de ventilación 1
- 8.9 Almacén de cebolla a granel mostrando el sistema de ventilación 2
- 8.10 Almacén de papas a granel mostrando el sistema de ventilación
- 8.11 Montón / pila de cajas para papas, cebollas, repollos etc.
- 8.12 Medidor de CO₂ para la ventilación del almacén
- 8.13 Efecto de temperatura en la maduración de manzanas
- 8.14 Daño por O₂ después de almacenamiento con atmósfera controlada con niveles demasiado bajos O₂
- 8.15 Daño por CO₂ después de almacenamiento con atmósfera controlada con niveles demasiado altos con CO₂
- 8.16 Efecto de atmósfera controlada en la textura de la fruta Kiwi
- 8.17 Almacén con atmósfera controlada mostrando los sellos de las puertas
- 8.18 Almacén con atmósfera controlada mostrando la insolación de la pared y el método para arrumar los palets
- 8.19 Puerta del almacén con atmósfera controlada mostrando los sellos de la puerta
- 8.20 Removedor de cal para limpiar CO₂ de un almacén de atmósfera controlada
- 8.21 Generador de N₂ utilizado para hacer salir el O₂ directamente después de cargar y cerrar un almacén de atmósfera controlada
- 11.1 Secador solar 1
- 11.2 Secador solar 2
- 11.3 Secador mixto que utiliza tanto la energía solar como la del calor de una estufa como suplemento
- 11.4 Secador de gabinete que utiliza como fuente de calor un mechero de propano
- 11.5 Papaya deshidratada por proceso osmótico y empacada
- 11.6 Piña deshidratada por proceso osmótico y empacada
- 11.7 Fresas deshidratadas por proceso liofilización con destino a cereales para el desayuno
- 11.8 Fruta deshidratada por proceso de liofilización, que se vende para mercado
- 11.9 Puré de mango congelado
- 11.10 Máquina que taja, lava y seca banano para ser frito
- 11.11 Banano frito
- 11.12 Banano frito / línea para clasificar y aplicaciones de aditivos como la sal.

RECONOCIMIENTOS

Mis reconocimientos a Fernando Gallo Pérez, quien contribuyó a esta publicación en muchas maneras; a John Jairo Hoyos por sus servicios de traducción además de tolerancia durante el Proyecto; al Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID - Department for International Development) del Gobierno del Reino Unido por su apoyo y financiamiento de este trabajo; al Servicio Nacional de Aprendizaje de Colombia (SENA) por brindar la infraestructura y colaboración en el proyecto; a los docentes del SENA que participaron en los Ciclos de Capacitación de 1995 y 1996, quienes contribuyeron mucho debate y asesoría; a Luz Stella Pizarro Guzmán por su ayuda en la traducción y preparación de esta publicación; y a Gavin McGillivray por su sabiduría, consejos, apoyo y sobre todo amistad durante este proyecto.

Keith Thompson

PREFACIO

Con la multiplicidad de climas en Colombia desde tropical a templado, se cultiva una gama de productos agrícolas y hortofrutícolas. Las personas involucradas en la comercialización y transporte de frutas y hortalizas requieren orientaciones sencillas en cuanto a cómo cosechar, empacar, transportar y almacenar sus productos a fin de proveer al consumidor un producto en óptimas condiciones. Existe información sobre la post-cosecha y comercialización, pero no es fácilmente accesible y tampoco se encuentra en una forma utilizable por parte de, por ejemplo, pequeños productores. La tecnología post-cosecha de frutas y hortalizas es distinta para cada producto y puede ser muy compleja debido a que muchos de los productos son altamente perecederos, especialmente en las regiones calientes del país. El hecho de que distintos mercados tienen diferentes requerimientos de calidad también hace difícil proponer soluciones sencillas. La información contenida en este manual se basa en una revisión selectiva de la literatura y mis experiencias de tecnología post-cosecha en Colombia y otras regiones del mundo.

El libro se dirige a los requerimientos de pequeños productores así como de la industria de productos frescos en general. Este libro se desarrolló como producto del Programa de Capacitación en Post-Cosecha de Frutas y Hortalizas, Convenio SENA - Reino Unido, cuyos entes ejecutores son: el Servicio Nacional de Aprendizaje de Colombia (SENA), el Departamento para el Desarrollo Internacional (DFID - Department for International Development) del gobierno del Reino Unido y el Instituto de Recursos Naturales (NRI - Natural Resources Institute) de la Universidad de Greenwich de Inglaterra, a través del cual se capacitó y transfirió información a docentes del SENA. Durante los Ciclos de Capacitación se suministró a los docentes del SENA materiales para que ellos pudieran presentar cursos de multiplicación a extensionistas, otros profesionales y productores en los distintos departamentos de Colombia. Entre los resultados de este exitoso y productivo Convenio se encuentra el presente libro.

Keith Thompson

CAPITULO 1

INTRODUCCION AL MANEJO POST-COSECHA

Objetivo de la capacitación:

- Describir los diferentes tipos de tejidos y estructuras de frutas y hortalizas que son utilizados y las implicaciones que éste tiene en su tecnología post-cosecha
- Describir los factores a considerar durante el mercadeo de frutas y hortalizas en fresco para que lleguen al consumidor en las condiciones que ellos requieren y a un precio conveniente.

Objetivos del aprendizaje:

- Poder describir la estructura y la forma de un producto, su cosecha, manejo en el almacenamiento, susceptibilidad a pérdidas y características de mercado
- Entender las causas de las pérdidas post-cosecha para poder controlarlas
- Relacionar los factores involucrados en la cadena de mercadeo de frutas y hortalizas en fresco con los requerimientos del mercado y con la tecnología disponible y apropiada.

Temas a considerar:

- Tipos de material de frutas y hortalizas comestibles
- Tasas de respiración de frutas y hortalizas
- Pérdidas post-cosecha de frutas y hortalizas
- Métodos para valorización de pérdidas
- Control de pérdidas
- Los factores que afectan la cadena de mercadeo
- Componentes de la cadena post-cosecha
- Producción de cultivos
- Producto orgánico
- Cosecha
- Empaque en el campo y transporte
- Empacadoras
- Transporte al mercado
- Almacenamiento
- Mercados minoristas.

CAPITULO 1

INTRODUCCION AL MANEJO POST-COSECHA

1.1 CLASIFICACION DE PRODUCTOS

Las frutas se clasifican de acuerdo con su tejido de formación y tipos de respiración:

- Tipos de hortalizas
- Tallo inmaduro, ejemplo: espárragos
- Botones vegetativos inmaduros, ejemplo: repollo
- Flor inmadura, ejemplo: coliflor
- Fruta inmadura, ejemplo: habichuela
- Hoja, ejemplo: lechuga
- Pecíolo de hoja, ejemplo: ruibarbo
- Raíz modificada, ejemplo: uva
- Tallo modificado, ejemplo: papa
- Hoja modificada, ejemplo: cebolla de huevo.

1.2 TIPOS DE FRUTA

- Fruta climatérica, ejemplo: manzana, banano, tomate, aguacate
- Fruta no climatérica, ejemplo: cítricos, uvas, fresas.

1.3 TASA DE RESPIRACION DE FRUTAS Y HORTALIZAS

Clasificación de tasas de respiración a 5°C en mg. CO₂ Kg⁻¹h⁻¹

5 a 10	Manzana, cítricos, uva, fruta kiwi, ajo, cebolla de huevo, papa y batata
10 a 20	Banano, cereza, durazno, pera, repollo, zanahoria, breva, ciruela, lechuga y tomate
20 a 40	Fresa, coliflor y aguacate
40 a 60	Cebolla larga, col de Bruselas y flores cortadas
Más de 60	Espárragos, champiñones, arveja, espinaca, brócoli y maíz dulce.

1.4 PERDIDAS POST-COSECHA

Las frutas y hortalizas son organismos vivos. Su calidad y vida útil son afectadas por factores como la temperatura, la humedad, la composición de la atmósfera que la rodea, el nivel de daño que se les puede causar antes, durante y después de la cosecha y el tipo y grado de infección con microorganismos, insectos, etc. Se deteriorarán durante el almacenamiento por causa de:

- Pérdida de humedad
- Pérdida de energía durante el almacenamiento, ejemplo: carbohidratos

- Pérdida de otros de nutrientes, ejemplo: vitaminas
- Pérdida física por plagas y enfermedades
- Pérdida en calidad por desórdenes fisiológicos
- Desarrollo de fibra
- Enverdecimiento (papa)
- Crecimiento de raíces
- Crecimiento de vástago
- Germinación de semillas.

Las pérdidas de frutas y hortalizas frescas después de la cosecha constituyen una de las fuentes principales de pérdida de alimentos para los humanos. El nivel de estas pérdidas han sido a menudo estimadas y se han dado unas cifras globales en reportes de investigaciones y en reportes de organizaciones nacionales e internacionales comprometidas con la producción agrícola. Lo que representan estas estimaciones y medidas depende de:

- Lo que los observadores consideren como pérdidas, ejemplo: económicas, físicas, apariencia general, nutricionales
- Las condiciones específicas durante el período entre la cosecha y la medida o estimación del daño
- El tiempo tomado entre la cosecha y la medida o estimación del daño
- La condición del producto en el momento de la cosecha
- La situación de oferta y demanda en el momento de la observación.

Basándonos en lo anterior se entiende que las pérdidas pueden variar entre el 0 y 100% dependiendo del propósito y los parámetros del estudio. Por lo tanto entendemos que cualquier información publicada es específica para un sólo producto, y en aquellas condiciones y parámetros de observación. A pesar de estas dificultades es muy importante tener promedios de pérdida para la planeación y el desarrollo de los programas.

Hay cuatro tipos de pérdidas:

- Económicas
- Apariencia general
- Físicas
- Nutricionales.

1.4.1 PERDIDAS ECONOMICAS

Estas se pueden demostrar a través de un ejemplo de la Corporación Agrícola de Mercadeo de Jamaica, que ya se ha desmantelado. El ñame (*Dioscorea spp*) era empacado para su exportación en una empacadora central a unos 60 a 100 Km. del área de producción. Este ñame era transportado en camiones a la empacadora, arrumado sin ninguna clase de material de empaque. En un estudio que monitoreó este proceso, sólo el 49% de este ñame fue apropiado para su exportación en el momento que llegó a la empacadora, el otro 51% fue vendido al mercado local a un precio más bajo que los exportados. Cuando el ñame era cosechado directamente en unas cajas en el campo y

transportado en las mismas cajas a la empacadora, su promedio de exportación fue del 84%. En este estudio el costo extra de las cajas fue fácilmente retribuido por el ñame exportado y vendido en el mercado a un costo mayor.

1.4.2 APARIENCIA GENERAL

Estas se pueden ver en un estudio sobre la calidad del banano en Sudán. Se llevó a cabo una evaluación de la calidad del banano a medida que éstos se sacaban de los cuartos comerciales de maduración. Basados en los estándares de calidad europeos el 95% de la fruta se consideró mala para el mercado. De hecho, si esto hubiera sucedido en Europa, había representado una pérdida física del 95%. Sin embargo, la demanda por el banano en Sudán era mucho más alta que su oferta y a las personas no les molestaba pagar el mismo precio por la fruta sin importar su condición física. Un estudio que se llevó a cabo en Ghana mostró unos resultados similares con el plátano. Incluso frutas que habían sido trituradas y convertidas en pulpa fueron empacadas y llevadas a mercados especializados.

1.4.3 FISICAS

Estas se reconocen cuando una porción real del cultivo se pierde entre la cosecha y su llegada al consumidor. La pérdida de peso, a través de procesos metabólicos y físicos dentro del cultivo, pueden incrementarse debido a factores como el manejo inapropiado o la exposición a organismos que causan enfermedades. Estos son comunes en la mayoría de los sistemas de mercadeo y se ha llevado a cabo mucha investigación para su control. Un ejemplo de un estudio que duró un año acerca de la llegada de la manzana, al mercado central de México por parte de R.A.Noan del Instituto de Productos Tropicales muestra una alta proporción de pérdida física de la fruta.

El balance de las pérdidas económicas con las pérdidas físicas puede requerir un estudio detallado. Muy a menudo un cierto nivel de pérdida física puede ser aceptable, aunque éste reducirá el valor en el mercado de la fruta u hortaliza, ya que el costo para eliminar la pérdida puede ser mayor que el costo de la reducción en el precio del producto. En Pakistán, el transporte de la sandía arrumada en los camiones daña la fruta, el empacar la fruta en cajas podría eliminar este daño, pero no sería económico hacerlo.

Clasificación de calidad en la CE	Razones para no colocar en el mercado	Porcentaje
Extra		0.2%
1		11.0%
2		29.6%
3		25.7%
Mayor de 3		15.5%
No comerciable		18.0%
	Fisiológicas	9.0%
	Enfermedades	10.0%
	Infestación por insectos	2.1%
	Semilla amarga (bitterpit)	1.4%
	Daños por congelación	0.2%
	Daños mecánicos	6.8%

1.4.4 NUTRICIONALES

Para medir el nivel nutricional se requieren análisis químicos muy complejos, pero es cierto que los manejos inapropiados como el almacenamiento inadecuado hacen perder vitaminas y carbohidratos, siendo los minerales el único contenido estable.

1.4.5 CUANTIFICACION DE LA PERDIDA

Antes de hacer el intento para reducir las pérdidas se aconseja que se cuantifique cuáles son las pérdidas y cuánto están costando. Cuando se ha establecido que éstas son de índole económico, se debe entonces establecer la naturaleza y la fuente de las pérdidas. Finalmente debe quedar claro que sí existe y está disponible la tecnología para superar el problema.

Varios métodos para la cuantificación económica de las pérdidas se han usado en la práctica de productos perecederos. En un estudio detallado que duró un año acerca de la llegada de la manzana al mercado central de México, se llevaron a cabo varias medidas que cumplieran con los estándares de la Comunidad Europea.

Las causas del desperdicio dependen del grado de calidad ofrecido, por ejemplo hay tolerancias en los niveles que se establecen en el sistema de clasificación para que la fruta o la hortaliza que pueden estar dañadas o enfermas no ameriten un rechazo. Esto se ve con más detalle en la información de Noon sobre las pérdidas en la sandía dentro del mismo estudio. Las frutas fueron transportadas a granel en camiones y a su arribo al mercado se descargaban manualmente y se arrumaban en pilas. La mayoría de estos defectos eran superficiales por causa de daños mecánicos durante la producción y el manejo post-cosecha. El daño mecánico severo, agravado por las sobremaduración de algunas de las frutas resultó en el 5.7% de pérdida durante el transporte y un promedio del 2% durante su mercadeo.

Se asociaron diferentes tipos de daños con las pérdidas post-cosecha y algunas de éstas fueron identificadas en el mercado minorista.

Los factores en el ciclo de vida de la fruta y hortaliza en fresco que pueden influenciar su pérdida post-cosecha son:

- Factores para la producción del producto
 - Temperatura
 - Nivel nutricional
 - Luminosidad
 - Longitud del día
 - Relaciones de agua
 - Tratamiento químico
 - Nivel de infección o infestación
- Cosecha
 - Madurez
 - Método de cosecha, manual o mecánica
 - Recolección de los productos del campo
- Tratamientos
 - Pesticidas
 - Calor

Antigerminantes

Curación

- Condiciones de almacenamiento y transporte

Empaque

Tipo de transporte

Tipo de almacenamiento

Temperatura

Pre-enfriamiento

Temperatura durante el almacenamiento

Humedad

Composición de la atmósfera.

Las pérdidas se presentan durante diferentes momentos de la producción y de la post-cosecha de un producto y tienen diferentes causas. Si es claro que la pérdida se debe a la infección por microorganismos, entonces las medidas de control dependerán del tipo de microorganismo y el tiempo de infección, la razón que causa la infección y la legislación que gobierna las medidas para el posible control. Se entiende que el control sostenible y efectivo de las pérdidas post-cosecha debe ser un método integrado que considere la salud, la economía y su aplicabilidad en la situación.

También es importante saber cuándo ocurren las pérdidas durante la cadena de mercadeo. En un estudio que se llevó a cabo en Nepal los porcentajes de pérdida post-cosecha fueron registrados a nivel de mercados minoristas y mayoristas. En este mismo estudio se vio cómo las pérdidas eran más altas cuando el producto entraba a la cadena de mercadeo comparado con aquellos productos que eran consumidos por el agricultor, la familia del agricultor y sus amigos.

No hay beneficio al recomendar una técnica que no sea aceptable para la industria. Por ejemplo, en Colombia la yuca se empaqueta en costales o sacos que contienen 75 kg. Ya que estos sacos son tan pesados para cargar que le causan cansancio y daño al trabajador. Cuando se cargan en los camiones se tiran con una fuerza considerable desde la espalda del trabajador hacia el piso del camión. Una solución sencilla sería la de reducir el peso del costal a 25 kg. o menos. Esto, sin embargo, demostró que era una actividad no aceptable para la industria y se tenían que investigar otros métodos para reducir las pérdidas. Los resultados de un estudio llevado a cabo en Tailandia demostraron los efectos del tamaño de empaque sobre las pérdidas post-cosecha.

En un estudio en Yemen se midieron las pérdidas post-cosecha de la cebolla cabezona hasta un 30%. La razón principal de estas pérdidas altas era la semilla que utilizaban para la producción de esta cebolla. Estas eran seleccionadas por el agricultor y habían sido inadvertidamente producidas para que tuviesen una corta vida durante el almacenamiento; porque utilizaban cualquier cebolla que florecía durante la producción. La corrección de este problema tenía que ser la primera consideración antes de que se tomaran otras medidas.

La clasificación del producto antes de comercializarlo ha comprobado que afecta las pérdidas del producto. Se necesita el uso de químicos para controlar las enfermedades post-cosecha tener en cuenta los organismos que causan la enfermedad, cómo y cuándo se produjo la infección. No vale la pena la aplicación de químicos que son ineficaces contra



los organismos que causan la enfermedad. También al evitar el daño mecánico puede ser posible prevenir la infección sin la necesidad de apoyarse en químicos.

La estructura del almacenamiento puede afectar en gran parte las pérdidas del cultivo. Se llevó a cabo un estudio detallado del almacenamiento del repollo chino comparando los métodos tradicionales con un método mejorado. Las pérdidas post-cosecha a lo largo de un período de 120 días de almacenamiento fueron comparadas por el método tradicional de almacenamiento de repollo con un almacenamiento en donde se mejoraron la ventilación y la circulación del aire.

En otros trabajos el mantener el repollo bajo sombra después de la cosecha podría reducir su temperatura por más de 10°C. El repollo que había sido maltratado durante la cosecha y manejo, tuvo un alto índice de pérdida durante el almacenamiento comparado con el que no se maltrató.

El promedio de pérdidas post-cosecha en Tailandia en la cadena de mercadeo de exportaciones fue de 17% pero podrían llegar a un tope del 30 al 35% dependiendo de las condiciones del clima y la distancia. Las razones por las cuales se dieron estas pérdidas fueron:

- Falta de índices confiables de madurez para los agricultores
- Mal manejo del producto
- Mal transporte y también el transporte sin empaque
- Empaque inapropiado que no protege el producto.
- Mal control de temperatura y humedad alrededor del producto
- Carencia de tratamientos apropiados de post-cosecha
- Uso no adecuado de pesticidas
- Precios bajos de las frutas y las hortalizas en el mercado local lo que impide el uso de un empaque y transporte costoso.

1.4.6 CONTROL DE PERDIDAS

Los factores en el ciclo de vida de la hortaliza en fresco que pueden influenciar su pérdida en post-cosecha son:

- Factores para la producción del producto
 - Temperatura
 - Nivel nutricional
 - Luminosidad
 - Duración del día
 - Relaciones de agua
 - Tratamiento químico
 - Nivel de infección o infestación
- Cosecha
 - Madurez
 - Método de cosecha, manual o mecánica
 - Recolección de los productos del campo
- Tratamientos

- Pesticidas
- Calor
- Antigermi-nantes
- Curación
- Condiciones de almacenamiento y transporte
 - Empaque
 - Tipo de transporte
 - Tipo de almacenamiento
 - Temperatura, Pre-enfriamiento
 - Temperatura durante el almacenamiento
 - Humedad y Composición de la atmósfera.

1.5 PRACTICA: NORMAS DE CLASIFICACION

Para que las normas puedan ser válidas y aplicadas en situaciones comerciales, deben ser:

- Prácticas
- Relevantes
- Reproducibles
- Fáciles de aplicar.

Objetivo

Determinar si una norma para tomate sería fácil de aplicar y reproducible. Y de allí analizar su relevancia para agricultores colombianos.

Metodología

Forme grupos de dos o tres personas. Cada grupo debe tomar 50 tomates y escribir un número en cada fruta. Cada grupo debe hacer esta tarea en forma separada sin que los demás grupos puedan observar. Una vez terminada la numeración, cada grupo debe mezclar su fruta para no influenciar el juicio del próximo grupo.

Cada grupo debe:

1. Clasificar los 50 tomates (numerados por otro grupo) en 12 categorías según la tabla de colores de la Unión Europea.
2. Registrar los números de los tomates incluidos dentro de cada categoría
3. Repetir el ejercicio utilizando las siguientes características:
 - Frescura en apariencia
 - Intacto
 - Sano
 - Limpio
 - Libre de exceso anormal de humedad
 - Libre de olores o sabores extraños
 - Firme.

Al terminar el ejercicio, los resultados de cada grupo se colocan en un tablero. Se invita a

que los participantes hagan comentarios sobre la relevancia, practicabilidad, reproducibilidad y facilidad de aplicación de las normas en términos de los pequeños, medianos y grandes productores de tomate en Colombia.

1.6 COMPONENTES DE LA CADENA POST-COSECHA

1.6.1 FACTORES QUE AFECTAN LOS SISTEMAS DE MERCADEO

La cadena post-cosecha tiene como objetivo el suministro de frutas y hortalizas frescas para el consumidor en condiciones que le sean convenientes. Lograrlo es técnicamente difícil, haciéndose más complicado por los cambios continuos en la legislación y en las exigencias por parte del consumidor. El consumidor requiere:

- Los precios más bajos
- La calidad alta y constante
- Un producto libre de peligros potenciales para la salud
- Un producto que tenga una buena vida útil que no se deteriore rápidamente después de su compra.

La importancia de estos factores cambia dependiendo del consumidor y los sistemas de mercadeo. Un ejemplo de esto ocurre en muchos países de la Unión Europea y de Norte América en donde el cliente puede estar dispuesto a pagar un precio más alto por un producto libre de pesticidas durante su producción y manejo post-cosecha.

El producto obtenido con un uso mínimo de pesticidas se le conoce como producto orgánico y usualmente tiene un nivel alto en categoría y precio frente a aquellos producidos con altos niveles de químicos. Existen diversas definiciones referentes a lo que constituye un producto orgánico. Estas se pueden resumir de la siguiente manera:

- La producción de alimentos con alto valor nutritivo
- El uso de prácticas que conserven la salud y la fertilidad del suelo
- Altos estándares de bienestar animal
- Más bajos niveles de contaminación ambiental
- Dependencia mínima de formas no-renovables de energía, como la quema del combustible fósil
- Mejoramiento del suelo, vida silvestre y hábitat.

Esto también interactúa con la calidad del producto, ya que con menos uso de pesticidas la apariencia de la fruta u hortaliza puede ser inferior a aquellas producidas con niveles mayores de pesticidas.

La aceptación del producto orgánico también está relacionada con los ingresos, ya que el precio de un producto es más importante para las personas con bajos ingresos que para aquellas personas con altos ingresos. Por lo tanto, el mercadeo del producto orgánico puede afectar a sólo una pequeña parte de la población la cual puede pagar por un producto más "seguro".

Otro factor relacionado es la publicidad en los diferentes medios sobre el uso de pesticidas en los alimentos. Esto sucede particularmente en Norte América en donde los programas de televisión publican los potenciales efectos nocivos de ciertos químicos, lo que a su vez

afecta el mercado de estos productos. El precio y la calidad de las frutas y las hortalizas siempre están relacionados y ésta es la base para los estándares de calidad.

1.6.2 COMPONENTES DE LA CADENA DE MERCADEO

Producción

La calidad del producto que se está comercializando depende de la calidad del producto a medida que éste se está desarrollando en el campo. Hay pocas instancias durante la tecnología post-cosecha en donde se puede mejorar el factor calidad. Casi todos los factores de calidad se deterioran durante la cadena de mercadeo, de manera que es esencial que el cultivador produzca un material de alta calidad. La seguridad es también importante desde el punto de vista de la producción hortofrutícola, y los aspectos que se están desarrollando rápidamente en el mercadeo de frutas y hortalizas son los de la trayectoria y la rastreabilidad. En muchos países la legislación deposita esta responsabilidad en el comerciante de frutas y hortalizas. La legislación busca asegurar que los productos químicos que se utilizan en los cultivos sean los permitidos y que éstos estén dentro de los niveles mínimos de residuos tolerados. Por lo tanto, cada día más y más productos hortofrutícolas son rastreados directamente hasta el pequeño productor, de tal manera que los pesticidas que él utiliza cumplan con los requerimientos legales del país en donde el producto está siendo comercializado.

Cosecha

El grado de madurez de un fruto al momento de la cosecha afecta su calidad y la duración de su vida comercializable. El método utilizado para la cosecha también afecta su calidad y su precio. Esto a menudo es un conflicto entre la cosecha mecánica para reducir el precio y su efecto sobre la calidad.

Empaque en el campo y transporte

La forma tradicional de cosechar un fruto en recipientes, transportarlo a la empacadora, clasificarlo y reempacarlo en otros empaques, para luego enviarlo al mercado es algo que se revisa constantemente. Las empacadoras son instalaciones muy costosas de construir y de mantener. Así mismo, el manejo del producto en la empacadora frecuentemente puede afectar su calidad. Sin embargo, también es cierto que es más difícil mantener el control de calidad de los productos que son empacados directamente en el campo.

Empacadoras

El diseño de las empacadoras no ha cambiado por muchos años. Los equipos disponibles son más sofisticados, pero ha habido un uso limitado de sistemas sofisticados de clasificación controlados por computador.

Transporte al mercado

Los métodos utilizados para el transporte interactúan con el empaque del producto. Los materiales usados para el empaque han evolucionado pero aún son dominados por cajas de cartón corrugado que utilizan buenas cantidades de recursos naturales vegetales para obtener la materia prima, pero también son fácilmente biodegradables. Los plásticos son utilizados de diversas formas y tienen la tendencia a bajar de precio ya que se están utilizando ampliamente. Los sistemas de transporte también se están volviendo más

sofisticados con la aplicación de la cadena de frío, en la cual el producto es pre-enfriado tan pronto como sea posible después de la cosecha y se mantiene a la misma temperatura hasta que éste llega al consumidor.

Almacenamiento

Este se utiliza por varias razones, pero principalmente para regular la oferta en países donde el clima hace que los productos se cosechen por temporadas. En Colombia, el almacenamiento a largo plazo no es muy común ya que hay varias zonas climáticas que pueden proveer productos frescos de diferentes clases durante la mayor parte del año. El almacenamiento es costoso y puede afectar tanto la vida útil como la calidad del producto.

Mercados minoristas

El mercado tradicional o el vendedor ambulante aún existe, y en algunos países es el canal principal por el cual muchas personas compran sus frutas y hortalizas frescas. Este concepto está cambiando en todos los países y en muchos países de la Unión Europea y de Norte América la mayor parte de los productos son comercializados a través de minoristas múltiples, en donde se ejerce mayor control y, por lo tanto, se ofrecen productos de mejor calidad al consumidor.

CAPITULO II

DEFINICION DE CALIDAD

Objetivos de la capacitación:

- Describir los factores que constituyen la percepción humana de lo que son las características deseadas de las frutas y/o hortalizas; la razón por la cual se tienen estándares; los factores que influyen en la calidad de las frutas y hortalizas; la forma como se crean y se aplican los estándares
- Describir los diferentes factores a los cuales las frutas y hortalizas pueden ser expuestas durante la producción en su vida post-cosecha.

Objetivos del aprendizaje:

- Poder relacionar la calidad con las características de las frutas y hortalizas. Aplicar estándares de calidad en la práctica
- Poder relacionar los factores genéticos, patológicos y ambientales durante el crecimiento de un cultivo a su comportamiento durante el almacenamiento y mercadeo subsecuente.

Temas a considerar:

- Definición de la calidad
- Factores que afectan la calidad
- La percepción humana sobre la calidad
- La razón por la cual existen estándares de calidad
- Factores que influyen en la calidad
- Estándares internacionales de calidad
- Temperatura
- Nivel nutricional
- Luminosidad
- Duración del día
- Relaciones de agua
- Tratamiento químicos
- Infección con microorganismos
- Infestación por plagas.

CAPITULO II

DEFINICION DE CALIDAD

La calidad es un grado de excelencia y es relativa en naturaleza a un estándar (ejemplo: buena calidad, mala calidad). Por lo tanto existe una amplia gama de definiciones que a menudo se refieren a: características particulares del sabor de un fruto, apariencia, tamaño y niveles de daño de un fruto en particular.

Estos requerimientos de calidad cambian constantemente de un mercado a otro, puesto que pueden ser influenciados por presiones dentro del mercado particularmente a través de campañas de promoción y publicidad.

2.1 COMPONENTES DE LA CALIDAD

La calidad de la fruta y hortaliza fresca se relaciona con su:

- Apariencia
- Aroma
- Composición química
- Residuos químicos
- Aditivos
- Color
- Marcas defectuosas
- Sabor y gusto
- Infección microbiología
- Valor nutricional
- Textura
- Toxicidad
- Uniformidad
- Y cualquier otro parámetro que el consumidor considere aceptable basándose en su experiencia y educación.

Esta percepción de la calidad puede ser manipulada, por ejemplo: en casos publicitarios. Los factores de calidad utilizados por el consumidor cuando toma la decisión de comprar una fruta u hortaliza pueden estar influenciados por la experiencia. Se llevó a cabo un estudio hace unos años en el mercado de mangos en el Reino Unido y se encontró que el factor más importante de calidad que afectaba el precio de los mangos fue su apariencia, particularmente su color. Esto quizás se debió a la falta de experiencia y conocimientos acerca de los mangos por parte de la población nativa del Reino Unido quienes aparentemente comparaban la calidad casi siempre con la apariencia. Esto se pudo ver aún más ya que existía una división en el mercado de mangos del Reino Unido en donde los grupos étnicos minoritarios, quienes tienen su origen en países que producen mangos, comúnmente prefieren variedades que no son atractivas en su color pero tienen un sabor

o textura característica particularmente deseable.

Los factores que influyen en la calidad de las frutas y las hortalizas son:

- Genéticos
- Pre-cosecha
 - Clima
 - Prácticas culturales
 - Suelos
- Cosecha
 - Madurez
 - Método de recolección
- Tratamiento post-cosecha
 - Temperatura
 - Humedad
 - Gases
 - Tratamientos químicos, encerado
 - Tratamientos de adecuación
 - Curación, etc.
- Interacciones de cualquiera de los factores anteriores.

2.2 NORMAS DE CALIDAD PARA LAS FRUTAS Y LAS HORTALIZAS

Las razones por las cuales existen las normas de calidad son:

- Para proporcionar un lenguaje común dentro de la industria entre los productores, manejadores, procesadores, etc
- Para ayudar a los productores y manejadores a hacer un mejor trabajo en la preparación y etiquetado de los productos que van al mercado
- Para proveer bases para pagos incentivos a los productos de mejor calidad
- Servir como base para reportes de mercado en precios, noticias, servicios
- Para ayudar en la solución de quejas y disputas entre los compradores y los vendedores por causa de daños.

Las normas de calidad se refieren a los atributos que le interesan al mercado y al consumidor y deben ser de fácil aplicación.

Las normas de calidad para la fruta y hortalizas en fresco están disponibles en la mayoría de los países. Estas normas se comprueban a través de una inspección de muestras. A menudo se hace una evaluación subjetiva por parte de expertos en el tema. En muchos casos los comerciantes tienen sus propias normas pero relacionarlas con los requerimientos de sabor del consumidor continúa siendo una tarea muy difícil de lograr. Las normas de calidad deben ser pragmáticas y reales, aquellas que no puedan ser cumplidas, medidas o evaluadas con sostenibilidad son inaceptables. La obligatoriedad de las normas puede hacerse a través de la legislación gubernamental o como es más común, cuando el comprador se rehusa a adquirir productos que no logren cumplir con sus exigencias. Este último método se aplica comúnmente en los supermercados para sus proveedores como una sanción final en donde el proveedor ha fallado repetidamente en el cumplimiento de estas normas.

Entidades internacionales, como también los gobiernos, publican normas para las frutas y hortalizas en fresco. Una de estas instituciones es la Secretaría de las Naciones Unidas Comisión Económica para Europa quienes publicaron UN/ECE para Frutas y Hortalizas en Fresco. En Octubre de 1949 el Comité para Problemas Agropecuarios de las Naciones Unidas Comisión Económica para Europa estableció un equipo de trabajo para la estandarización de alimentos perecederos. En 1974 su nombre se cambió al de Equipo de Trabajo para la Estandarización de Productos Perecederos (ECE/AGRI/7). Desde 1954 el Comité ha llevado a cabo la mayoría de su trabajo dentro de un marco de trabajo del protocolo de Ginebra de estandarización (normalización) de frutas y hortalizas. El Comité “reconoció los beneficios comerciales que debían derivarse de la adopción de estándares (normas) de calidad acordados internacionalmente”, y le confió al equipo de trabajo la tarea “de determinar estándares comunes para los alimentos perecederos y de estudiar pasos que se llevarían a cabo a nivel internacional para poder garantizar la adopción general de estándares y sistemas de control”. Los estándares toman en consideración muchos factores detallados, y se debe hacer referencia al documento apropiado, pero el perfil general de algunos de los factores se resume de la siguiente manera:

- I. La definición del producto que utiliza nombres Latinos para género y especie.
- II. Requerimientos mínimos en términos de salud, higiene, apariencia, sabor, olor y madurez. Definición de las diferentes clases teniendo como base las características de calidad.
- III. Tamaño de producto aceptable y cómo puede ser su medición.
- IV. Tolerancia de calidad y tamaño. Estas deben indicar la proporción que puede estar por fuera de los estándares y qué tanto este alejamiento puede ser tolerado.
- V. Presentación del producto en términos de su uniformidad y empaque.
- VI. Información dada acerca del empaque, cuándo y cómo este debe ser presentado. La información requerida debe incluir el nombre del empacador, naturaleza del producto, su origen y características comerciales.

La Organización para la Cooperación Económica y de Desarrollo (OECD) conformaron un esquema para la aplicación de estándares internacionales para las frutas y hortalizas en 1962. Publicaron folletos con comentarios e ilustraciones para facilitar la interpretación de los estándares actuales por parte de las autoridades de control y entidades profesionales responsables por la aplicación de estándares o para quien esté interesado en la industria internacional de frutas y hortalizas. Actualmente éstos están disponibles para los mangos (1993), fruta kiwi (1992), tomates (1988), berenjena (1987), cebolla cabezona (1984), manzanas y peras (1983). También publicaron calibradores de color para medir el color de la cáscara de las manzanas y los tomates.

Normas internacionales también están disponibles para otros aspectos de la post-cosecha de frutas y hortalizas, ejemplo: maduración de la fruta.

2.3 NORMAS DE CALIDAD COLOMBIANAS

Una gama de normas para productos agrícolas se han desarrollado en Colombia por el ICONTEC. Estas incluyen normas para las frutas y hortalizas frescas e incluyen normas para la toma de muestras como también en normas individuales, como se muestra en el siguiente cuadro:

Normas Técnicas Colombianas N.T.C.

NTC 190	Jugo de Tomate
NTC 192	Frutas Procesadas. Coctel de frutas
NTC 285	Mermelada y jaleas de frutas
NTC 404	Jugos y pulpas de frutas
NTC 512-1	Industrias Alimentarias. Rotulado. Parte 1. Norma General
NTC 512-2	Industrias Alimentarias. Rotulado. Parte 2. Rotulado Nutricional
NTC 605	Granos, cereales y Legumbres Secas. Leguminosas. Determinación de impurezas, tamaño, olores extraños, insectos y variedad de método de ensayo
NTC 659	Productos Alimenticios. Frutas, legumbres, hortalizas procesadas. Néctares de frutas
NTC 695	Productos de Frutas. Definiciones generales
NTC 729-1	Frutas Frescas. Piña. Especificaciones
NTC 729-2	Frutas Frescas. Piña. Especificaciones del empaque
NTC 729-3	Frutas Frescas. Piña. Almacenamiento y transporte
NTC 749	Piña en Conserva
NTC 756	Toma de Muestras
NTC 822-2	Frutas Frescas. Fresas. Especificaciones del Empaque
NTC 822-3	Frutas Frescas. Fresas. Almacenamiento y Transporte
NTC 832	Frutas Frescas. Melones
NTC 882	Frutas Frescas. Fresas
NTC 883	Frutas Frescas. Uva de Mesa. Clasificación
NTC 871	Frijol para Consumo
NTC 921	Salsa de Tomate, Catsup, Ketchup
NTC 929	Habichuelas Envasadas
NTC 940	Champiñones Cultivados
NTC 1009	Alverjas Envasadas
NTC 1064	Lechuga
NTC 1103	Tomates de mesa
NTC 1103-2	Industrias Alimentarias. Tomates de mesa. Especificaciones del Empaque
NTC 1103-3	Industrias Alimentarias. Tomates de mesa. Almacenamiento y transporte
NTC 1143	Determinación del Acido Benzoico y Sórbico o sus Sales
NTC 1190	Plátanos. Clasificación
NTC 1220	Berenjena
NTC 1221	Cebolla Cabezona
NTC 1221-2	Frutas y Hortalizas Frescas. Cebolla cabezona. Especificaciones de Empaque
NTC 1221-3	Frutas y Hortalizas Frescas. Cebolla cabezona. Almacenamiento y transporte
NTC 1222	Cebolla larga
NTC 1224	Remolacha
NTC 1225	Repollo
NTC 1226	Zanahoria
NTC 1248	Frutas Frescas. Aguacate
NTC 1248	Frutas Frescas. Aguacate. Almacenamiento y Transporte

NTC 1262	Curuba
NTC 1263	Guayaba
NTC 1264	Limón Común
NTC 1266	Frutas Frescas. Mango
NTC 1266-2	Frutas Frescas. Mango. Especificaciones de Empaque
NTC 1268	Frutas Frescas. Naranja
NTC 1268-2	Frutas Frescas. Naranja. Especificaciones de Empaque
NTC 1268-3	Frutas Frescas. Naranja. Almacenamiento
NTC 1268-4	Frutas Frescas. Naranja. Transporte
NTC 1266-3	Frutas Frescas. Mango. Almacenamiento
NTC 1266-4	Frutas Frescas. Mango. Transporte
NTC 1267	Maracuyá
NTC 1270	Papaya
NTC 1271	Patilla
NTC 1272	Toronja
NTC 1287	Concentrado de tomates de mesa
NTC 1288	Tomates Enteros en Conserva
NTC 1291	Generalidades
NTC 1330	Mandarina
NTC 1364	Concentrado de frutas
NTC 1373	Espinacas
NTC 1374	Coliflor
NTC 1631	Salsa de ají
NTC 2167	Industrias Alimentarias. Productos Alimenticios Empacados. Contenido Neto
NTC 2716	Yuca Seca para Consumo Humano
NTC 2968	Plantas Aromáticas en Bolsas Filtrantes
NTC 3288	Plantas Aromáticas. Nombres Comunes
NTC 3518	Uvas de Mesa. Guías de Almacenamiento en Frío
NTC 3523	Industrias Agrícolas. Frutas, Legumbres, Hortalizas y Tubérculos Frescos. Manzana
NTC 3542	Transporte. Frutas y Verduras Frescas. Ordenamiento de Embalajes Paralelepípedos en Vehículos de Transporte Terrestre
NTC 3549	Productos Alimenticios. Frutas, Legumbres, Hortalizas procesadas. Refrescos de Frutas
NTC 3554	Frutas Frescas. Pitahaya amarilla. Especificaciones
NTC 3626-2	Hortalizas frescas. Espárragos. Especificaciones de Empaque
NTC 3627	Hortalizas frescas. Alcachofas
NTC 3634	Pimentón
NTC 3523	Manzana
NTC 3549	Refrescos de frutas
NTC 3554	Pitahaya amarilla
NTC 4085	Frutas Frescas. Naranja Mineola. Especificaciones
NTC 4086	Frutas Frescas. Naranja Valencia. Especificaciones
NTC 4100	Frutas Frescas. Higo (Tuna). Especificaciones
NTC 4101	Frutas Frescas. Granadilla. Especificaciones
NTC 4102	Frutas Frescas. Piña Manzana. Especificaciones
NTC 4103	Frutas Frescas. Fresa Variedad Chandler. Especificaciones

NTC 4104	Frutas Frescas. Alcachofa Variedad Green Globe. Especificaciones
NTC 4105	Frutas Frescas. Tomate de árbol. Especificaciones
NTC 4106	Frutas Frescas. Mora de Castilla. Especificaciones
NTC 4107	Frutas Frescas. Espárrago verde. Especificaciones
NTC 4087	Frutas Frescas. Lima Tahítí. Especificaciones.

ICONTEC, Carrera 37 No. 52-95, A.A. 14237, Tel (91) 221 8456. Fax. (91) 222 1435, Santa Fé de Bogotá, COLOMBIA.

2.4 FACTORES DE PRODUCCION QUE AFECTAN LAS CARACTERISTICAS DE FRUTAS Y HORTALIZAS EN POST-COSECHA

La calidad de un producto en el momento de la cosecha puede tener un efecto mayor en su vida post-cosecha. Hay numerosos factores que están comprometidos y éstos a menudo interactúan dando así una interrelación compleja. En los cultivos de árbol, la fruta producida en el mismo árbol y cosechada al mismo tiempo puede comportarse diferente. Los factores que influyen en la calidad del producto incluyen cosas tan obvias como madurez durante la cosecha, cultivares o variedades, también el clima y el suelo en el cual éste fue cultivado, los químicos que han sido aplicados al cultivo y su disponibilidad de agua. Muchos de estos factores también pueden interactuar con el tiempo.

2.4.1 TEMPERATURA

La temperatura en la cual el producto se ha desarrollado puede afectar su calidad y vida post-cosecha. Un ejemplo de esto es la piña que se produce en Australia, en donde la temperatura durante el tiempo nocturno cayó por debajo de 21°C y se pudo detectar un color café interno en la fruta en su vida post-cosecha. La temperatura de almacenamiento recomendada para la naranja Valencia que se cultiva en California es de 3°C a 9°C con una vida durante el almacenamiento de hasta ocho semanas. La misma variedad cultivada en la Florida puede almacenarse con éxito a 0°C hasta por doce semanas. La variedad de manzana Cox's Orange Pippin que se cultiva en el Reino Unido puede sufrir daños por enfriamiento cuando se almacena por debajo de 3°C mientras que las que se cultivan en Nueva Zelandia pueden almacenarse con éxito a 0°C. Las naranjas que se cultivan en el trópico tienden a tener contenidos más altos de azúcar y sólidos solubles que aquellas producidas en los subtrópicos. Sin embargo, las naranjas cultivadas en el trópico tienden a tener un color menos anaranjado y se pelan con menos facilidad. Estos dos últimos factores parecen relacionarse más con la baja variación de temperatura diurna que se da en los trópicos en vez de la diferencia de temperatura entre trópico y subtrópico.

2.4.2 NIVEL NUTRICIONAL

Se ha podido mostrar que la composición química de un cultivo es afectada por el tipo de suelo y su fertilidad. El exceso o la deficiencia de ciertos elementos del cultivo pueden afectar su calidad y su vida post-cosecha. Tradicionalmente, los cultivos que contienen altos niveles de nitrógeno tienen calidades más bajas que la misma variedad del cultivo con niveles más bajos de nitrógeno. Las deficiencias de algunos elementos durante el crecimiento puede llevar a desórdenes fisiológicos que sólo se podrán evidenciar durante el almacenamiento o el mercadeo. Un buen ejemplo de esto es el desorden fisiológico que se da en las manzanas y que se llama "bitterpit" (semilla amarga). Esto principalmente se

asocia con una deficiencia de calcio durante el período del crecimiento de la fruta y puede detectarse durante la cosecha o algunas veces sólo después de los períodos de almacenamiento. La incidencia y la severidad de este sabor amargo está influenciado también por el balance dinámico de minerales en las diferentes partes de la fruta como también en la temperatura del almacenamiento y los niveles de oxígeno y dióxido de carbono que hay en el almacenamiento. Se ha comprobado que la aplicación de fertilizantes a los cultivos influyen en la tasa de respiración durante la post-cosecha. Esto mismo se ha reportado con un número de fertilizantes en varios cultivos incluyendo potasio en los tomates, nitrógeno en las naranjas y fertilizantes orgánicos en los mangos. Sin embargo, la aplicación de potasio en la sandía comprobó que reducía la tasa de respiración de la fruta durante la cosecha.

2.4.3 DURACION DEL DIA E INTENSIDAD DE LA LUZ

Las frutas que están en los árboles y constantemente expuestas al sol pueden ser de una calidad diferente y tener diferentes características en post-cosecha que aquellas que están a un lado sombreado del árbol o protegidas por las hojas. Las frutas de cítricos y mango producidas bajo sol generalmente tienen una cáscara más delgada, un promedio de peso más bajo, un contenido de jugo más bajo, un nivel de acidez más bajo pero sí tenían un contenido más alto de sólidos solubles. También hay evidencia que las frutas cítricas que crecen bajo la sombra pueden ser menos susceptibles a los daños por enfriamiento cuando posteriormente se almacenan en frío.

La duración del día está relacionada con el efecto del número de horas de luz en cada ciclo de 24 horas. Ciertas especies y variedades han evolucionado o han sido injertadas para que requieran cierta duración de día para su proceso de maduración. Si este requerimiento no se cumple entonces el producto puede estar inmaduro en su momento de cosecha. Un ejemplo de esto es la cebolla cabezona. Las variedades que han sido injertadas para que se produzcan en países de clima templado en donde la duración del día es larga y que progresivamente se tornan más cortos, durante la fase de maduración no madurarán correctamente cuando se producen en los trópicos en donde la duración del día es más corta y menos variable durante el período de maduración. En estos casos los bulbos de la cebolla tienen unas características muy deficientes de almacenamiento.

2.4.4 RELACIONES DE AGUA

Generalmente los cultivos que tienen un contenido de humedad más alto tienen unas características de almacenamiento más deficientes. Algunas variedades de cultivos por naturaleza tienen un contenido alto de humedad. Un ejemplo de esto son los cultivos de cebolla híbridos que tienden a dar un alto rendimiento en sus bulbos con un contenido bajo de materia seca pero que sólo tienen una vida de almacenamiento muy corta. Si a los bananos se les permitiera madurar completamente antes de la cosecha y si la cosecha se hace después de la lluvia o de la irrigación entonces la fruta se puede rajar (abrir) durante las operaciones de manipuleo, permitiendo así una infección por microorganismos y una pudrición durante la post-cosecha. Si las naranjas están muy turgentes en el momento de la cosecha entonces las glándulas de aceite que están en la cáscara pueden romperse para que así suelten los compuestos fenólicos que causan oleocelosis. En algunos casos la fruta se mantiene en una canasta en la cual fue cosechada, durante dos horas, antes de ser transportada a la empacadora. Esto le permitía a la fruta perder un poco de humedad, siendo ésta una práctica que se llamaba "qualing". A las hortalizas de hoja, demasiada lluvia o

irrigación podía dar como resultado unas hojas más duras y frágiles lo que puede tornarlas más susceptibles al daño durante su manejo y transporte.

2.4.5 TRATAMIENTOS QUIMICOS

Además de los fertilizantes, los cuales se aplican a los suelos o algunas veces al cultivo, también se aplican químicos para otros propósitos. El control de plagas y enfermedades se logra utilizando los químicos por aspersión directamente al cultivo. Estos químicos, particularmente los fungicidas, pueden tener un considerable efecto sobre la vida post-cosecha del cultivo. Un ejemplo de esto es la latente infección de hongos en los mangos la cual puede controlarse asperjando las frutas aún en los árboles. Si esta enfermedad no es controlada puede causar pérdidas muy rápidas durante la post-cosecha. Generalmente si una fruta ha sufrido una infección durante el desarrollo, su vida de almacenamiento y comercial puede verse afectada adversamente. Los bananos que sufren una infección severa con enfermedades como el tizón pueden madurarse prematuramente o anormalmente después de la cosecha. Los químicos también pueden aplicarse a ciertos cultivos en el campo para prevenir los retoños durante el almacenamiento y por lo tanto extender su vida útil. Un ejemplo de esto es la aplicación de hidrazida maleica a la cebolla cabezona. Es necesario que el químico sea translocado al ápice en el centro del bulbo y aplicado a las hojas del cultivo en producción.

2.4.6 INFECCION O INFESTACION POST-COSECHA

A menudo los cultivos son infectados con microorganismos o infestados con plagas invertebradas durante la producción. Esto se puede dar fuera y/o dentro del producto y luego se lleva al almacenamiento o directamente a la cadena de mercadeo. La mayoría de las plagas post-cosecha se originan por causa de infestaciones en el campo, y si las condiciones de almacenamiento son apropiadas éstas pueden multiplicarse fuera y/o dentro del producto. La infestación en el campo de los tubérculos del ñame con nemátodos parasíticos se incrementaron cuando los tubérculos fueron almacenados en condiciones de ambiente tropical produciendo unas áreas con tejidos necróticos. Sin embargo, cuando los tubérculos fueron almacenados a 13°C no hubo un incremento en la población nematoide en los tubérculos y tampoco hubo incremento de necrosis. La polilla del tubérculo de la papa puede infestar los tubérculos durante el crecimiento si éstas se encuentran en el suelo. También pueden atacar los tubérculos en post-cosecha, y por lo tanto es importante proteger los tubérculos almacenados para prevenir el acceso de la polilla. Los insectos en la piña se presentan en la cadena de mercadeo por causa de infestaciones en el campo. Su presencia puede afectar su aceptación en el mercado o el daño que causan puede permitir infección por microorganismos lo que causaría la pudrición de la fruta. Las infecciones de hongos en la pre-cosecha que causan pudrición durante la post-cosecha puede darse en la mayoría de los cultivos. En los mangos el hongo que causa la enfermedad antracnosis es una infección de campo que usualmente sólo se desarrolla a medida que la fruta madure. Por lo tanto las frutas que se ven perfectamente saludables en el momento de la cosecha pueden desarrollar los síntomas de la enfermedad en su fase post-cosecha. Las infecciones *Aspergillus niger* en la cebolla cabezona se dan durante la producción pero sólo se desarrollarán en los bulbos durante el almacenamiento en donde las condiciones son apropiadas. Las infecciones con una bacteria como la *Erwinia carotovora* puede ocurrir en el campo y en las hortalizas, especialmente cuando éstas han sido dañadas causando unas leves pudriciones en post-cosecha. La higiene del cultivo puede ser importante en la

reducción de infecciones e infestaciones de campo las cuales pueden ser traídas al almacenamiento o la cadena de mercadeo. Esto usualmente involucra el retiro de material que causa pudriciones en el campo, especialmente en la poda de árboles y la fruta caída del árbol. También puede involucrar un control de maleza lo cual pueden ser huéspedes de plagas y enfermedades que luego causan daños.

(Diapositivas/fotografías 3.1 a 3.4).

CAPITULO III

ETILENO

Objetivo de la capacitación:

- Describir la importancia del etileno en el manejo post-cosecha de frutas y hortalizas frescas.

Objetivo del aprendizaje:

- Determinar los efectos negativos que pueden ocurrir en las frutas frescas y hortalizas cuando se exponen al etileno y evaluar formas de reducir estos efectos negativos.

Temas a considerar:

- Efectos del etileno en ciertos productos
- Efectos específicos del etileno en cambios post-cosecha en algunos productos
- Métodos para reducir los niveles de etileno en el sistema post-cosecha.

Pre-requisitos para el grupo objeto:

- Tener conocimientos básicos de fisiología vegetal.

CAPITULO III

ETILENO

El etileno es un gas que es producido por tejidos vivos de las plantas. Los efectos del etileno en el tejido de las plantas es variable. Se ha visto que afecta la tasa de respiración de los productos. Los siguientes son ejemplos que han sido reportados como efectos del etileno:

Producto	Efecto
Lechuga	Puntos ásperos
Zanahoria	Sabor amargo
Apio	Blanqueamiento - clorosis
Repollo / coliflor	Abscisión de hoja
Espárragos	Fibrosidad
Cohombro / zapallo	Desverdización
Col de Bruselas	Alargamiento de tallo
Arveja	Formación de la toxina pisatin
Champiñones	Formación de capa y de tallo
Batata	Producción de fenoles
Papas	Supresión de retoño
Tomate	Incremento de carotenos y licopenos

3.1 ETILENO EN EL SABOR

Las zanahorias expuestas a niveles de etileno tan bajos como el 1%, pueden producir isocuomarin el cual les da un sabor amargo. También se puede incrementar el nivel de compuestos fenólicos los cuales afectan la astringencia. Se reportaron sabores indeseados en repollos y batatas expuestos al etileno durante el almacenamiento. Repollos expuestos a bajos niveles de etileno presentaron pérdidas incrementadas de azúcar y también afectó los niveles de ácido orgánico, particularmente el ácido maleico, la exposición de la cebolla al etileno les dio un sabor suave. El etileno puede causar un sabor amargo en la remolacha. Concentraciones de etileno de 100 ppm aceleraron la producción y alteraron el promedio de ésteres volátiles generados durante el almacenamiento.

3.2 ETILENO EN LA TOXICIDAD

Se encontró que las vainas de arveja expuestas al etileno pueden desarrollar el compuesto tóxico pisatin.

3.3 ETILENO EN EL COLOR

Exponer los productos en post-cosecha al etileno puede resultar en una rápida descomposición de la clorofila. Este efecto se ha mostrado en una amplia variedad de productos como apio, cohombro, repollo, col de Bruselas, hojas de coliflor, pimentones, tomates, brócoli, varias frutas cítricas y frutas climatéricas como los bananos. La aplicación de etileno al tomate almacenado mostró un incremento en sus contenidos de carotenos y

licopenos. Este parece ser adicional al incremento que está normalmente asociado con la maduración. Las fresas expuestas al gas etileno presentaron un color rojo más intenso que aquellas almacenadas en aire libre de etileno. La decoloración de la lechuga está asociada con el etileno. Esta puede tomar la forma de puntos ásperos o de una decoloración café oxidada en las hojas. El color de los pétalos de flores cortadas puede ser afectada por el etileno.

3.4 ETILENO EN LAS ENFERMEDADES

Niveles más altos de infección fueron observados en apio, berenjena, repollo y fresa en presencia de etileno. El etileno estimuló la germinación de esporas de *Penicillium expansum* y *Botrytis cinerea*, dos hongos que comúnmente causan pudriciones en una amplia variedad de frutas. Contrariamente, se ha mostrado que el etileno puede reducir el crecimiento de las colonias y la pudrición en los tomates infectados con el hongo *Fusarium oxysporum*. Un incremento de la resistencia a la enfermedad de la pudrición negra en la batata se mostró que ocurría bajo la presencia del etileno.

3.5 ETILENO EN LOS DAÑOS POR ENFRIAMIENTO

El aguacate variedad Fuerte se madura normalmente a temperaturas entre 9°C y 24°C, pero con la presencia de 100 ppm. de etileno. Los daños por frío ocurrieron a 12°C, se presentó incremento al daño por frío en los aguacates Hass y toronja en presencia de etileno. En otro trabajo, la presencia de etileno en la atmósfera de almacenamiento no tuvo efecto sobre la sensibilidad al daño por frío. Esto se demostró para tomates verdes almacenados a 5°C, con o sin 50 ppm. de etileno presentaron los mismos síntomas de daño por frío. Melones Honeydew a 20°C expuestos al etileno por 24 horas presentaron reducción en la incidencia de los daños por frío durante el almacenamiento posterior a 2.5°C comparado con los melones que no habían sido expuestos al etileno antes del almacenamiento. La sensibilidad de muchas frutas a los daños por frío está relacionada con su estado de madurez, generalmente las frutas más maduras son menos susceptibles al daño por frío. Exponer la fruta al etileno puede acelerar la maduración y en cuanto a la susceptibilidad al daño por frío puede disminuir a medida que la fruta madura.

3.6 ETILENO EN LA BROTAION

Cuando las papas y las manzanas fueron almacenadas juntas se suprimió la brotación de la papa. El efecto fue relacionado con el etileno generado por la manzana durante la maduración. La papa expuesta al etileno en el almacenamiento presentó un período más corto de descanso antes de brotar. El etileno puede tener un efecto directo en el letargo al estimular la producción de otros reguladores del crecimiento como las giberelinas.

3.7 ETILENO EN LA MADURACION

Es usado comercialmente para iniciar la maduración de las frutas climatéricas. Este tópico es tratado detalladamente en la sección sobre maduración. La acumulación de etileno en almacenamientos que contienen frutas climatéricas en estado pre-climatérico es usado para iniciar la maduración. La fruta sintetiza suficiente etileno dentro de sus células para contribuir al proceso de maduración. La fruta no climatérica produce pequeñas cantidades de etileno que sí se les permite su acumulación en el almacenamiento puede incrementar la tasa de

respiración de la fruta y, por lo tanto, reducir su vida útil.

3.8 ETILENO EN EL CRECIMIENTO

El etileno puede estimular el crecimiento de los productos cosechados lo que a menudo los lleva a efectos indeseados. En los champiñones el tallo puede ser alargado y el sombrero se expande. En los champiñones de botón la expansión del sombrero puede producir velos que unen el sombrero al tallo, para romperse y dejar de ser champiñones de botón. En la col de Bruselas el etileno puede causar un alargamiento de los entrenudos. Este crecimiento puede abrir una col de Bruselas apretada dando el efecto que el mercado llama "soplado", el cual tiene efecto en poco valor comercial. Para prevenir el daño a las plantas cardeales (*Euphorbia pulcherrima*) durante el manejo y transporte puede ser colocada en cada planta una manga plástica con apertura en un lado. Esta manga puede doblar el peciolo de la hoja lo suficiente como para causar un estrés mecánico e incrementar la síntesis de etileno que pueda resultar en el crecimiento epinástico de las hojas y brácteas florales. El efecto epinástico en los pétalos de la flor expuestos al etileno también se ha notado en rosas y en las orquídeas.

3.9 ETILENO EN LA TEXTURA

Los espárragos que han sido expuestos al etileno, incluso por períodos muy cortos, pueden tornarse duros e incomedibles. La exposición a 100 ppm. de etileno por una hora a 20°C trajo como resultado un incremento en la producción de fibra en los espárragos. Las batatas pueden desarrollar una textura dura después de que han sido cocidas. Este desorden es llamado "corazón duro" y está asociado con el daño por frío. Sin embargo, el efecto puede incrementarse al ser expuestas al etileno. Las batatas almacenadas a 2°C por tres días tuvieron un corazón más duro cuando fueron expuestas a 92 ppm. de etileno. Otros trabajos han presentado resultados diferentes. La textura de la fruta kiwi es afectada por niveles muy bajos de etileno. La fruta kiwi almacenada a 0°C se ablanda más rápido en presencia de 0.03 ppm. de etileno comparada con la almacenada a concentraciones ambientales. En manzanas Coxis Orange Pippin almacenadas a 3.3°C el ablandamiento fue acelerado con concentraciones de etileno de 1 ppm. en el almacenamiento.

3.10 ETILENO EN LA RESPIRACION

Por mucho tiempo se ha sabido que el etileno incrementa la tasa de respiración de las frutas climatéricas y no climatéricas, por ejemplo bananos y limones. En frutas no climatéricas la respiración sólo es estimulada cuando las frutas son expuestas al etileno. Cuando son retornadas a las concentraciones de etileno existentes al aire libre la tasa de respiración regresa aproximadamente al nivel presente antes de ser expuestas al etileno. En frutas climatéricas el etileno inicia el proceso de maduración o estimula la respiración después de que éstas han iniciado su maduración. También se vió un incremento de respiración en zanahoria, chirivías, colinabo y papa.

3.11 ETILENO EN LA NUTRICION

Los tomates verdes expuestos por un día a altos niveles de etileno (8000 ppm) y luego madurados presentaron un 16% más de ácido ascórbico que cuando la fruta maduró normalmente.

3.12 ETILENO EN LA ABSCISION

El repollo almacenado a 1°C con 10 ppm. de etileno por cinco semanas presentó una mayor abscisión de hojas, comparado con repollos que fueron almacenados en concentraciones ambientales de etileno. Resultados similares se presentaron en el repollo chino almacenado a 10°C con 100 ppm. de etileno por dos semanas, comparado con repollo almacenado en concentraciones ambientales de etileno. Hubo un incremento en la abscisión de pétalos en azucenas y arveja dulce, y abscisión de flor en la flor de la pascua (cardeales) y las boca de dragón cuando éstas fueron expuestas al etileno durante el almacenamiento. La abscisión en los pedúnculos de fruta fue incrementada en las berenjenas almacenadas en presencia del etileno.

3.13 ETILENO EN LA SENESCENCIA FLORAL

La sensibilidad de las flores al etileno varía entre especies, siendo algunas sensibles a concentraciones tan bajas como 1 ppm. mientras otras no son afectadas a una exposición de 100 ppm. La variación en la sensibilidad se ha visto entre variedades de la misma especie en atstroemerias y rosas. La precocidad de la senescencia de las flores que han sido expuestas al etileno se ha visto en crisantemo, fresas, gerbera gloriosa, iris, narcisos, algunas orquídeas, nerine, rosa y tulipanes.

3.14 OTROS USOS DEL ETILENO

El etileno o el acetileno son aplicados a cultivos mientras aún se están produciendo. Ejemplos de este uso es la aplicación de acetileno a piñas para iniciar la floración. Se utiliza carburo de calcio, el cual reacciona con el agua para producir acetileno. Unos cuantos pedazos de carburo de calcio son tirados por planta en el lote de producción cuando estas han alcanzado un tamaño determinado. Esto inicia la frutificación y puede usarse para controlar la producción de fruta en el campo. El ethrel también se utiliza para el mismo propósito. El ethrel se asperja sobre la piña justo antes de la cosecha para acelerar la desverdización y así tener una fruta de color más anaranjado en el mercado. El ethrel también puede asperjarse sobre árboles cítricos una semana antes de la cosecha para aflojar la fruta. La fruta puede cogerse soplando los árboles con equipos especialmente adaptados para la cosecha mecánica de frutas destinadas para la producción de jugos. El uso del ethrel es regulado por la Legislación Nacional y debe ser manipulado de conformidad con la ley y con especial cuidado.

3.15 REMOCION DEL ETILENO DEL ALMACENAMIENTO

El control de las concentraciones internas de etileno en los productos está limitado por la resistencia del producto a la difusión del etileno a la atmósfera que lo rodea. Sin embargo, la concentración de etileno en el corazón de la manzana fue reducido al bajar la concentración del etileno de los contenedores en los cuales la fruta era almacenada. Hay varias formas mediante las cuales el etileno puede ser removido de los almacenamientos. Esto involucra reacciones químicas o de absorción.

3.15.1 ABSORCION

Los filtros moleculares y el carbón activado pueden retener moléculas orgánicas como el etileno. Cuando aire fresco pasa por estas sustancias las moléculas son liberadas, esto

significa que ellas pueden ser usadas en un sistema dual en cual el aire del almacenamiento es pasado por la sustancia para absorber el etileno mientras el otro estado está siendo liberado de las moléculas de etileno por el paso de aire fresco. Silicato de aluminio tratado también puede usarse para absorber el etileno. Este tiene una estructura compleja que forma una red de panal que puede alinearse con aniones que sostendrán ligeramente cualquier catión con el cual hagan contacto. Una zeolita natural llamado clinoptilolite es usada. Esta tiene la siguiente estructura:



3.15.2 REACCION

El etileno puede ser oxidado a temperaturas ambientales cuando entra en contacto con el permanganato de potasio. Productos con propiedades como el "Ethysorb" y el "Purafil" están disponibles y pueden colocarse dentro del almacenamiento de productos o dentro del empaque que contiene el producto. Son fabricados impregnando un alúmina activo (como medio de carga) (Al_2O_3) en una solución saturada de KMnO_4 y después sometiéndolas a secado. Usualmente se forman pequeños granulados, entre más pequeño sea el granulado más grande es la superficie de contacto. Cualquier molécula de etileno de la atmósfera almacenada que haga contacto con el granulado será oxidada, de ahí la ventaja que presentan los granulados con una gran área de contacto. También es útil hacer pasar el aire del almacenamiento a través de los gránulos mediante un ventilador para incrementar el contacto de éstos con la atmósfera del almacenamiento y por lo tanto la probabilidad de contacto entre el etileno y el KMnO_4 . La reacción de oxidación no es reversible y los gránulos cambian de color púrpura a café para indicar que necesitan reemplazo. La tasa de remoción de etileno de los almacenamientos y empaques usando este material es afectada por la humedad relativa del almacenamiento. A humedad relativa alta en almacenamiento de productos frescos se ha encontrado que la tasa de remoción de etileno por el permanganato de potasio es reducida.

3.15.3 CONVERSION CATALITICA

El etileno se remueve por reacción química. El aire del almacenamiento es pasado por un artefacto en el cual es calentado a más de 200°C en presencia de un catalizador apropiado, usualmente platino. Bajo estas condiciones el etileno es oxidado a CO_2 y agua. Se requiere una entrada de energía de 30 a 80 vatios por metro cúbico de aire purificado, de manera que es un método de alto consumo de energía. Sin embargo, con intercambios adecuados de calor es posible hacer que este método sea más eficiente en el uso de la energía. Un artefacto semejante es llamado el "Termobalance" (Swingtherm) que reduce el consumo de energía de 14 a 7 vatios por metro cúbico.

3.15.4 REMOVEDORES DE OZONO

El ozono es un poderoso agente oxidante, éste reacciona con el etileno para producir CO_2 y agua. Puede generarse fácilmente a partir de oxígeno molecular con radiación ultravioleta o descargas eléctricas. Se desarrolló una cámara de reacción que puede usarse en almacenamientos para reducir el etileno. Consta de una lámpara ultravioleta que genera radiación a 184 y 254 manómetros, las que producen ozono y oxígeno atómico. La atmósfera del almacenamiento es impulsada con un ventilador por la cámara de reacción y cualquier cantidad de etileno que ésta contenga es oxidado rápidamente. La salida de la cámara de reacción contiene una malla metálica oxidada que reaccionará con cualquier exceso de

ozono previniendo que éste entre al almacenamiento, ya que puede ser tóxico para los productos o para los trabajadores en la bodega.

CAPITULO IV

MADURACION

Objetivo de la capacitación:

- Describir los principales procesos que ocurren en la maduración de la fruta y la aplicación de estos principios en la práctica comercial
- Describir los diferentes métodos que pueden ser utilizados para determinar cuando una fruta u hortaliza está lo suficientemente madura para cosecharse y las implicaciones para su mercado. Comparar los diferentes métodos de maduración para la cosecha y decidir cuál es el más apropiado.

Objetivos del aprendizaje:

- Evaluar las recomendaciones que están actualmente disponibles para la maduración de una variedad de frutas y poder poner estas en práctica bajo diferentes condiciones existentes en Colombia
- Poder relacionar la estructura, características químicas y la fisiología de un cultivo al tiempo apropiado para su cosecha.
- Relacionar la maduración apta para la cosecha a la calidad del cultivo y los factores involucrados en la vida post-cosecha.

Temas a considerar :

- Los cambios que pueden ocurrir en las frutas durante la maduración
- Condiciones recomendadas para la maduración de varias frutas
- Fuentes de etileno para la maduración
- Gases alternativos que pueden ser usados en la maduración de frutas
- Estudio de caso sobre la maduración comercial del banano.

Los principios para la determinación de la maduración

- Factores que son influenciados por la maduración apta para la cosecha
- Métodos visuales para determinar la maduración apta para la cosecha
- Métodos químicos y físicos para determinar la maduración apta para la cosecha.

CAPITULO IV

MADURACION

Las frutas pueden ser clasificadas en dos grupos: climatéricas y no climatéricas. Las primeras pueden definirse como la frutas que pueden madurarse después de la cosecha, las segundas pueden definirse como las frutas que no maduran después de la cosecha. Entre las frutas que han mostrado patrones típicos de respiración climatérica están: anón, manzana, albaricoque, aguacate, mora, melón cantalupe, durian, feijoa, la fruta Kiwi, pera, melocotón, el caqui, ciruela, sandía. Entre las frutas que pueden ser clasificadas como no climatéricas están: berenjena, mora, pimentones, cereza, cítricos, cohombro, uva, litchi, oliva, piña, granada, frambuesa, fresa, y tamarindo. En algunos casos hay conflicto de opinión acerca de la clasificación.

4.1 CAMBIOS QUE OCURREN DURANTE LA MADURACION DE LA FRUTA

4.1.1 COLOR

Durante la maduración el cambio externo más obvio en muchas frutas es su color. La pigmentación en la cáscara de los bananos y los plátanos la dan la clorofila, los carotenoides y las xanthofilas. El cambio del color durante la maduración de las frutas está asociado con la ruptura de la clorofila con niveles de carotenoides que permanecen relativamente constantes. Las variedades de banano Cavendish no es posible desverdizarlas completamente cuando se maduran a 25°C y más (Figura 4.1).

Esto trae como consecuencia bananos maduros que permanecen verdes en alguna porción. Entre más alta sea la temperatura se causa un desorden fisiológico de los bananos Cavendish llamado "pulpa crema" o "pulpa amarilla". Cuando la fruta de banano inicia su maduración en la planta con temperaturas por encima de 25°C, la pulpa madura pero la clorofila de la cáscara no es totalmente degradada. En plátanos se vió que la destrucción completa de la clorofila puede ocurrir aún a 35°C. Los mangos también desverdecen durante la maduración. (Diapositivas/fotografías 4.1 a 4.3).

4.1.2 FIRMEZA

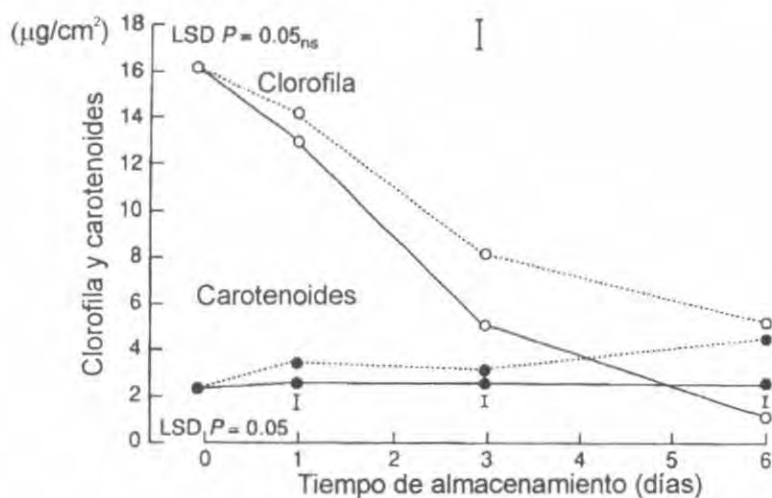
Las frutas normalmente se ablandan progresivamente durante la maduración (Figura 4.1). La pérdida de firmeza de los bananos durante la maduración parece estar asociado con varios procesos. El primero de éstos es la ruptura del almidón para formar azúcares, ya que los gránulos de almidón pueden tener una función estructural en las células. El segundo es la ruptura de las paredes de las células debido a la solubilidad de sustancias pépticas e incluso la ruptura de la celulosa. Un posible tercer proceso es el movimiento de agua de la cáscara del banano a su pulpa durante la maduración. Un proceso en bodega es la ruptura de enlaces químicos que causan que las células en la fruta estén juntas.

La ingeniería genética ha producido frutas que no se ablandan normalmente. Una variedad de tomate llamado Flavorsave fue comercializado en los Estados Unidos en 1993.

Figura 4.1

Cambios de coloración del banano y el mango

Cambios en los niveles de pigmentación de los bananos durante la maduración a 20°C a 35.5°C. Las frutas fueron expuestas a 1000 ppm de etileno antes de madurarse en el aire normal.



Cambios en el contenido de clorofila en la cáscara y firmeza en la pulpa de los mangos keitt durante el almacenamiento.

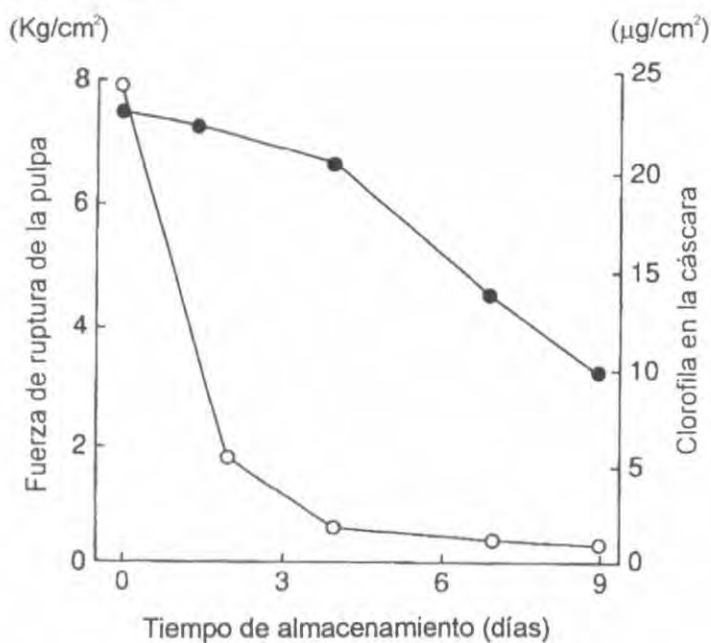


Figura 4.1

Seymour, G. B., Thompson, A. K., John, P. 1987. Inhibition of degreening in the peel of bananas ripened at tropical temperatures. I. the effect of high temperature changes in the pulp and peel during ripening. *Annals of Applied Biology*, 110, 145-151.

Medlicott, A. P., Bhogol, M. and Reynolds, S. B. 1986. Changes in peel pigmentation during ripening of mango fruit *Mangifera indica* var. Tommy Atkins. *Annals of Applied Biology* 109, 651-656.

4.1.3 CARBOHIDRATOS

Durante el estado de desarrollo de la fruta climatérica hay un incremento general en el contenido de almidón. El cambio químico más asombroso durante la maduración es la hidrólisis del almidón a azúcares simples (Figura 4.2).

4.1.4 ACIDOS

Aunque el desarrollo de la dulzura es importante, el sabor general de la fruta es influenciado por ácidos orgánicos. Estos ayudan a formar un equilibrio azúcar-ácido necesario para un sabor placentero. Durante la maduración la acidez de las frutas generalmente decae (Figura 4.2).

Figura 4.2

Cambios en azúcares y contenido de ácido en los mangos Keitt

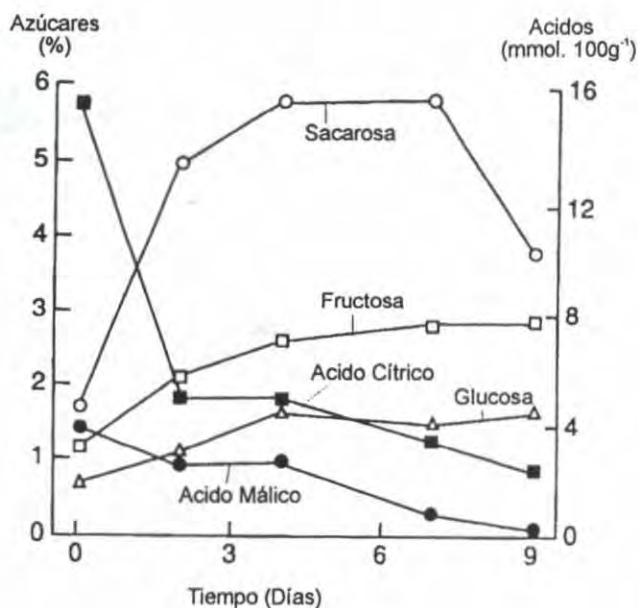


Figura 4.2

Medlicott, A.P. and Thompson, A.K. 1985. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits *Mangifera indica* L. var. Keitt by high performance liquid chromatography. *Journal of the Science of Food Agriculture* 36, 561-566.

4.1.5 COMPUESTOS FENOLICOS

Los taninos, quizás es el compuesto fenólico más importante desde el punto de vista de la utilización de la fruta, pueden darle a la fruta un sabor astringente. A medida que la fruta madura su astringencia disminuye, lo cual parece estar asociado con un cambio en la estructura de los taninos, que forman polímeros, y no con una reducción de sus niveles. Los compuestos fenólicos son comunes en muchas frutas y debido a su oxidación son los responsables, del color café que toma la pulpa cuando la fruta preferiblemente inmadura, es cortada.

4.1.6 SABOR Y AROMA

El sabor es la percepción sutil y compleja de combinar el gusto, olor y textura en la boca. La maduración usualmente trae un incremento de azúcares simples que dan dulzura, una disminución en ácidos orgánicos y compuestos fenólicos que minimizan la astringencia y un incremento en volátiles que producen un sabor característico.

El aroma característico de la fruta madura se debe a la producción de una mezcla compleja de componentes volátiles individuales. Se ha visto que por lo menos 350 de éstos están presentes en los bananos maduros. En la guayaba se han identificado más de 80 compuestos volátiles involucrados en el aroma. La producción de compuestos volátiles cambia durante la maduración de la guayaba. Se ha mostrado que más de 400 sustancias contribuyen al olor de los tomates, pero ni un sólo compuesto o simple combinación de éstos compuestos tiene el olor típico de la fruta madura.

4.2 CONDICIONES DE MADURACION PARA FRUTAS ESPECIFICAS

4.2.1 MADURACION DEL ALBARICOQUE

Frutas que fueron cosechadas verdes se almacenaron por tres días a 19°C con 1000 ppm. de etileno, para las primeras 24 a 48 horas les faltó aroma y sabor con respecto a las frutas que fueron dejadas en los árboles por seis o siete días más para que maduraran naturalmente.

4.2.2 MADURACION DEL AGUACATE

Las condiciones de maduración recomendadas fueron de 18°C a 21°C con 10 ppm. de etileno por 24 a 32 horas. Otros trabajos recomiendan 15.5°C como condición óptima para los aguacates de florida.

4.2.3 MADURACION DEL BANANO

La temperatura de maduración recomendada para los bananos fue de 18°C a 21°C con 10 ppm. de etileno y 85% a 90% de humedad relativa por 24 horas. Estas cifras también fueron presentadas en tablas en el estándar internacional (ISO 1977). Las temperaturas que se dan son para la pulpa de la fruta.

4.2.4 MADURACION DEL ARANDANO

La fruta mal coloreada puede mejorarse al ponerla en temperaturas entre 7.2°C y 10°C por unas cuantas semanas después de la cosecha.

4.2.5 MADURACION DEL KIWI

Las temperaturas de maduración recomendadas fueron entre 18°C y 21°C con 10 ppm de etileno y 85% a 90% de humedad relativa por 24 horas.

4.2.6 MADURACION DEL MANGO

La fruta madurada en temperaturas entre 19°C y 21°C mostró características de mejor calidad que aquellas maduras entre 28°C a 30°C. La maduración del mango entre 15.5°C y 18.5°C fue satisfactoria pero las frutas presentaron un sabor amargo y requirieron de un sometimiento posterior a temperaturas entre 21°C a 24°C hasta por tres días para desarrollar un buen sabor. En otro trabajo se recomienda la temperatura entre 21°C y 24°C como las más óptimas para la maduración. Las temperaturas de maduración recomendadas para el mango fueron de 29°C a 31°C o usando etileno a 10 ppm. durante 24 horas en 85% a

90 % HR. Un método simple fue colocar la fruta en canastas acolchadas con hoja de banano y con carburo de calcio, lo que le dió a la fruta un color uniforme dentro de dos y tres días en condiciones ambientales de Malasia, pero con sabor inferior a la fruta madurada con etileno. El carburo de calcio también fue usado para madurar fruta en Sur Africa. Las frutas fueron colocadas en un bodega que se mantenía desde 21.1°C a 26.7°C y de 85% a 90% de humedad relativa y el carburo de calcio fue colocado a razón de una onza por 72 pies cúbicos por uno a dos días con ventilación cada cuatro horas. Una práctica similar fue usada comercialmente para los mangos para una exportación de Brasil en donde la fruta cosechada era mantenida bajo lonas selladas herméticamente al gas durante dos o tres días antes de la exportación.

4.2.7 MADURACION DEL MELON

Exponer la fruta preclimática al etileno acelera la maduración, pero no es un uso práctico para la mayoría de los cultivos de melón ya que éstos "automaduran adecuadamente". Las condiciones de maduración recomendadas para el melón Honeydew fueron de 18°C a 21°C de temperatura, con 10 ppm. de etileno y 85% a 90% de humedad relativa por 24 horas. Para los melones Cantalupe temperaturas entre 18°C a 31°C sin etileno.

4.2.8 MADURACION DE LA PAPAYA

La maduración óptima se logró con temperaturas entre 21.1°C a 26.7°C. En Sur América las frutas de la papaya en algunos casos son marcadas suavemente en la piel y dicen que maduran rápidamente. Para la maduración de la papaya se recomienda temperaturas entre 21°C a 27°C sin etileno.

2.4.9 MADURACION DE LA PERA

Las condiciones de maduración recomendadas fueron de 20°C a 22.5°C con alta humedad relativa; y temperaturas de 15°C a 18°C usando etileno a 10 ppm durante 24 horas en 85% a 90% H.R.

4.2.10 MADURACION DEL MELOCOTON

A temperaturas por debajo de 18°C la pudrición usualmente deja atrás la maduración. En Sur Africa se recomiendan condiciones de maduración de 24°C de temperatura, con 1% de acetileno en la atmósfera por 24 horas. En Australia, se recomienda exponer la fruta a 40°C, después almacenamiento a 24°C hasta que madure. En los Estados Unidos sumergir la fruta en agua para llevar la temperatura de la pulpa a 37°C por 3 a 3.5 minutos antes de la maduración. En una comparación entre frutas maduras en el árbol y frutas cosechadas antes de su maduración, maduras en post-cosecha. Algunos trabajos mostraron un desarrollo de mayores cantidades de compuestos orgánicos volátiles en las frutas maduras en el árbol. Otros trabajos mostraron que los melocotones cosechados muy inmaduros tendían a desarrollar un sabor rancio cuando maduran, y que las frutas maduras a 24°C tenían un mejor sabor que aquellas maduras a 29°C.

4.2.11 MADURACION DEL CAQUI (KAKI)

Las frutas en condiciones de 18.3°C de temperatura con una concentración de 1000 ppm de etileno por 50 horas o con una concentración de etileno de 500 ppm. por 60 horas se ablandaban más rápido y tenían niveles de astringencia más bajos que las frutas maduras en concentraciones ambientales de etileno. Se recomienda la maduración del caqui en condiciones de 18°C a 21°C de temperatura, 85% a 90% de HR y con concentraciones de

etileno de 10 ppm. por 24 horas.

4.2.12 MADURACION DEL TOMATE

La mejor calidad de la fruta del tomate en términos de color y sabor se logra al permitir que la fruta madure completamente antes de ser cosechada. Cosechar la fruta antes de que se haya madurado totalmente y luego madurarla bajo condiciones controladas resultó en fruta de sabor y aroma inferior que aquellas que se les permitió madurar por completo en la planta. Los almacenajes a baja temperatura pueden inhibir la disminución de la acidez durante la maduración. La fruta en un estado de maduración incompleto que es almacenada en refrigeración si no se le permite madurar completamente antes del consumo tiene un sabor extraño. El siguiente método del almacenaje de fruta pintona verde a 10°C por 10 días, maduración a 21°C de dos a seis días seguido por un almacenamiento a 10°C de ocho a diez días más. El anterior método fue recomendado para la producción de fruta de alta calidad. La maduración entre 18.3°C y 20°C de temperatura puede completarse en dos días si la atmósfera es enriquecida con 200 ppm. de etileno. También se recomienda la maduración del tomate entre 13°C y 22°C de temperatura con 10 ppm de etileno. El tomate madurado a 20°C con 100 ppm. de etileno durante 48 horas incrementó su tasa de maduración y presentó una reducción mayor del contenido de ácido ascórbico, cuando las frutas estaban listas para la mesa, comparado con las frutas maduras sin etileno exógeno. Sin embargo, no hubo una diferencia significativa en el sabor en los tomates madurados con o sin etileno. El almacenaje a temperaturas altas, de 30°C, inhibió la maduración de la fruta y éstas se tornaron de color anaranjado o amarillo en vez de rojos, pero la coloración puede mejorarse al reducir la temperatura de 18°C a 24°C. En condiciones de 13°C a 18°C de temperatura y 85% a 90% de HR es muy probable que las frutas se maduren en un período de 14 a 16 días. Cultivares mutantes que no maduran han sido desarrollados. Cruces entre éstos y tipos silvestres producen híbridos F1 que sobremadurarán muy lentamente. La homogeneidad en la maduración, más profundidad de color y algunas resistencias a las enfermedades también han sido introducidas a estos tomates transgénicos. (Diapositiva/fotografía 4.3).

4.3 FUENTES DE ETILENO PARA LA MADURACION

El etileno es usado para iniciar la maduración de muchas frutas en post-cosechas y para desverdizar otras y así mejorar su apariencia. Los métodos para aplicar el etileno dependen de factores como costos, conveniencia y seguridad.

Líquido

Los compuestos que se descomponen en o sobre el producto para liberar etileno pueden tener la ventaja de su fácil aplicación. Etacelasil (2-chloroethyl-tris-{ethoxymethoxy} silane) o ACC (1-aminocyclopropane-1- carboxylic acid), el cual es el precursor inmediato del etileno de la biosíntesis en las plantas no han sido usados prácticamente para la aplicación del etileno en los cultivos. El ácido 2-chloroethyl fosfónico que se conoce comúnmente como "ethrel" o "ethephon" ha sido usado como una fuente de etileno durante décadas y existe una abundante literatura sobre sus aplicaciones y efectos. Esta incluye la inducción de la floración de la piña, la estimulación del flujo de látex en el caucho, la desverdización de los cítricos y la iniciación de la maduración en la frutas climatéricas. El ethrel es hidrolizado en el tejido de las plantas para producir etileno, fosfato y cloruro.



El etileno también puede ser liberado del ethrel al mezclarlo con una base como hidróxido de sodio. El ethrel "C" liberará 93 g de etileno por litro (o 74.4 litros de gas etileno por litro de ethrel). Ha sido usado en esta forma para iniciar la maduración de los bananos al colocar recipientes de ethrel en un bodega herméticamente sellada que contiene la fruta y luego adicionándole hidróxido a los recipientes. Es un método simple y efectivo de iniciar la maduración de la fruta, pero tiende a ser costoso al compararse con otros métodos. La desverdización de los limones puede lograrse al sumergir la fruta en 1000 ppm. de ethrel. Este tuvo el mismo efecto que al exponer la fruta a 50 ppm. de gas etileno durante 24 horas. La inmersión directa en ethrel de las frutas que se van a consumir puede ser regulada por la legislación de alimentos en algunos países.

Cilindros grandes de gas

El etileno está disponible en grandes cilindros de acero donde es almacenado bajo presión. Los cilindros típicos son el número 1 que es de 1.520 mm. de alto y 230 mm. de diámetro y el número 3 que es de 940 mm. de alto y 140 mm. de diámetro. El primero contiene 15 kg. (12.9 m³) de etileno y el segundo 3 kg. (2.6 m³). Debido que el etileno es altamente inflamable el uso de cilindros grandes de gas puro no es promovido. Para poder permitir algún margen de error usualmente se usa diluido con nitrógeno. Las mezclas comunes son 95% N₂ y 5% C₂H₄ o 95.5% N₂ y 4.5% C₂H₄. El método de aplicación es dirigir mediante tuberías el gas hacia el bodega de maduración que contiene a la fruta. El volumen de la bodega debe haber sido previamente establecido y el volumen de etileno introducido calculado con un medidor de flujo y un cronómetro.

Cilindros pequeños de gas

Estos son cilindros de acero que comúnmente contienen 35 litros de etileno. Hay dos tipos disponibles: Un tipo tiene una cubierta que cuando es punzada libera todo el gas que está dentro. El segundo tipo puede fijarse en un artefacto medidor para permitir una liberación lenta y controlada del gas. El primero es el usado comúnmente para iniciar la maduración de la fruta comercialmente. La forma como es aplicado es calculando el volumen del bodega de maduración y la del número correcto de cilindros a utilizar para lograr la concentración correcta de etileno requerida para la maduración o para la desverdización.

Generadores de etileno

Estos son artefactos que son colocados en los bodegas de maduración. Un líquido es vertido en ellos y éstos son conectados a una fuente de energía eléctrica, producen etileno por un período de más o menos 16 horas. Los fabricantes de estos generadores no proveen información exacta sobre la composición del líquido que proveen para el uso en los generadores o el proceso por el cual el etileno es generado. Una forma posible de generar etileno sería calentar el etanol en una forma controlada bajo la presencia de un catalizador de cobre. Se debe tener cuidado al hacer esto por la inflamabilidad del alcohol. La forma de usar los generadores es calculando el volumen de la bodega y colocando el número correcto de generadores en el almacenamiento para lograr la concentración de etileno requerida. Este método tiene la ventaja de entregar al almacenamiento por 16 horas en vez de aplicarlo en una sola dosis de los cilindros. Esto significa que hay una mejor

oportunidad de lograr la maduración deseada o el efecto de desverdización en donde hay problemas de no hermeticidad. Se reportó que el flujo producido por los generadores catalíticos tuvieron un olor diferente que el producido por el etileno proveniente de los cilindros. Cuando compararon los dos métodos para la maduración de tomates encontraron resultados inconclusos en cuanto a que los catadores pudieran detectar diferencias entre la fruta madurada por los dos métodos, ya que no expresaron preferencias por alguno de los tratamientos. Se encontró la tendencia a haber menos variación en el color de las frutas maduras con etileno de los cilindros comparado con aquellas maduras con generadores de etileno.

Interacciones de etileno con oxígeno y dióxido de carbono

Del almacenamiento de las peras "Blanca de Aranjuez" a 0°C produjo más etileno cuando éstas estuvieron almacenadas en atmósfera normal que almacenadas en una atmósfera de 6% dióxido de carbono más 3% oxígeno. Las concentraciones de etileno en el corazón de las manzanas fueron generalmente más bajas progresivamente con la reducción de concentraciones de oxígeno en almacenamiento de 0.5% a 2% oxígeno.

4.4 GASES ALTERNATIVOS AL ETILENO

Otros gases también han mostrado que inician la maduración de la fruta. Todos son considerablemente menos efectivos que el etileno y un pre-requisito para la efectividad parece ser que su estructura química debe contener un enlace insaturado, es decir, tener un enlace doble o triple entre átomos de carbono. El químico comúnmente más usado, en vez del etileno, para la iniciación de la maduración es el acetileno. Se usa por todo el mundo en países menos desarrollados en forma de carburo de calcio ya que es más económico que las fuentes de etileno y más fácil de aplicar en los bodegas de maduración. Cuando se requieren rápidamente grandes cantidades de acetileno las pequeñas cantidades de carburo de calcio pueden colocarse cuidadosamente en baldes grandes con agua. Debe tenerse mucho cuidado y el operador debe usar ropa protectora incluyendo una máscara protectora, una vez termine debe abandonar el área inmediatamente. Ambos, el etileno y el acetileno pueden ser tóxicos y explosivos. Es importante colocar advertencias, y eliminar del área llamas, cigarrillos y artefactos eléctricos o todo lo que pueda producir una chispa.

Muchos otros gases pueden ser usados para iniciar la maduración o la desverdización de los productos. Quizás el más usado comúnmente, particularmente en países menos desarrollados, es el acetileno. Es un gas más peligroso que el etileno y nunca debe ser usado para maduración de frutas cuando proviene de cilindros de acero. El método usual de aplicación es hacer generar el gas a partir del carburo de calcio. Este es un subproducto de la industria metalúrgica y es variable en la cantidad de gas que éste producirá. Carburo de calcio de grado técnico de tamaño chip regular de 4mm. a 7mm. de acuerdo con el estándar Británico BS642 (1965) producirá aproximadamente 300 litros de C_2H_2 por kilogramo cuando se le agrega agua. Este proceso de agregar agua debe hacerse con mucho cuidado. El carburo de calcio usualmente se aplica envolviendo unos cuantos gramos en un pedazo de papel periódico y poniéndolo en las cajas de fruta. Reacciona con humedad relativa dando una liberación lenta de acetileno.

El acetileno ha mostrado ser efectivo para iniciar la maduración del banano. La maduración de los bananos se inició cuando fueron expuestos a 0.1 ppm. o 1 ppm a 18°C durante 24

horas. Los efectos del acetileno en el banano fueron proporcionales a la temperatura y tiempo de exposición. La exposición de la fruta por 4 horas a 1 ppm. de acetileno a temperaturas entre 20°C y 30°C no inició la maduración de la fruta. Pero sí inició la maduración a 35°C de temperatura con una exposición de 8 horas. Las frutas no iniciaron su maduración a 20°C, iniciaron la maduración parcialmente a 25°C e iniciaron la maduración completamente a 30°C. En mango se encontró que se requería un tiempo de exposición de 24 horas en unas condiciones de 25°C de temperatura y por lo menos una concentración ppm. de acetileno o 0.01 ppm. de etileno para iniciar la maduración.

4.5 MADURACION COMERCIAL DE BANANO

La cantidad de gas requerida para iniciar la maduración del banano depende de su estado de madurez al momento de la cosecha, de la temperatura de la pulpa de la fruta y del tiempo de exposición de la fruta al gas. Generalmente la exposición de frutas maduras a concentraciones muy bajas de etileno, 1ppm. a 10 ppm. a temperatura de 14°C a 19°C (temperatura común comercialmente) por 24 horas son suficientes. Sin embargo, en la práctica comercial se usan comúnmente concentraciones de 1000 ppm. para asegurar la maduración. Esto es en parte porque muchas bodegas de maduración no están herméticamente selladas y la concentración puede reducirse rápidamente a través de un escape. Los bananos gigantes Cavendish, de varias fuentes comerciales en el Caribe y Latinoamérica, fueron todos madurados exitosamente al exponerlos a 10 ppm. de etileno en temperaturas de 19°C por 24 horas. (Ver Diapositiva 4.1). Lo mismo se registro a 1000 ppm. de acetileno durante 24 horas a 19°C para lograr la misma iniciación de maduración. Este requerimiento de concentraciones más altas de acetileno que de etileno es para lograr un efecto biológico similar.

Muchos métodos de aplicación de gases se usan comercialmente para iniciar la maduración del banano. En muchos países tercermundistas el carburo de calcio, es usado como se describe anteriormente. Esto a menudo se hace en un bodega que no tiene control de temperatura ni circulación de aire y la fruta puede ser cubierta con una sábana para ayudarlo a contener el gas. Otro método simple para iniciar la maduración es encender una fogata humeante en el bodega de maduración. Esto puede producir varios gases incluyendo acetileno, etileno y monóxido de carbono, lo que iniciará la maduración. Al herir los tallos de los racimos o incluso la fruta, en su entorno se puede producir etileno en respuesta a la herida y éste es usado como un método. La fruta que esté madurando y por lo tanto generando etileno puede ser colocada en un bodega herméticamente sellada con fruta verde. Un sistema continuo puede diseñarse para la aplicación comercial de este método. Sin embargo, el bodega necesitaría ser frecuentemente ventilada para asegurar que no se presente el dióxido de carbono que se sabe que inhibe el efecto del etileno.

Una modificación de este método usado en bodegas comerciales de maduración en Yemen es colocar baldes de hidróxido de sodio a través del bodega de maduración. Cuando todos estos están en su lugar se agregan cantidades medidas de ethrel. Esto da una liberación instantánea del gas etileno en el almacenamiento. Este es un método simple y efectivo, pero tiende a ser muy costoso. Una comparación fue hecha entre el uso de este método e iniciando la maduración con carburo de calcio. El método ethrel se encontró que era 50 veces más costoso.

Mantenimiento de condiciones en bodegas de maduración del banano

El diseño de estas bodegas de maduración es muy importante. Los requerimientos básicos son: tener un buen sistema de control de temperatura, una buena y efectiva circulación de aire, que sean sellados herméticamente a los gases y que tengan un buen sistema de introducción de aire fresco. Es aconsejable que las bodegas tengan una humedad relativa alta de 90% a 95%. Para este fin, muchas bodegas son dotadas con algunos artefactos de humectación como el humidificador de disco. Sin embargo, si las bodegas están llenas de banano y son usados serpentines de enfriamiento para mantener la temperatura del almacenamiento y es regulada a unos cuantos grados de la temperatura ambiental entonces esto debe ser suficiente para mantener la humedad alta. La circulación del aire alrededor de la fruta es importante para prevenir las acumulaciones locales del dióxido de carbono producido por la fruta y para asegurar un buen contacto entre la fruta y el gas etileno aplicado para iniciar la maduración. Como se indicó antes, las cajas de banano son empacados con polietileno y usualmente transportadas a bodegas de maduración y amontonadas en estibas. Para poder iniciar la maduración es común practicar la remoción de cada caja de la estiba, el plástico y reacomodar en las estibas para que haya un espacio entre las cajas. Esto es especialmente importante para frutas que han sido empacadas al vacío (sistemas de circulación de aire convencionales). El aire pasa a través del enfriador y luego hasta la parte superior de la bodega cerca a el techo. El aire frío cae por convección por las cajas de las frutas y baja al nivel del piso para su recirculación. Muchas bodegas de maduración modernas tienen canales de aire en el piso por los cuales el aire circula a alta presión. Esto lo forza hacia arriba por las estibas y ofrece una mejor circulación de aire. Mecanismos especiales como bolsas de aire inflables colocadas entre las estibas son usadas para asegurar una mejor circulación del aire y, por lo tanto, una maduración más homogénea.

Una buena ventilación para permitir que el aire fresco sea introducido es muy importante para el éxito de la maduración del banano. Durante el período de iniciación de la maduración, el cual es usualmente de 24 horas, no se introduce aire fresco en el almacenamiento. Este es el período cuando el etileno se introduce en las bodegas. Inmediatamente después de este período las bodegas deben ser perfectamente ventiladas. En un estudio se encontró que el nivel de dióxido de carbono de las bodegas de maduración había subido a 7% durante el período de iniciación de maduración de 24 horas; aún con un buen sistema de extracción por ventilador se necesitaron 40 minutos de ventilación para llevar los niveles de dióxido de carbono por debajo del 1%. Esta ventilación con aire fresco debe ser repetida cada 24 horas durante la maduración posterior. Si las bodegas no son ventiladas frecuentemente la maduración puede retrasarse, o se puede presentar una maduración anormal.

Las bodegas necesitan ser selladas herméticamente a los gases para poder asegurar que los niveles de etileno se mantengan alrededor de la fruta durante el período de iniciación. El lugar más común por donde suceden los escapes es alrededor de las puertas. Por lo tanto, es crucial que puertas especiales sean colocadas y que tengan culatas de caucho adecuadas. Estas deben ser inspeccionadas regularmente para asegurarse de que no hayan sido dañadas. El gas también se puede perder a través de las paredes de las bodegas de maduración. Comúnmente éstas son de metal por dentro y con masilla entre las uniones para asegurar que el gas no pase por ellas. Una pintura selladora puede usarse en las paredes. Todos los huecos en las paredes o tubería y fijaciones eléctricas deben ser bloqueadas con masilla.

Aspectos de seguridad de las bodegas, ya se habían mencionado. Todos los interruptores, conexiones eléctricas y termostatos deben ser de un tipo especial contra incendios.

4.6 DETERMINACION DE LA MADURACION PARA LA COSECHA

Los principios que subrayan el estado de maduración de una fruta u hortaliza en el que debe ser cosechada son cruciales para su vida útil, de mercadeo y calidad. Estas pueden definirse como maduración de cosecha.

La fruta en maduración para la cosecha debe:

- Estar en un estado que permita llegar al consumidor en una condición óptima
- Permitir el desarrollo de sabor y apariencia aceptable
- Estar dentro del tamaño requerido por el mercado
- No ser tóxica
- Tener una vida útil adecuada.

Los métodos usados para medir la maduración de un producto pueden basarse en una estimación subjetiva por parte de las personas que están realizando la operación. Para lograr esto se pueden usar la vista, el tacto, el olfato, la formación de cambios morfológicos, los cálculos y la resonancia. Estos métodos pueden tornarse más objetivos y quizás más consistentes usando ayudas como carteleras de coloración. Análisis químicos y físicos también son utilizados y éstos dependen de los procedimientos de muestreo y pueden ser usados sólo para productos a los cuales se les puede tomar una muestra pequeña pero representativa. El cómputo también se utiliza al calcular factores como el tiempo después de la floración como guía para saber cuándo cosechar la fruta. Muchos de estos métodos que utilizan un atributo cualitativo del cultivo también pueden ser utilizados para determinar la calidad post-cosecha. Casi todas las medidas descritas aquí pueden cumplir esta función.

4.6.1 MEDIDAS SUBJETIVAS

Color de la cáscara

Este factor se utiliza comúnmente en frutas a las cuales el color de su cáscara cambia a medida que la fruta madura. En algunas frutas no hay cambios perceptibles en el color durante la maduración. Los cambios de color pueden ocurrir sólo en productos específicos pero no en todos. El color de la cáscara puede variar debido a la posición de la fruta en el árbol, otros factores son las condiciones del clima durante la producción, lo que puede confundir su uso como una medida de maduración. En la papaya el color de la fruta cambia de verde a amarillo durante su maduración fisiológica. (Diapositiva/fotografía 4.2). Si la fruta es cosechada cuando aún está verde puede ser posible que desarrolle el color de la fruta después de la cosecha pero no todas sus características de sabor. Si la fruta es cosechada justamente cuando el color amarillo comienza a mostrar los funículos, la fruta puede eventualmente madurar y obtener un sabor aceptable. El color de las astillas (spinterns) y la cáscara se utiliza como guía para determinar la maduración óptima para la cosecha del Rambutan. El color varía dentro de los diferentes cultivos y la fruta se considera sobre-madura cuando la punta de las astillas (spinterns) se tornan de color café. En algunas otras frutas, por ejemplo el tomate, el sabor completo sólo se puede desarrollar en frutas que estén completamente rojas en la planta antes de que se cosechen. Sin embargo, los

tomates que están completamente rojos durante la cosecha pueden también ser susceptibles a daños por manejo y se sobre-maduran y por lo tanto no son aceptables para el mercado. También se pueden rajarse estando todavía en la planta. Los cambios en el color de su cáscara usualmente dependen del criterio que le dé el cosechador, aunque también se utilizan cartas de colores para algunas especies de manzana, durazno, chile, etc. Los cambios en el color de la cáscara pueden ser utilizados en algunas variedades de mango para que indiquen cuando la fruta debe ser recolectada, pero hoy en día muchos mangos se cosechan y se envían aún estando verdes, éstos maduran a su arribo y así están listos para su venta. Esto protege la fruta del daño durante el transporte y le asegura al comerciante un conocimiento del estado de madurez en el cual se encuentra la fruta. Sin embargo, hace la tarea de decisión de recolección más difícil para el cultivador. Otras maneras para identificar cuándo la fruta debe ser cosechada son a través de su peso, gravedad específica y su composición química. Los mangos que son cosechados en un estado muy inmaduro pueden que no desarrollen una buena calidad de consumo cuando éstos maduren. El color de la cáscara fue recomendado como un indicador práctico de maduración para la variedad de Dashehari de acuerdo con un estudio que examinó el peso de la fruta, el cambio de peso por día, longitud, gravedad específica, contenido de humedad, color de pulpa y cáscara, calidad para el consumo, forma y características de las lenticelas.

Forma

La forma de la fruta puede cambiar durante su maduración y esto puede utilizarse como una característica para determinar la maduración óptima para la cosecha. En los bananos, la fruta individual se torna más redondeada cuando se colocan horizontalmente y menos angular cuando se desarrollan en la planta. Este cambio de forma ha creado una cantidad de nuevos términos que se utilizan en la industria del banano para describir su maduración. Las juntas directivas del banano le dan instrucciones al agricultor para que éste coseche su fruta en estados de maduración en $\frac{3}{4}$ mayor de $\frac{3}{4}$ o a una maduración completa dependiendo de sus requerimientos precisos. Sin embargo, hay una variación en su angulosidad entre los dedos individuales y una mano (gajo) porque la fruta al final del racimo se formó primero y por lo tanto es más redonda que la fruta que se formó en la parte superior. Esto significa que debe haber una definición exacta para que el agricultor sepa la fruta que debe inspeccionar. Normalmente es la fruta que está en la parte media del racimo.

Morfología de la fruta

La forma de la fruta puede cambiar durante su maduración y esto puede ser utilizado como una característica para determinar la maduración óptima para la cosecha. Los mangos cambian de forma durante su maduración en el árbol. Para algunas variedades este cambio está correlacionado de una forma sistemática con la maduración. A medida que la fruta de mango se madura la relación entre los hombros de la fruta y el punto en el cual el pedúnculo está conectado puede cambiar. En mangos muy inmaduros los hombros se alejan en caída del pedúnculo; en la fruta más madura los hombros se nivelan con el punto de atamiento con el pedúnculo y en frutas aún más maduras los hombros pueden sobrepasar este punto de conexión.

Grados de maduración según la observación de las personas:

- A. Frutas crecidas casi por completo, verde en su color y con un nivel de hombros a la par con la inserción del tallo.

- B. Los hombros por encima de la inserción del tallo debido a mayor crecimiento de la fruta, y su color de cáscara cambia a verde claro.
- C. No hay más crecimiento pero la fruta está a un punto de tornarse blanda, y el color está presente en la cáscara.

Al utilizar este método para determinar la maduración del mango se mostró que el porcentaje de fruta aún sin maduración después de un almacenamiento a 7°C durante 28 días fue de un 68%, 57% y 41% respectivamente para los estados de maduración A, B y C. El estado B se vió como óptimo a lo largo de un período de almacenamiento de tres a cuatro semanas, un excesivo arrugamiento de la cáscara caracterizó las frutas más inmaduras (A) y una vida más corta de almacenamiento caracterizó a las frutas más maduras (C).

Tamaño

Los cambios en el tamaño de un producto a medida que crece son utilizados frecuentemente para determinar cuándo éste debe ser cosechado. En las frutas esto puede ser relacionado con los requerimientos del mercado y la fruta puede que no esté fisiológicamente madura. Los pimentones y la berenjena son ejemplos muy comunes. Las mazorcas parcialmente maduras de *Zea mays saccharata* son puestas en el mercado como maíz dulce mientras que mazorcas aún más inmaduras y más pequeñas son comercializadas como maíz tierno (baby corn). En algunos cultivos la fibra se desarrolla a medida que se madura y es importante que éstos sean cosechados antes de que esto suceda. En cultivos como la habichuela, okra, y espárragos esta relación puede atribuirse a su tamaño. Un número de trabajadores han usado el peso de la fruta, junto con otras características físicas y químicas, para la determinación de la maduración apta para la cosecha. La maduración en el tipo Julie se completa cuando la fruta llegue a un peso de 350 gramos con una sobresaliente carnosidad de color anaranjado pálido y con hombros elevados. La fruta se madura en el árbol cuando el peso es de aproximadamente 400 gr. y con el tallo en el montículo y la carnosidad de un color anaranjado. En el caso de los mangos Pairí, se concluyó que la maduración óptima podía ser indicada por un peso de 260 gr. más o menos, un color superficial verde oliva y hombros sobresalientes. En la fruta australiana, hubo una relación lineal altamente significativa entre el tamaño y el peso. Las frutas que tenían una masa por debajo de 220 gr. no fueron aceptadas.

Aroma

La mayoría de las frutas sintetizan unos químicos volátiles a medida que éstas maduran. Estos pueden darle a la fruta su olor característico y pueden ser utilizados para determinar si una fruta está madura o no. Estos olores sólo pueden ser detectados por los sentidos humanos ya cuando una fruta está completamente madura y por lo tanto tiene un uso limitado para el comercio. Las guayabas tienen un fuerte aroma el cual se desarrolla durante la maduración. El Beta-caryophyllene fue identificado como un volátil importante asociado con el aroma de la guayaba. Los volátiles de aroma pueden ser evidentes en cualquier fase de la maduración; se piensa que éstos pueden estar involucrados en la atracción de moscas las cuales pueden atacar la fruta a medida que ésta empieza su proceso de maduración.

Apertura de la fruta

La fruta de un árbol ackee puede contener unos niveles tóxicos de hipoglicina. Cuando la fruta está totalmente madura en el árbol ésta se abre mostrando así sus semillas en arilos

amarillos. Ya en esta fase se puede ver que contiene un mínimo o casi nada de hipoglicina. Esto puede acarrear problemas durante el mercadeo de la fruta puesto que está tan madura que sólo tendrá una corta vida post-cosecha. En cultivos como la coliflor y el brócoli pueden generar un sabor y textura no placentera si éstas se sobre-desarrollan antes de la cosecha. En el caso del chocho la parte distal de la fruta se abre y una semilla grande emerge por esta apertura y comienza a germinar. Si hay alguna indicación de que la fruta se esté rajando es porque está muy madura para ser cosechada. (Diapositiva/fotografía 4.4).

Cambios de hoja

Esta es una característica que es utilizada en ambas frutas y hortalizas para determinar cuándo éstas deben ser cosechadas. En cultivos de raíz la condición de las hojas puede indicar el estado del cultivo bajo tierra. Si las papas han de almacenarse entonces el momento óptimo para la cosecha es después de que las hojas y los tallos se hayan muerto. Si se cosechan con anterioridad su cáscara es menos resistente a los daños por cosecha y manejo y están más susceptibles a las enfermedades por almacenamiento. En ciertos casos cuando las hojas no senescen naturalmente éstas pueden cortarse o retirarse con algún químico para que así se produzcan tubérculos con cáscara mucho más firme y fuerte antes de que sean cosechados. Al bulbo de la cebolla se le debe permitir su maduración por completo antes de ser cosechada para así poder almacenarse. Este estado de maduración se puede observar cuando las hojas se doblan desde la parte superior del bulbo y luego caen. En la práctica el agricultor puede calcular el porcentaje de bulbos que han tenido este proceso al llevar a cabo unos conteos, y cuando se llegue al 70% entonces todo el cultivo puede ser cosechado.

Firmeza

La fruta puede cambiar de textura durante la maduración especialmente durante la maduración fisiológica que es cuando éstas se ablandan rápidamente. Este cambio de textura puede detectarse con el tacto, y un cosechador puede sencillamente apretar suavemente la fruta para juzgar si se puede cosechar o no.

Cómputos

El tiempo entre la floración y la cosecha puede ser constante. Para muchas de las frutas que se producen en climas templados, como la manzana, la fecha óptima anual para cosecharla puede variar muy poco cada año, aunque las condiciones del clima puedan ser diferentes. En las frutas tropicales la floración puede ocurrir en diferentes tiempos del año, pero el tiempo entre la floración y la madurez varía poco. En la mayoría de las frutas es difícil utilizar este concepto en la práctica. Por ejemplo, en el caso de los mangos, si las flores o las frutas inmaduras no son marcadas o etiquetadas para identificar su floración o su estado de formación de fruta, no es posible hacer la recolección en el momento oportuno.

Con los bananos es diferente, en su estado antesis se coloca un plástico por encima del racimo, esto es una práctica comercial común que se usa para proteger la fruta en su desarrollo. Para poder identificar con exactitud cuando se presenta la antesis cada una de estas bolsas plásticas tiene una tira de color por un costado, el mismo color es utilizado por una semana y luego es cambiado por otro color en la siguiente semana y así sucesivamente. Cuando se ha de cosechar la fruta y el tiempo normal desde su antesis hasta la cosecha es más o menos de quince semanas; entonces el cosechador sólo debe buscar los racimos

con una tira de un color en particular. En la práctica, ya que pueden haber variaciones en la tasa de la maduración de la fruta, al cosechador probablemente se le dirá que puede cosechar algunos racimos que estén de trece o catorce semanas, pero si debe cosechar todos los racimos de quince semanas. El tomará la decisión basándose en la angulosidad y tamaño de los dedos de la fruta cuando esté considerando si va a cosechar racimos que estén por debajo de las quince semanas. En el caso de las manzanas se debe registrar el tiempo de la caída de los pétalos, esto da una guía aproximada de cuándo la fruta debe ser cosechada. La maduración apta para la cosecha de los Rambutanes se puede considerar desde el momento que se dé una floración por completo. En Tailandia este tiempo es de 90 a 120 días, en Indonesia es de 90 a 100 días y en Malasia es de 100 a 130 días.

Generalmente, el mango se cosecha de quince a dieciséis semanas después de que se vea la forma de la fruta, sin embargo se presentan variaciones por causa de las diferencias de variedad, la región de producción, las condiciones del clima y los métodos usados para determinar la tasa de crecimiento. En los distritos en donde las condiciones son consideradas constantes cada año, estos índices pueden tener un valor práctico. Como alternativa, el concepto de unidades de calor puede usarse para compensar las variables condiciones climáticas. En el caso de la variedad Baneshan, el valor de grados centígrados por día es 14.26°C , que se ha derivado de un índice de cosecha que utiliza información recolectada durante un período de once años. En las variedades Filipinas, se recomienda de 82 a 88 días desde su floración, y de 110 a 120 días después de que se vea la fruta. En el caso de las variedades Langra, Krishnabhog, Alphonso, Dashehari, Mamey y Amini, 90 días después de su floración. La variedad Golek no debe ser cosechada hasta después de doce semanas después de ver la fruta si esta variedad ha de utilizarse para consumo fresco, pero otras personas ha sugerido que la fruta no soportará el manejo o un almacenamiento prolongado si se cosecha después de 105 días de verse la fruta. También hay unas dificultades prácticas para poner en el mercado este tipo de fruta.

4.6.2 MEDIDAS OBJETIVAS

Determinación del color de la cáscara usando métodos ópticos

Por muchos años se han venido utilizando métodos instrumentales para medir el color de la fruta, pero éstos tienden a ser utilizados en laboratorios. Los equipos para la clasificación por color se pueden conseguir comercialmente para el uso en las empacadoras. (Diapositiva/fotografía 4.5). La emisión tardía de luz (DLE- Delayed light emission) también ha sido utilizada en frutas como naranjas, bananos, tomates y papaya para clasificar con objetividad la fruta en diferentes grupos de maduración post-cosecha. Esto está basado en el contenido de clorofila de la fruta el cual se reduce durante la maduración. La fruta se expone a una luz brillante y luego se apaga para que la fruta quede en la oscuridad. Un sensor mide la cantidad de luz que es emitida de la fruta lo cual es proporcional al contenido de clorofila y por lo tanto de su maduración. Esto se probó con los tomates y se desarrolló un instrumento portátil fácil de manejar el cual no era destructivo y podía usarse con diversas variedades de frutas. Se utilizó un espectroscopio de transmisión corporal para clasificar ópticamente la papaya en grupos maduros y no maduros. Con este método fue posible clasificar las frutas que no se podían distinguir a través del examen visual. Una máquina fotoeléctrica fue utilizada para clasificar las frutas cítricas por su color. El modelo ESM-G fue utilizado y así pudieron separar las naranjas de las limas en diferentes clases basadas en sus niveles de clorofila. Varios métodos para evaluar la calidad sin necesidad de destruir la

fruta han sido desarrollados por varios investigadores durante las últimas décadas. El término no destructivo implica que las medidas para la calidad no tienen un efecto nocivo para el producto al cual se le están realizando estas medidas.

El método óptico es uno de los métodos más prácticos y exitosos para la evaluación de calidad sin destruir y para la clasificación de productos agrícolas. Las técnicas se basan en las características ópticas de una fruta u hortaliza cuando ésta es iluminada por un destello de luz. Estas características son el reflejo, la transmisión y la emisión tardía de luz. Las aplicaciones de las características de reflexión en la evaluación de calidad incluyen la evaluación de maduración de las manzanas. Las características de transmisión han sido utilizadas para evaluar la clasificación por color de los cítricos, la maduración de los arándanos silvestres (blueberry), la maduración del durazno y la del tomate.

La emisión tardía de luz es una luz emitida por los productos verdes en un período considerable después de que ésta ha sido iluminada. Los ejemplos de las aplicaciones incluyen la maduración de: duraznos, melón, papaya, tomate, banano, kaki, melón y naranjas.

Las desventajas del uso de las emisiones tardías de luz son:

- El tamaño, la forma y las diferentes variedades de materiales orgánicos hacen que las medidas por emisión tardía de luz sean difíciles
- La decadencia exponencial de luz emitida requiere un control muy preciso del tiempo entre la iluminación y la medida

La iluminación no necesita estar espectralmente bien definida y simultánea a la medida. Siendo así, esto nos permite más opciones de selección y un diseño más sencillo de fuentes

Más allá del nivel de saturación, la iluminación adicional tiene poco efecto en la producción incrementada de la intensidad de emisiones tardías de luz; por lo tanto, pequeños cambios en la iluminación no interferirán con las medidas cuantitativas de emisiones tardías de luz.

Aunque hasta el momento la emisión tardía de luz es utilizada en su mayor parte como una herramienta de investigación, ésta tiene potencial para ser aplicada en práctica y así poder decidir sobre la madurez y calidad de varias frutas y hortalizas. El pasar la luz por la fruta puede utilizarse para medir su madurez fisiológica. Varios trabajadores midieron las transmisiones difusas de luz en un rango de 380 a 730 nm con cerezas y albaricoques. Estas medidas fueron comparadas con las medidas organolépticas de maduración de una fruta. Para los albaricoques los coeficientes de correlación estuvieron dentro del intervalo de 0.84 a 0.93 nm. Se pudo ver que los cambios en la transmisión difusa de luz fueron afectados por el nivel de clorofila en la fruta el que se reduce durante la maduración.

Firmeza

En términos de evaluación no destructiva, varios métodos han sido creados para evaluar la firmeza de las frutas y hortalizas, éstos basados en deformación forzada, fuerza-impacto, rebote-impacto, vibración de baja frecuencia, vibración sónica, y respuesta acústica. Una muestra representativa de la fruta puede tomarse del huerto y examinada en un equipo que dará un valor numérico de consistencia; cuando ese valor alcance un nivel crítico predeterminado entonces las frutas en ese huerto pueden ser cosechadas. Estos equipos son llamados medidores de presión, presionómetros o penetrómetros se crearon primero

para las manzanas pero actualmente se encuentran disponibles en varias formas. (Diapositivas/fotografías 4.6 y 4.7). En las frutas como el durazno y el albaricoque el ablandamiento puede usarse para determinar la madurez apta para la cosecha. Unos estudios que se llevaron a cabo en Turquía mostraron que la firmeza del durazno cambiaba significativamente durante la temporada de cosecha y estos cambios podían medirse utilizando un medidor de presión del tipo creado por Magness y Taylor. Con la arveja sucede lo contrario. A medida que la arveja madura en su vaina ésta es más dulce y tierna. Pero al progresar su maduración, el azúcar se convierte en almidón lo que coincide con el hecho de que la arveja se torne más firme. Para procesarla, entonces, se toman muestras del campo y se mide su textura en una célula que se conoce como un "tiernómetro". Se procede a cosechar toda la plantación cuando se logre un valor particular en el tenderómetro. En muchos casos el agricultor simplemente va a examinar la arveja apretándola entre sus dedos para así determinar su firmeza. Luego las probará para examinar su dulzura (sabor). Basado en su experiencia él podrá determinar si o no es tiempo de cosecha. Los medidores de presión que se utilizan para los productos hortícolas realizan pruebas destructivas los cuales asumen que la muestra que se ha tomado es representativa de todo el lote.

Una prueba no destructiva de firmeza fue estudiada en la Universidad Silsoe, la que simuló la práctica que tenían los clientes de examinar la maduración de la fruta al tocarla. En el estudio que se llevó a cabo en Silsoe un probador cilíndrico metálico angosto fue introducido en la cáscara de la fruta (aproximadamente un Newton de presión fue suficiente) y la cantidad de depresión de la cáscara fue medida con mucha precisión en un Tester Inston Universal. Esto se pudo correlacionar bien con la maduración y la maduración organoléptica de la fruta y también se pudo notar que no causó un daño detectable. Estudios similares previamente se habían llevado a cabo por aquellos que utilizaban bolas de acero, una en cada lado opuesto de la fruta, para aplicar una fuerza fija. Luego midieron la deformación que se dio en la superficie de la fruta. Un equipo que aplicaba baja presión de aire a los lados opuestos de la fruta y luego media la deformación superficial fue necesitado para los duraznos.

Basado en las características de deformación forzada se creó una unidad de medida para la medición no destructiva de la firmeza del durazno. Se utiliza aire comprimido para aplicar fuerza y medir la deformación lineal que queda como resultado. Para medir la firmeza de las peras se utilizó un "defómetro" para la detección no destructiva de la maduración basado en la medida de deformación que quedó como resultado de la opresión de dos bolas de acero contra los lados opuestos de la fruta con una fuerza fijada.

Las fuerzas de impacto de una fruta que golpea una superficie rígida pueden considerarse como medios para determinar la firmeza sin destruirla. Para el durazno la fuerza de impacto se aplica y su respuesta es medida y puede usarse para sortear al durazno o a la pera en categorías de duras, firmes o blandas. Las naranjas fueron tiradas en un tambor de acero rotante, y la diferencia en la distancia de rebote fue utilizada para separar las frutas blandas y firmes.

Jugo

El contenido de jugo de muchas frutas se incrementa a medida que ésta madura en el árbol. Al tomar muestras representativas de la fruta, extrayendo el jugo de una forma estándar y especificada y luego relacionando el volumen del jugo con la masa original de la fruta es

posible especificar su maduración. En algunos países existe una legislación que especifica el contenido mínimo de jugo que debe tener la fruta antes de ser cosechada. Estos contenidos pueden variar pero los valores mínimos para los cítricos pueden ser de:

Variedad	Jugo
Naranja Washington	30%
Otras naranjas	35%
Toronja	35%
Limonas	25%
Mandarinas	33%
Clementinas	40%

Aceite

El contenido de aceite de la fruta puede usarse para determinar la maduración apta para la cosecha de los aguacates. El Código Agropecuario de California especifica que los aguacates, en el momento de su recolección, y en todo momento posterior, no deben contener menos del 8% de aceite considerando el peso del aguacate y excluyendo cáscara y semilla. Sin embargo, este método para determinar la maduración de cosecha tiene poca relevancia para los aguacates que se cultivan en los trópicos, por dos razones. La primera está basada en la técnica de muestreo en donde se presume que la fruta-muestra a la cual se le ha tomado el análisis de aceite es representativa de toda la plantación, y en los subtrópicos, por ejemplo en California las distintas temporadas de floración para el aguacate ocurren después del invierno y los árboles tienden a florecer y dar fruto por un corto período. La fruta de la misma variedad en un huerto tendrá por lo tanto fruta que madurará más o menos al mismo tiempo y siendo así se puede tomar una muestra representativa. En los trópicos el período de floración, incluso en el mismo árbol, es más largo y por lo tanto habrá un margen de maduración mucho más amplio. Es difícil obtener una muestra representativa. Pueden haber en el mismo árbol a la vez frutas completamente maduras y flores a la vez. La segunda es que hay tres especies de aguacate. Los que crecen en los subtrópicos son especies Mexicanas y Guatemaltecas o un cruce entre las dos. En los trópicos la especie de la India a menudo es más común, esta fruta tiene mucho más contenido de aceite, usualmente más del 8% cuando está completamente madura.

Azúcares

En la fruta climatérica los carbohidratos se acumulan durante la maduración en forma de almidón. A medida que la fruta madura, este almidón se convierte en azúcares. En las frutas no climatéricas el azúcar tiende a acumularse durante la maduración. En ambos casos se entiende que las medidas de azúcar en la fruta pueden ser una indicación de los estados de maduración de esa fruta. En la práctica los sólidos solubles que también se conocen como grados brix se miden en las muestras de jugos de las frutas. Usualmente los sólidos solubles que están en gran cantidad en los jugos son azúcares, entonces la medición del material soluble en el jugo de fruta puede dar una medida usualmente confiable en su contenido de azúcar. Esto se puede hacer con un hidrómetro brix o con un refractómetro. (Diapositiva/fotografía 4.7). Estos son métodos rápidos y fáciles para evaluar la maduración. Este factor es utilizado en varias partes del mundo para especificar la madurez en donde, por ejemplo, los melones Honeydew deben tener un mínimo contenido de sólidos solubles

de un 10% y en las uvas de un 12% a un 20% dependiendo de la especie. El contenido de sólidos solubles de una fruta también se puede medir iluminando con una luz directamente a la fruta u hortaliza y midiendo la cantidad que se transmite. La transmisión de luz infrarroja ha sido utilizada para medir el contenido de sólidos solubles en los melones cantalupo.

Almidón

La medición del contenido de almidón en una fruta en desarrollo como la pera ha dado un método confiable para valorar la madurez apta para la cosecha. El método involucra la toma de una muestra representativa de fruta extraída de un huerto a medida que la cosecha se aproxima. Estas frutas se cortan en dos y la superficie cortada se sumerge en una solución que contiene un 4% de yoduro de potasio y un 1% yodo metálico. La superficie cortada se manchará de un color negro-azul en los lugares en donde el almidón está presente. (Diapositiva/fotografía 4.8). Es posible que con el uso de plantillas de plexiglás marcadas con aros concéntricos, para así determinar el porcentaje de almidón en la pera. El almidón se convierte en azúcar a medida que el tiempo de cosecha se acerca. En Inglaterra, se toman muestras a mediados de Agosto, cuando toda la superficie de la fruta debe contener almidón y la cosecha se debe empezar cuando las muestras indiquen un 65 a 70% en la superficie cortada que tiene el color negro-azul. Algunos estudios que usaron esta técnica en la manzana dieron unos resultados confiables.

Acidez

La acidez de muchos tipos de frutas cambia a lo largo de su maduración. En los cítricos y en otras muchas frutas, la acidez se reduce progresivamente a medida que la fruta madura en el árbol. Al tomar muestras de estas frutas y extraerles el jugo y luego analizando un volumen contra una solución estándar alcalina da una medida que puede relacionarse con el tiempo óptimo de cosecha. Es importante medir la acidez analizando el volumen y no midiendo el pH de la fruta por la capacidad buffer que hay en los jugos de fruta. Normalmente la acidez no se toma como medida de maduración. Esta usualmente se relaciona con los sólidos solubles, y que tienen la relación de grados brix: promedio de acidez.

Gravedad específica

A medida que la fruta madura su gravedad específica aumenta. Este parámetro raramente se usa en la práctica para determinar cuando se debe cosechar un producto. Sin embargo, si se usa para clasificar los productos en diferentes grados de madurez en post-cosecha. Para hacer ésto la fruta u hortaliza se coloca en un tanque con agua y si flotan van a estar menos maduras que las que se hunden. Para dar más flexibilidad a la prueba y para que ésta sea más precisa puede utilizarse una solución de sal o azúcar en lugar de agua en el tanque. Esto cambia la densidad del líquido y como resultado las frutas u hortalizas que se hubiesen hundido en el agua, flotarían en la solución de sal o azúcar. La variedad de mangos Alphonso fue clasificada por medio de gravedad específica hasta el punto que si flotaban en el agua (gravedad específica <1.00), 2.5 de cloruro de sodio (gravedad específica mayor que 1.02) o 5% de cloruro de sodio (gravedad específica mayor que 1.04). Las frutas de gravedad específica 1.02 a 1.04 tenían el mejor sabor y textura en su maduración. Incrementado la gravedad específica se mejoró el color de la fruta, pero la incidencia de un tejido desordenado y esponjoso también incrementó. El daño por enfriamiento en un cuarto frío a 10°C ocurrió sólo con frutas de una gravedad específica de mayor que 1.02. Las especies Neelum y Bangalora mostraron unos resultados

inconsistentes cuando las frutas flotantes y las que se hundían se compararon con factores establecidos de calidad y madurez. Los índices estándar para juzgar la maduración de la fruta se encontraron siendo de una gravedad específica de más o menos 1.0 y la relación de sólidos solubles totales, promedio de acidez por encima de 12.0. Los estudios que se llevaron a cabo con el Haden mostraron que las frutas que tenían una gravedad específica entre 1.01 y 1.02 y un contenido de sacarosa de más de un 1.0% eran apropiadas para la recolección. Las frutas con una gravedad específica de 1.02% se maduraban más rápido, tuvieron una vida útil reducida y eran mejor para el consumo en fresco que las frutas con una gravedad específica de 1.01 y 1.02. Las frutas que tuvieron una gravedad específica por debajo del 1.0 generalmente tomaron más tiempo para madurar, tenían una vida útil más larga, una alta susceptibilidad a la infección y eran invariablemente de mala calidad así estuviesen en su forma fresca y procesada. Para las variedades de la India se sugirió que la clasificación por medio de gravedad específica era el método más confiable para estimar la madurez. La clasificación por medio de la flotación se ha sugerido para la variedad Carabao con las frutas que se sumergen en el agua consideradas como inmaduras. Otros trabajadores han definido la fruta como madura en el momento de la cosecha cuando un porcentaje específico no logran flotar en el agua, ejemplo: 15% Sensation y Zill o 53% para el durazno.

La gravedad específica fue utilizada como un índice para determinar la madurez del Dashehari. Estos investigadores determinaron que las frutas con una gravedad específica de 1.08 eran superiores para la producción de fruta tajada, pulpa y jugo.

Pruebas de vibración

El sonido que emite una fruta cuando se golpea con el dedo puede cambiar a través de sus procesos de maduración. Este método algunas veces es usado para examinar la fruta por el consumidor en la compra de la fruta. Frutas como los melones a los cuales se les puede golpear en el campo para determinar si están listos para cosecha. Este método también puede usarse en post-cosecha para determinar la madurez, como por ejemplo en las piñas. El principio de este método ha sido aplicado a unos equipos que le agregan energía a la fruta, así sea energía vibracional o energía sónica, y mide la respuesta de la fruta a esta perturbación. Aunque mucho de este trabajo está en un estado experimental, las buenas correlaciones se han encontrado que utilizan una segunda frecuencia resonante para determinar la madurez de la manzana, tomate, y aguacate. Se han utilizado audio-parlantes comerciales como excitadores vibracionales con una respuesta de la fruta (manzanas Mutsu y peras Nijitsu-seiki) medida con un calibrador controlado por un computador. Durante un almacenamiento de veinte días se encontró que los cambios de frecuencia resonante de 110 Hertz a 80 Hertz sugieren que el método si está midiendo algún cambio de calidad. Investigadores Británicos han comprobado que hay una relación entre la velocidad ultrasónica y la maduración del banano, como también en la maduración fisiológica de los aguacates y sugieren que ésto puede utilizarse para detectar las manchas cafés internas en la piñas.

Las vibraciones de baja frecuencia pueden usarse como medio para clasificar la firmeza de los arándanos y las uvas muscadine. Las frutas que están dentro de un margen dado de firmeza reaccionarán alejándose de la superficie vibrante y salen hacia un recolector.

Una técnica no destructiva basada en las características de vibración sónica fue desarrollada

para evaluar la firmeza de las peras y manzanas. La respuesta acústica de la fruta también fue utilizada por muchos investigadores como base para evaluar la firmeza de las frutas.

La calidad de textura de las manzanas y las sandías puede medirse basándose en la respuesta acústica de la fruta.

Propiedades eléctricas

Se han llevado a cabo algunos estudios que pasan corrientes eléctricas por la fruta. Algunas correlaciones se han mostrado entre las diferentes características de la fruta, algunas de las cuales están relacionadas con la maduración de la fruta y la manera como la corriente pasa por la fruta. Algunos investigadores Japoneses han mostrado una diferencia en las propiedades eléctricas entre la fruta fresca y aquellas que se pudrieron o se dañaron físicamente. Se mostró que la capacitación de células deterioradas se incrementó mientras que la resistencia declinó, y por lo tanto estas medidas pudieron ser usadas para determinar la frescura o edad de la fruta. Se ha encontrado que las propiedades dieléctricas (resistencia y conductividad) de los duraznos cambió con la maduración de la fruta. A 500 Hertz la constante dieléctrica de duraznos verdes fue de 550, mientras que para los maduros fue de 150. A 5000 Hertz las constantes fueron de 300 y 100 respectivamente. En la sandía la resistencia eléctrica específica parecía disminuir al incrementarse el contenido de azúcar. En un trabajo que se hizo con los melones honeydew se encontró que no había una relación significativa entre la conductividad, las pérdidas de turgencia, de firmeza, de peso y el contenido de azúcar. Estas propiedades eléctricas se aplican extensivamente en la medición de contenido de humedad en los productos de baja humedad, pero no hay publicaciones que indiquen que el método ha sido lo suficientemente desarrollado para usarse en la determinación de maduración de frutas y hortalizas.

Métodos electromagnéticos

La resonancia magnética nuclear se ha correlacionado bien con el contenido de azúcar de los bananos y las manzanas y con el contenido de aceite en los aguacates.

Radiación

Los rayos X y gama han sido utilizados para valorar las características de calidad y madurez del producto en fresco. Un cosechador de lechuga utilizaba los rayos X para determinar qué cabezas estaban lo suficientemente maduras para recolectar. Los rayos gama pueden ser utilizados con el mismo propósito. La base de estas pruebas depende del promedio de transmisión de rayos que pasan por la lechuga ya que esto depende de la densidad de la cabeza la cual se incrementa a medida que la lechuga madure. Los rayos X también pueden ser utilizados para detectar desórdenes internos de los cultivos como es el caso de la papa con corazón hueco, hendiduras en los duraznos y granulaciones en las naranjas.

Métodos fisiológicos

Para las frutas que pasan por un pico máximo climatérico de respiración durante la maduración, podría ser posible examinar la fruta, mantenerla bajo una temperatura relativamente alta y medir su promedio de respiración. Al hacer esto se puede posiblemente predecir el número de días que la fruta necesitaba si se hubiera dejado en el árbol para comenzar el pico climatérico. El porcentaje de respiración se calcula midiendo la salida de gases de la fruta como el dióxido de carbono, etileno u otros compuestos orgánicos volátiles

asociados con la maduración o con su absorción de oxígeno. Sin embargo hay problemas en la aplicación de este método cuando se lleva a la práctica ya que se encuentra que en las manzanas estudiadas (Cortl and Delicious, Golden Delicious y McIntosh) no hubo un punto definitivo en la curva climatérica asociada con la fecha de cosecha.

Reflejo cercano infrarrojo (RCI)

El RCI puede utilizarse para medir el contenido de humedad usando diodos que emiten luz. El RCI ha sido estudiado en relación con la medición de las calidades internas de la fruta. La medición con RCI se logró utilizando un modelo espectrofotómetro infrarrojo cercano Nireco 6500, colocando la superficie de la fruta de tal forma que el destello de luz en la superficie estuviese en ángulo recto a la superficie de la fruta y cubierta con un trapo para evitar alguna influencia de luz externa. Cuatro lugares en la zona ecuatorial de la fruta se seleccionaron y el destello RCI fue irradiado a intervalos de 2 ns. desde 400 nm. hasta 2500 nm. a la fruta y se midió el promedio de absorbancia. Se midió firmeza, acidez y contenido de sólidos solubles de la fruta inmediatamente después en la misma fruta se pudieron ver unas correlaciones adecuadas entre las medidas RCI y el contenido de sólidos solubles para ambos, los mangos (coeficiente de regresión múltiple de 0.954) y las piñas (coeficiente de regresión Múltiple de 0.825). Los resultados de acidez y firmeza también fueron buenos en el caso de los mangos los cuales tuvieron un coeficiente de regresión múltiple de 0.856 para la acidez y 0.949 para firmeza de la fruta sin pelar y 0.920 para la fruta pelada. Para las piñas el coeficiente de regresión múltiple fue de 0.86 para la acidez y 0.460 para la firmeza de fruta no pelada y 0.568 para la fruta pelada.

La determinación del contenido de azúcar en los duraznos intactos se pudo lograr a través de espectroscopio RCI con fibras ópticas de modo interactivo. Basado en la información espectral RCI y la información química de los valores Brix, se pudo demostrar que hubo alta correlación entre los valores RCI y grados Brix. También hubo información que demostró una buena correlación entre contenido de azúcar y la transmisión RCI en las satsumas. En esta investigación, la transmisión RCI fue utilizada porque era muy difícil usar el método de interacción para determinar la composición de frutas como la mandarina satsuma las cuales tienen una cáscara gruesa.

4.7 PRACTICA: INSTRUMENTOS Y METODOLOGIA PARA EVALUAR LA MADURACION O EL GRADO DE DESARROLLO DE FRUTAS, HORTALIZAS Y TUBERCULOS

4.7.1 CAMBIOS VISUALES COMO INDICE DE MADUREZ

El cambio visual más utilizado como índice de madurez es el cambio de color en corteza, pulpa y semillas.

Color de las semillas (manzanas, peras)

La coloración de las semillas informa sobre la madurez del fruto. La observación debe efectuarse en la cosecha; en efecto, la coloración de las semillas continúa evolucionando luego de la recolección. En general, las semillas de un fruto inmaduro son blanco lechosos, los de un fruto totalmente maduro son pardos sobre toda la superficie. Algunas investigaciones muestran que cuando las semillas están coloreadas : de su superficie, los frutos tienen un nivel de maduración que les permite expresar su potencial de calidad gustativa y están con características óptimas para una conservación por largos períodos.

Color de la epidermis

El color de la epidermis de un fruto puede apreciarse de varias formas:

- Por referencia a una clasificación creada por el interesado
 - Por referencia a un código estándar de color
 - Por medida analítica del color
- Ejemplo: la clasificación de albaricoques en grupos de color
- Verde
 - Verde-amarillento
 - Amarillo
 - Amarillo-naranja
 - Naranja.

Con este método, es importante no hacer muchos grupos (máximo 5). Los grupos deben ser bien diferenciados.

Crear una serie patrón con frutos de cada tipo para permitir una comparación visual. Esta serie patrón se puede desarrollar con un máximo de 7 colores así:

- Color de fruto ligeramente antes de iniciar su maduración (vicheó Biche)
- Color de fruto verde pero está en capacidad de desarrollar su maduración si es climatérico
- Color de fruto entre verde y pintón inicia cambios de coloración
- Color de fruto pintón
- Color de fruto entre verde y maduro casi pierde sus tonos verdes
- Color de fruto maduro
- Color de fruto sobre-maduro.

Esta serie de patrones pueden fotografiarse para referirse a ellos posteriormente (lugares diferentes, otros lotes, cosecha siguiente, etc.). En la fotografía hay que cuidar que la película

y la calidad de la luz sean correctas en cuanto intensidad y temperatura de color, que las frutas escogidas realmente sean representativas de la forma, el color, y la secuencia de cambio, la nitidez de la fotografía debe permitir apreciar los detalles del producto.

- Es de gran utilidad si en la fotografía además del color externo se incluye el color interno y la prueba de yodo
- Las medidas de toda la serie deben ser efectuadas por una sola persona
- Por referencia a un código estándar de color. Se basa en “cartas colorimétricas” específicas del producto. Ejemplo: carta de color Golden (INRA), Munsell, etc.
- Los colores pueden degradarse con la luz, es importante proteger la carta de la luz cuando no se está usando.

En frutos de coloración heterogénea, es importante precisar la zona donde se hizo la medida. En el caso de frutos que presentan un rango de colores, la medida se hace sobre la cara menos coloreada con el fin de tener la coloración “de fondo” y no una sobrecoloración que a menudo es muy variable (golpe de sol, huella de hoja, etc.). Puede hacerse igualmente la medida sobre cada cara de la fruta, pero la interpretación no es siempre fácil y el promedio obtenido no tiene un significado fisiológico simple.

- Por medida analítica del color:
Este método utiliza un colorímetro que analiza la distribución espectral del color. Los resultados pueden expresarse de varias formas: dando los valores de las longitudes de onda, característicos del espectro utilizando uno de los sistemas internacionales (LCH)
- El sistema Lab parece ser el más interesante y existen numerosos materiales disponibles que utilizan ese modo de expresión
- El color se define en este sistema por su “intensidad” (L) y por sus coordenadas en un plano de colores definido por dos ejes:
 - Eje (a) que va del verde al rojo
 - Eje (b) que va del azul al amarillo
- La variante LCH consiste en expresar la posición del punto por su distancia al centro (c) y el ángulo con el eje a (H)
- En frutos cuyo color es a menudo heterogéneo, conviene tomar la medida sobre la cara menos coloreada para medir el “color de fondo”
- En ciertos casos, puede ser por el contrario más interesante medir el color de la cara más coloreada
- También se puede, aunque sea más largo, hacer medidas sobre las 4 “caras” del fruto para obtener un valor promedio. No existe actualmente ningún equipo que mida el color de la superficie total del fruto
- Es importante precisar la forma como se hace la medida (cara, número de medidas, etc).

4.7.2 MEDICION DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA

La gravedad específica se puede considerar como un índice de cosecha por la relación tan estrecha que existe con los cambios en la maduración.

La gravedad específica es la relación entre el peso de un cuerpo y el peso del agua que ocupa el mismo volumen del cuerpo.

Se calcula pesando el cuerpo en el aire y se relaciona con el peso del agua desplazada por mismo cuerpo. El peso del agua se puede calcular como la diferencia entre el peso del cuerpo en el aire y el peso del cuerpo en el agua.

$$G.E. = W_{\text{cuerpo}} / W_{\text{agua}}$$

$$G.E. = W_{\text{cuerpo}} / (W_{\text{cuerpo}} - P_{\text{agua}})$$

Donde :

W_{cuerpo} = Peso del cuerpo

W_{agua} = Peso del agua

P_{agua} = Peso del cuerpo en el agua

G.E. = Gravedad Específica

Materiales

- Balanza
- Beaker 500mL
- Alambre delgado
- Soporte
- Mesa en **n**

4.7.3 MEDICION DE MATERIAL SECO

La materia seca o contenido total de sólidos es una característica importante en productos como la papa y algunos productos elaborados. El rendimiento del producto depende directamente del contenido de materia seca que se puede medir a la hora de comprar la cosecha, con un ajuste de precio correspondiente. Se puede medir directamente el peso seco de una muestra, mediante la deshidratación del producto en un horno de secado hasta llegar a un peso constante.

$$M.S. (\%) = (W_{\text{cuerpo}} / W_{\text{inicial}})100$$

Donde:

W_{cuerpo} = Peso seco

W_{inicial} = Peso inicial

M.S. = Materia Seca

Materiales

- Balanza
- Cuchillo
- Caja de petri
- Horno de secado.

Para un producto y variedad específica se puede correlacionar el peso seco con la gravedad específica (G.E.). Esta medida se obtiene más rápidamente que el peso seco por deshidratación y se compara en una tabla de calibración establecida entre gravedad

específica y peso seco, también se halla el valor del peso seco con la aplicación de la fórmula de regresión de la tabla de calibración para el intervalo establecida.

Para papa tenemos la siguiente ecuación aplicable en el intervalo:

$$1.010 \text{ G.E.} < 1.100$$

$$\text{M.S. (\%)} = e^{\text{SUP} \{(\text{G.E.} \times 12.4445 - 83.9528)\}}$$

Donde:

G.E. = Gravedad específica
e = Base logaritmo natural
M.S. = Materia seca

Relación para otros tubérculos y raíces como la yuca son similares pero no idénticos.

Relación entre la gravedad específica y el contenido de materia seca en papa

G.E	M.S (%)	G.E	M.S (%)	G.E	M.S (%)
1010	8.60	1035	11.10	1035	11.10
1011	8.70	1036	11.20	1036	11.20
1012	8.80	1037	11.30	1037	11.30
1013	8.90	1038	11.40	1038	11.40
1014	9.00	1039	11.60	1039	11.60
1015	9.10	1040	11.80	1040	11.80
1016	9.20	1041	12.00	1041	12.00
1017	9.30	1042	12.20	1042	12.20
1018	9.40	1043	12.40	1043	12.40
1019	9.50	1044	12.60	1044	12.60
1020	9.60	1045	12.80	1045	12.80
1021	9.70	1046	12.80	1046	12.80
1022	9.80	1047	13.00	1047	13.00
1023	9.90	1048	13.20	1048	13.20
1024	10.00	1049	13.40	1049	13.40
1025	10.10	1050	13.60	1050	13.60
1026	10.20	1051	13.80	1051	13.80
1027	10.30	1052	14.00	1052	14.00
1028	10.40	1053	14.20	1053	14.20
1029	10.50	1054	14.40	1054	14.40
1030	10.60	1055	14.60	1055	14.60
1031	10.70	1056	14.80	1056	14.80
1032	10.80	1057	15.00	1057	15.00
1033	10.90	1058	15.20	1058	15.20
1034	11.00	1059	15.40	1059	15.40

4.7.4 PRACTICA: MEDICION DE LA GRAVEDAD ESPECIFICA

Objetivo:

Medir la gravedad específica de diferentes frutas.

Procedimiento:

Para medir la gravedad específica de diferentes frutas nos dividimos en grupos y luego compartimos la experiencia.

Grupo.1. Mide la gravedad específica del mango

Grupo.2. Mide la gravedad específica de la papa

- Armar el montaje para la medición de gravedad específica
- Sobre la balanza se coloca el soporte
- En el soporte se coloca la pinza para bureta y de ella se sujeta el cabo de la aguja
- Sobre la balanza y la base del soporte se coloca la mesa en n
- De tal forma que no impida la medición del peso de las frutas clavadas en la aguja que está en el soporte
- Una vez tarado el montaje se clava la papa o el mango en la aguja
- Anotar esta medida, que es la del producto en el aire. (W_{cuerpo})
- Ahora se coloca el beaker de 500ml sobre la mesa en n
- Ayudados con la pinza para bureta y el cabo de la aguja colocamos la papa o el mango en el interior del beaker, hasta que quede completamente sumergido, sin sumergir ni la aguja saliente ni el cabo de ella,
- Anotar esta medida, correspondiente al peso del producto sumergido en el agua. (P_{agua}).

Hacer los cálculos

$$G.E. = W_{\text{cuerpo}} / W_{\text{agua}}$$

$$G.E. = W_{\text{cuerpo}} / (W_{\text{cuerpo}} - P_{\text{agua}})$$

Donde:

W_{cuerpo} = Peso del cuerpo en el aire
 W_{agua} = Peso del agua
 P_{agua} = Peso del cuerpo en el agua
 $G.E.$ = Gravedad Específica

Materiales, Equipos y Reactivos.

- 2 Papas pastusas por grupo.
- 2 Papas pastusas inmaduras o de otra variedad por grupo
- 2 Mangos viches pequeños por grupo
- 2 Mangos maduros pequeños por grupo
- 1 Balanza 5 Kg, 0.1g.
- 1 Soporte universal de base angosta y de peso inferior a 3 Kg.

- 1 Mesa tipo n para colocar sobre la balanza
- 1 Beaker 500 ml
- 1 Pinza sencilla para bureta
- 1 Aguja encabada en madera cilíndrica de 1cm de diámetro por 20 cm de largo.

4.7.5 PRACTICA: MEDICION DEL PESO SECO

Objetivo:

Medir el contenido de materia seca de la papa por secado en horno y correlacionar su gravedad específica.

Procedimiento:

- Pesar las papas (Ensayo 1.) y las papas inmaduras de igual variedad (Ensayo 2.) (W_{inicial})
- Medir la gravedad específica de cada papa promediar entre las pastusas y las entre las inmaduras
- Hacer los cálculos.

$$G.E. = W_{\text{cuerpo}} / W_{\text{agua}}$$

$$G.E. = W_{\text{cuerpo}} / (W_{\text{cuerpo}} - P_{\text{agua}})$$

Donde:

W_{cuerpo} = W_{inicial} = Peso del cuerpo en el aire
 W_{agua} = Peso del agua
 P_{agua} = Peso del cuerpo en el agua
 $G.E.$ = Gravedad Específica

- Traer para cada ensayo una bandeja de papel aluminio de 30 x 30 cm aproximadamente.
- Tomar las papas de cada ensayo, córtelas en rodajas de 1mm de espesor aproximadamente, colóquelas en la bandeja previamente tarada
- Coloque la bandeja con las papas en el horno de secado a una temperatura de 85°C.
- A la 24 horas pese la bandeja y luego cada 12 horas hasta peso constante, descontamos la tara y obtenemos el peso seco (W_{cuerpo})
- Hacer los cálculos.

$$M.S. (\%) = (W_{\text{cuerpo}} / W_{\text{inicial}})$$

Donde:

W_{cuerpo} = Peso seco
 W_{inicial} = Peso inicial
 $M.S.$ = Materia Seca

Materiales, Equipos y Reactivos

- 2 Papas por grupo
- 2 Papas inmaduras de igual variedad por grupo

- 1 Balanza 5 Kg, 0.1gr.
- Soporte universal de base angosta y de peso inferior a 3 Kg.
- 1 Mesa tipo n para colocar sobre la balanza
- 1 Beaker 500 ml
- 1 Pinza sencilla para bureta
- 1 Aguja encabada en madera cilíndrica de 1cm de diámetro por 20 cm de largo
- 1 Bandeja de papel aluminio por ensayo.
- 1 Cuchillo
- 1 Horno de secado

Analizar la correlación que existe entre el contenido de materia seca y la gravedad específica. Aplicar la Tabla o la ecuación partiendo de la valor de la gravedad específica aplicable en el intervalo :

$$1.010 < G.E. < 1.100$$

$$M. S. (\%) = e^{SUP \{(G.E. \times 12.4445 - 83.9528)\}}$$

Donde:

G.E. = Gravedad específica
e = Base logaritmo natural
M.S. = Materia seca

4.7.6 PRACTICA: ENSAYO O TEST DE IODO (YODO)

Objetivo:

Visualizar la presencia de almidón en diferentes frutas, hortalizas y tubérculos a través de su reacción con el yodo.

Observar su variación con el desarrollo de la maduración en frutas.

Procedimiento:

- Preparar con 24 horas de anticipación la solución al 0.6% de yodo metálico resublimado (I) y 1.2% de yoduro de potasio (IK). Esto es para un litro de agua 24.0 gramos de yodo metálico y 48.0 gramos de yoduro de potasio
- Cortar una rodaja de 5 mm de una papa, una yuca, un plátano verde, un plátano maduro y uno viche
- Anotar su aspecto y color interno
- Colocar en un plato la solución I -IK (o en un atomizador)
- Sumergir en la solución I - IK durante 5 - 10 segundos. (o atomizar con la solución por una sola cara)
- Esperar un minuto
- Observar el resultado
- Anotar los cambios de color
- Seleccionar una pitaya verde, una pintona y una madura (puede ser , tomate de árbol,

manzana de la región, etc.)

- Hacer corte longitudinal o transversal en la zona ecuatorial según el fruto (transversal para manzana, longitudinal para pitaya, mango, tomate de árbol)
- Anotar su aspecto y color interno
- Sumergir en la solución I - IK durante 5 - 10 segundos. (o atomizar con la solución la pulpa)
- Anotar los cambios de color.

Materiales, Equipos y Reactivos por grupo

- 1 Papa
- 1 Yuca
- 1 Plátano verde
- 1 Plátano maduro
- 1 Mango viche
- 1 Mango maduro
- 1 Pitaya verde (o , tomate de árbol, manzana de la región, etc.)
- 1 Pitaya pintona (o , tomate de árbol, manzana de la región, etc.)
- 1 Pitaya madura (o , tomate de árbol, manzana de la región, etc.)
- Balanza
- Atomizador
- Erlenmeyer ámbar o rojo con tapa
- Espátula mediana
- Cuchillo
- Caja de petri o plato pando
- Yodo metálico
- Yoduro de potasio
- Agua destilada.

4.7.7 PRACTICA: MEDICION DE LA CONSISTENCIA

Objetivo:

- Medir la consistencia o firmeza de diferentes frutas mediante el uso de los penetrómetros
- Observar su variación con el desarrollo de la maduración en frutas.

Procedimiento:

(Ensayo A)

- Armar los penetrómetros con las puntas de 1cm+2, colóquelo en cero
- Tomar 3 o 4 frutos de similar estado de maduración (tomate de árbol, manzanas, mangos, feijoas, etc.)
- Anotar su aspecto y color externo
- Con un cuchillo elimine la corteza de la zona media o ecuatorial y de menor coloración

de cada uno de los 3 o 4 frutos (corte de 2 a 3 cm de diámetro)

- Coja el fruto con la mano izquierda, apóyela sobre la mesa de trabajo; con la mano derecha tome el penetrómetro (póngalo en cero, coloque la punta del penetrómetro en el centro de la pulpa descubierta anteriormente)
- Ejercer presión uniforme con el penetrómetro sobre el fruto, hasta que la pulpa se rompa y permita la entrada de la punta
- Realice la medida
- Si la pulpa no se rompe cambie la punta del penetrómetro a una menor (0.5cm + 2), o cambiar de penetrómetro y repetir las lecturas con frutas diferentes a las ya perforadas
- Promediar los resultados por producto.

(Ensayo B).

- Seleccionar tres tomates de árbol verdes, tres pintones y tres maduros (puede ser lulo, aguacate, mango, manzana de la región, etc.)
- Proceder para cada fruta como en el ensayo anterior (Ensayo 1.)
- Promediar los resultados por grado de madurez.

Materiales, Equipos y Reactivos

- 3 - 4 Frutos de similar estado de maduración (tomate de árbol, manzanas, mangos, feijoas, etc.)
- 3 - 4 Tomates de árbol verdes (o lulo, aguacate, manzana de la región, etc.)
- 3 - 4 Tomates de árbol pintones (o lulo, aguacate, manzana de la región, etc.)
- 3 - 4 Tomates de árbol maduros (o lulo, aguacate, manzana de la región, etc.)
- Cuchillo.

4.7.8 PRACTICA: MEDICION DE LA ACIDEZ y pH

Objetivo:

- Medir el pH de diferentes frutas mediante el uso de potenciómetros
- Medir la acidez de diferentes frutas por titulación, hacer sus cálculos y conversiones
- Relacionar con el grado de madurez.

Procedimiento:

(Ensayo A).

- Armar el potenciómetro (conectar el electrodo y colocarlo en su respectivo soporte)
- Identificar de qué tipo de potenciómetro es para proceder con su calibración
- Medir la temperatura de las sustancias a trabajar (tampones y luego zumos)
- La compensación de temperatura del aparato de medición debe ser ajustada a la temperatura de la sustancia a medir
- Calibrar según instrucciones
- Tomar 3 o 4 frutos de similar estado de maduración (limas Tahití, naranja Valencia, tangelo, tomate de árbol, moras, etc.)
- Anotar su aspecto y coloración
- Extraer el zumo de las 3 o 4 frutas, mezclar, homogeneizar y colar

- Enjuagar el electrodo ya calibrado con agua destilada
- Sumergir el electrodo en una cantidad suficiente de la sustancia a medir. De ninguna manera se debe arrastrar solución tampón de calibración con el electrodo a la sustancia a medir, ya que esta puede conducir a graves errores de medición. La profundidad a la cual se debe sumergir el electrodo es la misma que está descrita en el proceso de calibración
- Después de un tiempo de espera, cuando ya no varía el pH, se hace la medición del pH.

(Ensayo B)

- Seleccionar tres tomates de árbol verdes, tres pintones y tres maduros (puede ser lulo, mora, naranjas, etc.)
- Proceder para cada fruta como en el ensayo anterior (Ensayo A.). Hacer los zumos y medir pH.

(Ensayo C)

- Armar el montaje para la medición de la acidez
- Colocar la bureta en un soporte universal, con pinza para bureta
- Colocar debajo de la bureta el agitar magnético
- Llenar la bureta con soda mantenerla en cero. (Si es digital basta con oprimir un botón)
- Tomar 10 mL de jugo filtrado y homogeneizado
- Colocar en un Erlenmeyer de 150 ml, colocar la barra magnética
- Colocar el electrodo del potenciómetro en el jugo, y/o verter en el jugo 3 o 4 gotas de fenoftaleína (1% solución alcohólica)
- Añadir agua destilada hasta recubrir enteramente la cabeza y el poro del electrodo (ver esquema)
- Verter la solución de soda gota a gota hasta llegar a pH 8.2 o hasta observar el cambio rosado/naranja
- Hacer los cálculos
- El número de mililitros de solución decimonormal utilizado corresponde a la acidez, la cual puede expresarse de varias formas.

En g/l del ácido orgánico dominante, en ese caso, se multiplica el número de ml (B) de solución decimonormal por los coeficientes siguientes :

ácido málico: $B \times 0.67$
ácido cítrico: $B \times 0.64$
ácido tartárico: $B \times 0.75 w$

Estos coeficientes se obtienen teniendo en cuenta el peso molecular de cada ácido y su Valencia.

$$\text{Acidez (\%)} = B * N * E * 100 / W$$

Donde:

B = mL de NaOH
N = normalidad de NaOH

E = peso equivalente del ácido

W = peso muestra en mg o mL

En miliequivalentes por 100; en este caso, se multiplica el número de mL de solución decimonormal por 10

$$\text{Acidez (meq/100 mL)} = B * N * 100 / W$$

Nota:

Para valorar la soda (NaOH) se utiliza biftalato de sodio (pesar 0.20422 g para un gasto teórico de 10 mL de NaOH 0,1 N)

(Ensayo C.2.)

- Para los zumos de la selección anterior de tres tomates de árbol verdes, tres pintones y tres maduros (que puede ser lulo, mora, naranjas, etc.)
- Proceder para cada zumo como en el ensayo anterior (Ensayo P8.B.1.). (medir acidez).

Materiales, Equipos y Reactivos por grupo

- 3 - 4 Frutos de similar estado de maduración (limas Tahití, naranja Valencia, tangelo, tomate de árbol, moras, etc.)
- 3 - 4 Tomates de árbol verdes (o lulo, mora, naranjas, etc.)
- 3 - 4 Tomates de árbol pintones (o lulo, mora, naranjas, etc.)
- 3 - 4 Tomates de árbol maduros (o lulo, mora, naranjas, etc.)
- 1 Potenciómetro (pH (r) metro) y Electrodo
- 1 Termómetro
- Tampón pH 7.0 ó pH 6.87
- Tampón pH 4.0
- Agua destilada
- 1 Cuchillo, 1 Exprimidor, 1 Colador
- 1 Balanza
- 1 Bureta de vidrio ó digital (25 ó 50 ml)
- 1 Agitador magnético, barra magnética
- Soportes, nueces, pinzas
- 2 Pipetas volumétricas de 5 ó 10 ml
- 4 Erlenmeyers 250 ml
- 4 Beakers 300 ml
- NaOH 0.1 N
- Fenolftaleína 1% solución alcohólica.

4.7.9 PRACTICA: MEDICION DE LOS SOLIDOS SOLUBLES TOTALES

Objetivo:

- Medir los sólidos solubles totales de diferentes frutas mediante el uso del refractómetro. Hacer sus correcciones

- Relacionar con el grado de madurez.

Procedimiento:

(Ensayo A.1)

- Medir la temperatura de las sustancias a trabajar (tampones y luego zumos)
- La compensación de temperatura del aparato de medición debe ser ajustada a la temperatura de la sustancia a medir
- Tomar 3 o 4 frutos de similar estado de maduración (limas Tahití, naranja Valencia, tangelo, tomate de árbol, moras, etc.)
- Anote su aspecto y coloración
- Extraer el zumo de las 3 o 4 frutas, mezclar, homogeneizar y colar o filtrar
- Colocar algunas gotas de jugo sobre el prisma del refractómetro
- Colocar el aparato frente a una fuente de luz
- La lectura se hace sobre la escala del ocular, en el punto de intersección de las zonas clara y oscura o directamente en refractómetros digitales
- Después de cada medida el prisma se limpia con algodón y agua destilada. Para algunos refractómetros digitales no se deben mojar ciertas partes, ver su manual
- Si el refractómetro no corrige automáticamente la temperatura utilizar la tabla de corrección.

Para frutas ácidas es indispensable hacer la corrección por acidez así:

$$\text{S.S.T. corregidos} = \text{S.S.T.} + (\text{ACIDEZ meg} * 0.0118)$$

(Ensayo B.1)

- Seleccionar tres lulos verdes, tres pintones y tres maduros (puede ser tomate de árbol, mora, limas, naranjas, pitayas, etc.)
- Proceder para cada fruta como en el ensayo anterior (Ensayo A.1). Hacer los zumos y medir los sólidos solubles totales
- Recuerde, el refractómetro debe permanecer limpio y seco.

Materiales, Equipos y Reactivos por grupo

- 3 - 4 Frutos de similar estado de maduración (limas Tahití, naranja Valencia, tangelo, tomate de árbol, moras, etc.)
- 3 - 4 Lulos verdes (o tomate de árbol, mora, limas, naranjas, pitayas, etc.)
- 3 - 4 Lulos pintones (o tomate de árbol, mora, limas, naranjas, pitayas, etc.)
- 3 - 4 Lulos maduros (o tomate de árbol, mora, limas, naranjas, pitayas, etc.)
- 1 Refractómetro
- 1 Termómetro
- 1 Exprimidor,
- 1 Colador
- Agua destilada
- Algodón ó toallas de papel.

Corrección del índice refractométrico con la temperatura calibrados a 20°C

Temperatura °C	Contenido en materia seca por 100g		
	10	15	20
8	0.6	0.6	0.7
9	0.5	0.6	0.6
10	0.5	0.5	0.6
11	0.5	0.5	0.5
12	0.5	0.4	0.5
13	0.4	0.4	0.4
14	0.3	0.3	0.3
15	0.3	0.3	0.3
16	0.2	0.2	0.2
17	0.2	0.2	0.2
18	0.1	0.1	0.1
19	0.1	0.1	0.1
20	0.0	0.0	0.0
21	0.1	0.1	0.1
22	0.1	0.1	0.1
23	0.2	0.2	0.2
24	0.3	0.3	0.3
25	0.3	0.4	0.4
26	0.4	0.4	0.5
27	0.5	0.5	0.6
28	0.6	0.6	0.6
29	0.6	0.7	0.7
30	0.8	0.8	0.8
31	0.8	0.9	0.9
32	0.9	1.0	1.0
33	1.0	1.1	1.1
34	1.1	1.2	1.2

CAPITULO V

METODOS DE MANEJO Y COSECHA

Objetivo de la capacitación:

- Describir los diferentes métodos que pueden ser utilizados para remover la fruta y/o la hortaliza de su planta madre y transportarlas del campo.

Objetivos del aprendizaje:

- Evaluar las ventajas y desventajas de la cosecha manual y mecánica de las frutas y las hortalizas
- Poder comparar los diferentes métodos utilizados y las tecnologías que hoy están disponibles y qué tan apropiadas son para los diferentes sistemas agrícolas.

Temas a considerar:

- Daños post-cosecha
- Cosecha manual de frutas
- Cosecha manual de hortalizas
- Cosecha mecánica de hortalizas
- Retiro de las frutas y hortalizas del campo.

CAPITULO V

METODOS DE MANEJO Y COSECHA

Las formas en que los productos se separan de su planta madre y son retirados del campo depende de los siguientes factores:

- La fragilidad de la planta y fruto
- La importancia de la agilidad de manejo durante e inmediatamente después de la cosecha
- La economía de la mano de obra para la operación
- La necesidad de que el método de cosecha cumpla con los requerimientos del mercado.

Cuando estas operaciones no se llevan a cabo con el suficiente cuidado y atención, se le puede hacer un daño al cultivo que puede tener repercusiones durante las operaciones de almacenamiento y mercadeo. Como son:

- El acortamiento del potencial máximo de la vida útil del cultivo debido a un respiración incrementada o biosíntesis de etileno
- El incremento de infecciones que entran por las áreas dañadas
- Los posibles incrementos en desórdenes fisiológicos.

Los tipos de herida que se le pueden causar a una fruta incluyen cortadas, cuando un producto entra en contacto con un objeto punzante, y magulladuras que se pueden causar por compresión, impacto o vibración.

5.1 DAÑOS POST-COSECHA

5.1.1 DAÑOS POR COMPRESION

Cuando la presión que soporta el producto está por encima del nivel máximo o umbral, éste puede ser lastimado. Este daño también puede ser una función del tiempo, especialmente cuando la presión está cerca al umbral. Otro daño podría darse como resultado del exceso de frutas en una caja y luego apilarlas en donde las cajas inferiores soportan el peso de cajas superiores. Este dilema también se presenta en los almacenamientos en bultos en los cuales las capas inferiores de la papa y la cebollas se ven perjudicadas. Con muchas especies pueden haber diferencias entre las variedades con respecto a la susceptibilidad al daño por compresión. Los daños por compresión también pueden estar relacionados al contenido de la humedad, entre más alto sea el contenido de humedad mayor es la susceptibilidad, lo que se puede relacionar con los efectos culturales de la pre-cosecha. Para superar este problema podrá ser necesario rediseñar cajas que aseguren que éstas no sean sobrellenadas. En frutos que se almacenan en bulto o a granel se puede aceptar un cierto nivel de daños por compresión y así se maximiza la capacidad de los almacenamientos por razones económicas.

5.1.2 DAÑOS POR IMPACTO

Estos ocurre ya sea porque el fruto sufra una caída o algo lo golpee. El daño puede ser obvio en la superficie del fruto como también en su interior. El ennegrecimiento interno de

la papa es una forma común que se presenta con este último ejemplo. Aún cuando el fruto se protege dentro de una caja de cartón, los daños por impacto se pueden presentar si la caja se deja caer o hay un exceso de carga en la caja. Un estudio que se llevó a cabo con bulbos de cebolla demostró que si éstos se caían sobre una superficie dura éstos se podían dañar incluso con una caída de sólo unos 30 cm. de altura. En un estudio acerca del manejo del ñame se demostró que al someter el tubérculo a impactos que se experimentaban comúnmente durante su manejo esto dió como resultado pérdidas durante el almacenamiento. Para evitar los daños por impacto los frutos deben ser manejados con mucho cuidado; particularmente cuando es el caso de cosecha y manejo mecánico. Se deben utilizar acolchados y canales para amortiguar la caída del fruto y estas mismas distancias deben mantenerse lo más cortas posible.

5.1.3 DAÑOS POR VIBRACION

Suceden cuando el fruto es transportado, especialmente en camiones. Se presenta mucho cuando el producto es empacado a granel en el camión o en cajas ya que en gran parte es el resultado del movimiento e impacto del fruto entre sí o contra las paredes del camión o la caja. Esto puede dar como resultado un incremento en la tasa de respiración del fruto como también daños en su superficie. Para minimizar el efecto se necesita empacar el fruto de tal forma que quede ajustado para reducir su movimiento. Hay equipo disponible en las empacadoras para el “empaquete-ajustado” en las cajas. Divisiones internas pueden ser usadas en los productos clasificados por tamaño para reducir los impactos mutuos.

5.2 OPERACIONES DE COSECHA

La mayoría de las frutas y hortalizas se cosechan manualmente especialmente si van para el mercado en fresco. Un promedio que se llevó a cabo en los EE.UU. mostró el siguiente porcentaje de las frutas y hortalizas que eran cosechadas mecánicamente:

	Frutas	Hortalizas
Para el mercado en fresco	1%	26%
Para procesamiento	38%	58%

La aceptación de la cosecha mecánica es afectada por:

- Los efectos del daño físico en la hortaliza y/o fruta
- Variabilidad en la maduración de la hortaliza y/o fruta
- Dificultades asociadas con el retiro de la fruta de la planta
- Daño a la planta al removerle las hojas y ramas con la fruta.

Algunas variedades específicas de algunos cultivos han sido desarrolladas para la cosecha mecánica. Un ejemplo de esto es la col de Bruselas en la cual todos los botones se maduran al mismo tiempo.

La cosecha mecánica invariablemente involucra un incremento en el daño que se le hace al fruto, ejemplo: para la papa:

Daño severo

Arado y recolección manual	6%
Hilado y recolección manual	9%
Cavadora elevada y recolección manual	15%
Cosecha completa	21%

(Diapositivas/fotografías 5.1 a 5.5)

5.2.1 COSECHA DE FRUTAS

Cosecha manual de la fruta

Para las frutas blandas como la fresa y la frambuesa que se dan en plantas bajas, la cosecha se lleva a cabo simplemente retirándolas de la planta y colocándolas en un recipiente apropiado. Este recipiente puede ser la caja o canastilla en la cual se introduce la fruta para luego ser llevada directamente al mercado o también pueden ser colocadas en un recipiente que se lleva al centro de empaque para clasificación y traslado al empaque para consumidor. Una bolsa apta para la mano puede ayudar en la aceleración de la recolección y reduce el daño de estas frutas delicadas. Las frutas que se producen en el árbol, como la manzana, mango, cítricos y aguacates son más difíciles para cosechar. Tradicionalmente el cosechador lleva una escalera y la utiliza para alcanzar la fruta. Esto consume mucho tiempo, pero ya se han desarrollado varias formas para acelerar esta operación. Una pértiga con una bolsa en su extremo junto con algún artefacto para cortar o quebrar el tallo de la fruta es comúnmente usado. Plataformas de recolección le facilitan al cosechador un recorrido por toda la plantación de árbol a árbol además esta plataforma puede alzarse y bajarse y así facilitar la recolección de la fruta. La forma como la fruta sea retirada del árbol es importante. Un ejemplo de esto es que las toronjas de California son cortadas del árbol utilizando unas tijeras pequeñas que se presume reducen la infección fúngica mientras que en la Florida se cosechan volteando y halando la fruta se quiebra el tallo de la fruta dando así una alta incidencia de pudrición cuando se arrancan estos tallos. Este efecto se demostró en la papaya. La fruta que se cosechaba al cortar el tallo tuvo una más baja incidencia en pudrición durante el almacenamiento con respecto a las frutas que se cosechaban girando y halando. (Diapositivas/fotografías 5.6 a 5.8).

Cosecha mecánica de la fruta

Muy poca fruta que tiene como destino el mercado fresco se cosecha con maquinaria ya que es muy probable que se presenten daños lo que causaría un rápido deterioro de la fruta en la cadena de mercado. Algunas frutas destinadas para procesamiento pueden ser cosechadas mecánicamente, sin embargo, usualmente es importante procesarla rápidamente después de la cosecha o de lo contrario se pueden deteriorar. Las naranjas para la extracción de jugo pueden ser removidas del árbol con máquinas de viento poderosas que pasan por todo el huerto y son seguidas por un artefacto de recolección desde el piso. Agitadores de árboles también pueden utilizarse y éstos se atan al tronco del árbol y luego lo mueven violentamente para así hacer caer la fruta. Unas sábanas se colocan debajo del árbol para así reducir el impacto de la caída de la fruta e igualmente reducir los niveles de daño. Esta sábana se inclina alejándose del árbol para que así la fruta ruede suavemente disminuyendo los golpes que puedan causar otras frutas que también están cayendo. Para poder reducir la dificultad de esta separación de la fruta del

árbol se han recomendado aplicaciones de productos químicos. Estas adelantan una formación de una capa natural de absceso en el pedúnculo de la fruta y deben aplicarse unos días antes de la cosecha. El ethrel, ácido abscísico y cycloheximide han demostrado ser eficaces pero su uso no se permite en todos los países. El procesamiento de frutas blandas, como las grosellas negras pueden ser cosechadas con máquinas en tractor que tienen unos dedos separadores que se trasladan por las ramas halando los racimos como también una buena cantidad de hojas. Luego la fruta es separada con unos sopladores y se les extrae su jugo. Árboles o arbustos de fruta pueden acomodarse para facilitar la cosecha mecánica. Los árboles de manzana que se producen bajo un sistema de hileras de cercas pueden ser cosechadas con dedos separadores que dan un 85% de fruta categoría 1; aunque una gran cantidad de fruta se quedó en el árbol.

5.2.2 COSECHA DE HORTALIZAS

Cosecha manual de hortalizas

Las hortalizas que crecen en plantas bajas se cosechan de la misma manera que se describió para la fruta de planta baja. Con los cultivos de raíz éstos deben ser sacados del suelo, usualmente al insertar un tenedor agrícola u otra herramienta similar por debajo de la raíz y se forza hacia arriba. Se debe tener mucho cuidado para asegurar que la herramienta esté bien por debajo del tubérculo para así evitar daños. Por su tamaño es difícil cosechar la yuca sin dañar las raíces grandes. Comúnmente se hala del suelo agarrando su tallo pero esto puede dar como resultado un deterioro rápido en post-cosecha especialmente cuando el suelo está seco y duro. En algunos casos la tierra se aleja cuidadosamente de esta raíz para evitar el daño.

Cosecha mecánica de hortalizas

Ayudas mecánicas para la cosecha de hortalizas como la lechuga, coliflor, repollo permiten que la hortaliza sea cortada a mano y luego colocada en una banda transportadora que se encuentra en una estación de empaque móvil que lentamente se traslada por todo el campo. Las hortalizas se empacan en el campo y luego se trasladan en un vehículo al pre-enfriador o al mercado. Los cultivos como la arveja la cual se cosecha en grandes cantidades para la industria procesadora son cosechadas en máquinas combinadas que se llaman "viñedos de arveja" las cuales pueden cosechar toda la planta, remover las vainas y así extraer la arveja. El daño físico que ocurre durante la cosecha ha podido demostrar un efecto adverso en el sabor de las arvejas. Los daños de tejido durante la cosecha pueden estimular la acción enzimática que se da como resultado en la producción de sabores extraños, de manera que se debe procesar lo más rápido posible después de la cosecha. La cosecha mecánica de la habichuela puede llevar a una decoloración de los extremos del fruto, especialmente si hay un retraso en el proceso. Cosechadores para la col de Bruselas han sido creados y éstos efectúan unas operaciones similares a la de los viñedos de arveja; cosechan toda la planta y cortan los retoños del tallo. En ambos casos se han producido unas variedades especiales en que las vainas de la arveja o las coles de Bruselas se maduran exactamente al mismo tiempo. En los cultivos de raíz cosechadores mecánicos retiran el producto del suelo cortando debajo de él o, como es el caso de algunos cosechadores de papa, se invierte el suelo en el cual el cultivo nace. En el caso de la cebolla cabezona se puede cortar la parte superior mecánicamente antes de cosechar. Con algunas máquinas el fruto puede dejarse en la superficie del suelo después de la cosecha, con otras máquinas

el fruto se puede cargar en un remolque para su traslado directo al almacenamiento o a la empacadora. Algunas de estas cosechadoras tienen la facilidad de empacar el fruto directamente en el campo en empaques minoristas o mayoristas. †Un equipo similar puede usarse para la cosecha de la batata pero las cosechadoras para yuca y ñame que va al mercado en fresco son menos exitosas. Las cosechadoras de yuca para procesamiento son comunes pero estas raíces deben procesarse rápidamente después de la cosecha para evitar el deterioro.

Para la cosecha de los champiñones se ha desarrollado el uso de la robótica. Este método utiliza un efecto succionador que ata la tapa del champiñón (hongo) y suavemente la hala de su cama sin dañarla. Se guía el robot por medio procesador de imagen algorítmica la cual encuentra y selecciona el champiñón que ha de cosecharse basándose en información que se le ha dado. (Diapositivas/fotografías 5.9 y 5.10).

Hay problemas con este método, particularmente cuando los champiñones se están rozando o creciendo en ángulos agudos en la superficie de la cama. El desarrollo de redes neurales con algoritmos programables se está estudiando para superar este problema y otros retos de procesamiento de imagen.

5.3 RETIRO DE LOS PRODUCTOS DEL CAMPO

Entre menos se maneje un cultivo durante las operaciones post-cosecha mejor va a ser el sistema técnico y económico. Cosechar directamente en los empaques que van del campo hacia el mercado o incluso hacia el consumidor reduce la exposición del fruto a daños potenciales por manejo y reduce los costos ya que la mano de obra es costosa y cada vez que un fruto es manipulado esto involucra costos de mano de obra. También las empacadoras pueden ser estructuras costosas para construir y mantener.

Después de que el fruto ha sido retirado de la planta se lleva al mercado, a la empacadora o a un almacenamiento. Se han desarrollado varios sistemas y materiales de empaque para este propósito. (Diapositivas/fotografías 5.11 y 5.12). La selección del tipo y diseño del empaque está relacionada con la protección del producto, conveniencia de manejo y su costo. Algunas veces el fruto es cosechado en un tipo de recipiente y luego es trasladado a otro tipo para su transporte fuera del campo. Un ejemplo de esto son las cajas recolectoras para la manzana que se cuelgan en el cuello de los cosechadores. Los tipos de empaque y el material del cual se hacen es muy variable. Es importante evaluar su manejo en el campo como un sistema que evalúa los aspectos de logística, de económica y la tecnología.

El método más exitoso para minimizar el daño durante el movimiento de los bananos o plátanos desde el punto de la cosecha hasta el centro de empaque ha sido cuando los racimos de la fruta permanecen suspendidos verticalmente del extremo proximal del tallo del racimo. Este principio se ha aplicado durante varias décadas en áreas que tienen una gran escala de producción del banano en Latino América y otras partes utilizando cable transportador. Estos cables involucran una inversión alta de capital para instalarlos y mantenerlos, y su viabilidad depende en el uso de un sistema de alta producción que a menudo incluye riegos.

El cable transportador es un cable de acero que se suspende a una altura de más o menos 2.25 m. en unos arcos fabricados con tubo galvanizado. El cable sirve como un corredor

para rodar los ganchos a los cuales se le engancha el racimo. Los ganchos rodadores que llevan los racimos desde el campo hasta el centro de empaque conforman un tren de hasta 30 ganchos; se unen en grupos por espacios de 1.2 m. de distancia lo que reduce el daño a la fruta ya que previene el golpe de los racimos al balancearse. Estos trenes de racimos pueden ser halados manualmente o por un pequeño tractor. Algunas plantaciones han utilizando un motor suspendido que se cuelga del cable para halar los racimos, pero este método no es usado universalmente, posiblemente porque puede haber mucho uso en las poleas y el cable. El trazado de este cable transportador se basa en la forma regular usada para sembrar bananos y plátanos con un centro de empaque centralmente localizada. Esto involucra un cable primario central que recorre toda la plantación con cables secundarios laterales que se mueven por todo el lote. Estos cables secundarios tienen un espacio ideal de 100 m. de separación para que le cosechador no necesite cargar los racimos más de 50 m. para colgarlos en los ganchos.

Para que sea una operación exitosa el cable debe incluirse en la planeación original de la plantación, para que así su trazado puede ser coordinado con otros factores como los son el drenaje, irrigaciones, carreteras y la localización del centro de empaque. La topografía de la tierra es de mucha importancia; se sugiere una pendiente de menos de 0.2%, especialmente para los cables laterales, donde será difícil restringir el tren de ganchos para que se puedan colgar los racimos. Este cable transportador permanece en su lugar por el tiempo que dure la plantación, pero en las grandes áreas de monocultivos usualmente se acumulan plagas y enfermedades que requieren un programa integrado de control.

Un sistema diseñado especialmente para recuperar los bananos que están en empinadas montañas fue creado en Jamaica antes de la Segunda Guerra Mundial, y también ha sido utilizado exitosamente en Australia. Es un sistema de cable interminable, en el cual se suspenden los racimos de ganchos que están conectados a un cable-lazo. El cable se mueve alrededor de dos poleas localizadas en las plataformas que se encuentran en la parte superior e inferior de la montaña respectivamente, con un sencillo mecanismo de freno para controlar la velocidad del descenso. Este cable transportador se opera por gravedad; el peso del racimo que va hacia abajo retorna el gancho sólo hacia el otro lado que es la parte superior de la montaña. Aunque este sistema es eficaz para mover los bananos hacia abajo y hasta el borde de carretera, los racimos aún tienen que ser cargados por un tiempo por un costado de la montaña lo que nos muestra que el manejo de los racimos desde ese punto hasta la empacadora aún existe.

CAPITULO VI

EMPAQUE Y LA EMPACADORA

Objetivo de la capacitación:

- Describir las funciones de los empaques para frutas y hortalizas frescas
- Describir las funciones de una empacadora para frutas y hortalizas frescas.

Objetivos del aprendizaje:

- Entender la importancia del empaque de frutas y hortalizas frescas y entender la relación entre los materiales usados, la estructura y los diseños de los empaques
- Entender la importancia de las empacadoras y en donde esto ha sido establecido, los factores involucrados en su diseño y disposición para frutas y hortalizas en fresco.

Temas a considerar:

- La necesidad para el empaque
- Diseño de empaque
- Bolsas
- Bolsas para empaque de atmósfera modificada
- Canastos
- Cajas de madera
- Cajas plásticas
- Caja estiba
- Cajas de cartón
- Empaque en el campo
- Empacadoras sencillas
- Diseño de una empacadora grande
- Flujo de producto en una empacadora
- Equipo requerido en una empacadora
- Lavado
- Limpieza en seco
- Encerado y brillado
- Equipo para clasificación.

CAPITULO VI

EMPAQUE Y LA EMPACADORA

6.1 DISEÑO DEL EMPAQUE

La función de un empaque es primordialmente contener y proteger el producto. El tamaño del empaque es por lo tanto importante y debe estar diseñado en términos de la cantidad que el mercado o el cliente requiere en una unidad. En otras circunstancias, el tamaño del empaque puede ser determinado por lo que una persona puede razonablemente alzar o cargar. La protección del producto debe tenerse en consideración y está influenciada por la duración del viaje, las condiciones ambientales, el tipo de manejo y cualquier percance al que pueda estar expuesto. El costo del empaque, si es fácil de cerrar y el llenado son condiciones primarias.

El uso de estibas estándar se está incrementando y el empaque tendrá que ser diseñado para acoplarse a éstas o para acoplarse al contenedor estándar de refrigeración. Las frutas y las hortalizas, como son organismos vivos producen calor y gases que pueden ser dañinos si se les permite que se acumulen, de manera que pueden necesitar una ventilación. Ciertos tipos de empaque pueden ser usados para extender la vida útil del producto, como el usar películas plásticas para modificar la atmósfera alrededor del producto o protegerlo de la infección o la infestación. Los productos de raíz pueden ser empacados en materiales como polvo de cascarilla, turba, o aserrín para protegerlos y proveer un ambiente húmedo que los conserve. El empaque también puede ayudar en la presentación del producto y mejorar su valor o ayudar en su venta. Hay a menudo requerimientos legales para los empaques al por mayor en donde debe mostrarse en la parte exterior del empaque la información de origen, tipo y grado del producto. En muchos casos, el producto es empacado en el campo y permanece en ese mismo empaque por todo el proceso de mercadeo. Las ventajas de esto es que el producto sólo es manipulado una vez, entonces el potencial del daño mecánico se reduce. También el manejo toma tiempo y labor y ambos pueden ser costosos. La construcción, operación y mantenimiento de una empacadora puede ser por lo mismo costosa y el empaque directo en el campo puede limitar la necesidad de tener una empacadora.

El empaque es muy costoso y deshacerse de él después del uso puede ser una fuente mayor de contaminación. En el Reino Unido, el empaque usado para los alimentos es responsable por un 60% de todo el material de empaque usado. Recientemente se encontró que más o menos un 14% del costo de una canasta de abarrotes de un supermercado se usaba para el empaque. Los costos de empaque se le transfieren al consumidor. El brócoli suelto costaba 89 centavos la libra, empacado 1.5. El empaque también crea un problema de desechos, por ejemplo en Bretaña de un cuarto a un tercio del desecho doméstico es el empaque. Entre otras cosas, ésto requiere más o menos 130 millones de árboles y requiere más o menos el 6% de la energía de la nación.

6.2 TIPO DE EMPAQUE

Sin empaque

Esto es inusual porque normalmente consume mucho tiempo y deja el producto desprotegido y sometido al daño por la manipulación. En algunos casos es usado para transportar la fruta del árbol a la empacadora. En muchos casos, los racimos de banano son recogidos del campo cargados sobre la cabeza u hombros de los recolectores, como consecuencia de esto el banano es golpeado. Bandejas de madera abullonadas con espuma plástica sobre las cuales el racimo pueda colocarse reducirá este daño. Medios mecánicos también son usados para transportar los racimos de banano del campo. Estos consisten en vías por cable que atraviesan toda la plantación. Estas vías por cable tienen carretillas miniatura que corren por los cables y agarran los racimos. Estas carretillas están conectadas en grupos que forman un tren que luego es halado junto hacia la empacadora a donde convergen los cables. Los trenes pueden ser halados por una persona, un animal o un pequeño tractor. En muchos casos los productos son transportados a la empacadora simplemente amontonados en camiones abiertos. El daño al producto y el desecho subsecuente puede ser alto, pero ya que el empaque protector es a menudo muy costoso no hay empaque con un nivel aceptable de desecho que pueda tener la solución más efectiva en términos de costos. (Diapositivas/fotografías 6.1, 6.2, 6.3, 6.4)

Empaques de segunda mano o usados

Cosechar los productos en cartones, cajas de madera o latas metálicas que han sido usados para varios productos, es una práctica común para el pequeño agricultor en muchos países en desarrollo. Sudan importa mucha pasta de tomate en canecas de 10 kg. Después que la pulpa ha sido utilizada, estas canecas son usadas por los agricultores para cosechar el tomate fresco, y esto se ha convertido en la medida estándar de los mercados locales.

Bolsas y sacos

Muchos productos son cosechados en bolsas que pueden ser hechas de una amplia variedad de materiales como papel, poliestireno, pita, polipropileno tejido. Esto ofrece un método relativamente económico, pero le da poca protección al producto contra los daños por manejo y transporte. Es comúnmente usado para los productos como papa, cebolla y calabazas, en donde algún daño le ocurre al producto pero el costo extra de empacarlos de tal forma que no hubiese daño no sería económico. La cantidad empacada en cada bolsa es importante. Si una bolsa es muy pesada el contenido probablemente se dañe. Un ejemplo de esto es la yuca en Colombia, en donde éstas son empacadas en sacos que contienen 75 kg. Estos son cargados en la espalda de un hombre a un camión y del camión a una bodega. Debido a que los sacos son tan pesados el cargador casi invariablemente suelta el saco lo cual daña su contenido. Bolsas de papel dobles pueden ser usadas para la papa, las cuales normalmente se llenan en la máquina cosechadora y se llevan directamente a los mayoristas o los minoristas. Las bolsas normalmente contienen 5kg. o 25 kg. y pueden ser cerradas con una costura o con alambre.

Sacos de fibra natural

Estos son hechos tradicionalmente de fibras que son extraídas de algunas partes de la planta, las cuales son limpiadas, secadas, hiladas y tejidas. Los sacos se hacen al cortar el tejido en el tamaño apropiado, doblarlas hasta tener dos lados dejando un lado abierto para

cargar el producto. La fibra comúnmente usada para los sacos es la pita. Esta pita es nativa de Centro América y la fibra es extraída de las hojas y es más resistente al agua que el yute y no puede ser hilada finamente. Las fibras de Kenef, Hemp y Abaca han sido todas usadas para producir sacos para el manejo de productos. Los sacos tejidos ofrecen buena ventilación para el producto pero dan poca protección contra el daño mecánico.

Sacos y bolsas de plástico

Estas son hechas de subproductos de la industria refinadora del petróleo. Este material plástico puede convertirse en películas plásticas que luego son cortadas y estiradas para que formen unas cintas que luego se convierten en sacos. El polipropileno y el poliestireno se usan comúnmente para hacer esta clase de bolsas. Pueden tejerse toscamente para proveer una buena ventilación para el producto que contiene. Sacos de malla también pueden hacerse tejiendo las cintas plásticas. La superficie del saco es lisa lo que hace que éstas sean difíciles de arrumar. Los sacos hechos con poliestireno de alta densidad son más lisos que aquellos hechos de polipropileno. Una capa no antideslizante puede ponerse en el exterior del saco para reducir este efecto. Redes plásticas que se estiran se usan comúnmente para productos como la cebolla. En donde se crucen dos trenzas ahí se debe unir el saco. Normalmente se hacen en forma tubular y se cortan al tamaño requerido, la parte inferior se cose para formar una bolsa. Las bolsas plásticas pueden ser formadas directamente en películas tubulares que luego son cortadas al tamaño requerido y cosidas o pegadas al calor. El poliestireno de baja densidad se produce comúnmente de esta manera para las bolsas que son usadas frecuentemente para el manejo de productos frescos. La permeabilidad de estas películas plásticas a los gases y el vapor de agua variará con el tipo de grosor del plástico que se use, a menudo se perforan huecos en las bolsas para mejorar la ventilación. Los huecos pueden ser muy pequeños y en estos casos se conocen como microperforaciones. El empaque de productos en películas plásticas puede llevar a la acumulación de vapor de agua y los gases de respiración CO_2 y O_2 . Los efectos de estos cambios de gases pueden ser efectos beneficiosos o nocivos para el producto. Los efectos benéficos que puedan resultar al empacar los productos en películas plásticas nos ha llevado a un método que se conoce como “empaque en atmósfera modificada”.

Bolsas de papel

Estas se hacen exclusivamente de kraft (papel) natural, el cual es con un papel café fuerte hecho de la pulpa de madera que ha procesado sulfito y no es blanqueada. El kraft semiblanqueado o totalmente blanqueado que es de color blancuzco o blanco respectivamente, no es usado comúnmente para productos frescos. Para hacer que las bolsas sean más resistentes al agua dos hojas se pegan formando lo que se llama “unión de kraft”. Una bolsa más efectiva contra el agua puede hacerse al poner una capa en un costado del kraft con una película estirado de poliestireno de baja densidad. Muchos materiales pueden mezclarse con la pulpa de madera durante la fabricación del papel para dar unas propiedades específicas. Estas incluyen plásticos estirados y tejidos y fibras naturales. En algunos casos una ventana transparente puede colocarse en la bolsa para mejorar la presentación del producto. La calidad del papel está especificada en el peso a unidad de área, lo que se conoce como gramaje en el mercado. Para productos frescos, es comúnmente usado el papel de más o menos 70 gr/m^2 a 100 gr/m^2 , a menudo como bolsas multilaminadas para productos como la papa. Las bolsas de papel pueden cerrarse

con alambre, cocidas o con pegante. (Diapositivas/fotografías 6.5, 6.6)

Canastos o cestos tejidos

Los canastos son contenedores tradicionales en los cuales se coloca el producto después de la cosecha. Se usan en la mayoría de los países y son de variados diseños. Logran el requerimiento de cargar el producto pero tienen el inconveniente para muchos sistemas de distribución porque las paredes de la canasta tienen poca resistencia para el apilamiento. Esto significa que el producto en los canastos de abajo esté soportando el peso de los de arriba. Cuando los canastos se arruman en los camiones para ser transportados, el resultado puede ser un producto muy dañado por la forma del canasto, que normalmente es redondo o por lo menos tiene esquinas redondeadas. La capacidad almacenada en un espacio dado es menor que en otros tipos de empaques. Los canastos tradicionales normalmente son tejidos en bambú partido u hojas de palma rotas. Son de forma cónica, cuadrados o rectangulares, pero tienen la tendencia a tener costados caídos y esquinas redondeadas. La elaboración normalmente es hecha a mano y a menudo lo abastece una importante industria artesanal a nivel de los pueblos en los países menos desarrollados.

Los canastos ofrecen muy buena ventilación para el producto, pero por causa del material tosco del cual están hechos a menudo se daña el producto por abrasión. Cuando los productos se manipulan y transportan, se acostumbra colocar un acolchamiento con papel u hojas para reducir la abrasión, lo que repercute entonces en la reducción de la ventilación.

Los canastos aunque pueden ser fabricados en materiales baratos, presentan varios inconvenientes como el daño del producto por compresión en el apilamiento; por su forma irregular ocupan mayor espacio y cuando son reutilizados es difícil mantenerlos limpios, lo que puede ser fuente de infección por insectos o microorganismos. (Diapositiva/fotografía 6.7)

Cajas de madera

Las cajas Bruce, fueron hechas de pedazos delgados de madera unidos con alambre. Se fabricaban en dos tamaños, unas con un volumen de 2200 pulgadas cúbicas y otras con la mitad de este volumen. Fueron desarrolladas en los Estados Unidos, la fruta se colocaba en ellas durante la cosecha para transportar al mayorista o al minorista. Tenían la ventaja de que podían empacarse acostadas cuando estaban vacías, no eran costosas, de manera que eran no retornables. Estas cajas sin embargo, ofrecen poca protección al daño mecánico durante el transporte. Cajas rígidas de madera de varias capacidades se usan comúnmente para transportar el producto desde el campo hasta la empacadora. Estas deben ser de un tamaño que se pueda alzar fácilmente por una persona, cuando estén llenas. Tamaños no estándar pueden hacer que sean difíciles de arrumar en los camiones y en las bodegas, y a menudo superficies internas no lisas o puntillas pueden dañar el producto. Las cajas de campo son hechas de pedazos delgados de madera, ampliamente espaciadas para que sean livianas y económicas para construir. Estas se pueden usar para el transporte de productos como el repollo que va desde el campo hasta el mercado. (Diapositiva/fotografía 6.8)

Hay una gran variedad de tipos y diseños de cajas para el empaque de productos. Comúnmente son construidas de madera aglomerada y chapeada que ha sido cortada al tamaño y forma apropiada, las cuales son ensambladas, normalmente con puntillas. En

tamaño y forma apropiada, las cuales son ensambladas, normalmente con puntillas. En ciertos casos las cajas pueden ser ensambladas con alambre (caja Bruce), grapas o pegante. La cantidad de ventilación puede ser modificada fácilmente durante la construcción de la caja. Las cajas de madera pueden ser costosas y pesadas, lo que afecta su uso en el manejo de productos. Para hacer que su uso sea económico es importante usar la misma caja durante muchos viajes. Ya que son relativamente pesadas no son adecuadas para empacar productos que han de ser transportados por avión. La mayoría de las cajas son rígidas y son aptas para amontonar, sin embargo, a menudo son construídas de madera barata cuya superficie rústica le puede causar daños al producto durante su transporte. También la forma como son construídas, especialmente cuando se usan puntillas, pueden dañar el producto. Muchas cajas de madera son hechas a mano. Esto puede causar leves variaciones en tamaño y forma lo que puede hacerlas más difíciles de arrumar en el camión o en las bodegas. La madera puede absorber humedad o, si no son curadas apropiadamente, pueden perder humedad. Ambos casos pueden causar que la madera se deforme lo que, a su vez, puede hacer inestable su arrume. (Diapositivas/fotografías 6.9, 6.10, 6.11).

Canastillas plásticas

Estas se pueden usar por muchos años porque son fuertes y durables. Muchas son diseñadas de tal forma que se puedan incrustar la una con la otra cuando están vacías, para facilitar el transporte, y amontonar una encima de la otra cuando están llenas. Tienen una superficie lisa que no daña el producto y se pueden limpiar fácilmente. Son costosas pero pueden usarse repetidamente, especialmente si se manejan con cuidado, por lo tanto después de un período de tiempo pueden representar un método muy económico de transporte. En años recientes las cajas plásticas producidas en grandes cantidades pueden ser usadas para un sólo viaje de un producto de alto costo. En Tailandia los litchis frescos son empacados en estas cajas para exportar a Singapur. Cajas de poliestireno expandidas han sido usadas por muchos años para el transporte no retornable de productos como el berro. (Diapositivas/fotografías 6.12, 6.13, 6.14, 6.15).

La mayoría de las cajas plásticas son hechas con moldes de inyección. Esto involucra aplicar el plástico fundido a altas presiones y forzarlo en el molde apropiado. Esto significa que el equipo para hacer estas cajas es muy costoso ya que necesita ser lo suficientemente robusto para soportar condiciones de alta temperatura y presión. El costo del plástico del cual se hacen las cajas es relativamente barato, de manera que este tipo de caja puede producirse mucho más baratas cuando una gran cantidad del mismo diseño y dimensión se requieren. Los materiales usados son poliestireno (PE) o polipropileno (PP) de alta densidad. El PE tiene una fuerza de impacto más alto, una tasa más baja de degradación cuando se expone a la radiación ultravioleta y una densidad un poco más alta que la del PP. Ambos plásticos se deterioran bajo condiciones de campo y químicos de protección ultravioleta deben agregársele al plástico durante la fabricación para reducir la tasa en la cual éstos se quiebran. Un material plástico biodegradable se está desarrollando como respuesta a la protección ambiental. Uno de estos materiales es el polihidroxibutorato, el cual es un polímero termoplástico puesto en el mercado como "Biopol" por el ICI. Fácilmente puede ser deteriorado por una bacteria. Es hecho por la fermentación de azúcares por una bacteria habitante natural del suelo, la cual lo produce y lo almacena como una fuente de energía. Puede fabricarse en molde por inyección. Soporta temperaturas de

hacen correctamente, pueden tener una superficie lisa. Esto significa que dan buena protección al producto, durante el manejo y el transporte. Son totalmente resistentes al agua y por consiguiente fáciles de limpiar. Si se puede crear un sistema adecuado para retornar las cajas al campo desde el mercado, las cajas plásticas pueden proveer un sistema muy económico para el manejo del producto.

En las Islas Windward las cajas plásticas fueron usadas para el transporte del banano desde el campo hacia la empacadora. Las mismas cajas fueron usadas varias veces cada semana y algunas aún fueron usadas durante siete años. Varios diseños de cajas plásticas son usadas para los productos, pero la más común es el tipo que se arruma cuando está llena y se incrusta cuando está vacía. Estas son de dos tipos básicos. La primera es un tanto estrecha de arriba hacia abajo y está moldeada de tal forma que los dos lados de cada caja son diferentes. Cuando las cajas son colocadas una encima de la otra con la misma orientación entonces la caja de arriba se incrusta en la de abajo. Cuando son arrumadas con una orientación diferente entonces la caja de arriba se sostiene en la caja de abajo. El segundo tipo también pero ambos lados son iguales, y hay una barra de acero que sale para que las cajas se puedan incrustar o se entra para que las cajas se arrumen. La ventaja de este tipo de caja que se incrusta o se amontona cuando está vacía o cuando está llena respectivamente es que ocupan menos espacio cuando se transportan vacías. Otras cajas que no se incrustan también se usan para los productos, no se estrechan y son rectangulares en su forma con esquinas un poco redondeadas. Usualmente tienen un borde en la parte inferior de la caja que corresponde al borde en la parte superior de la caja de abajo, para dar un apilamiento más estable.

También están disponibles cajas de plástico plegables que tienen la ventaja de empacarse planas cuando están vacías y por lo tanto ocupan poco espacio cuando se retornan al campo. Rara vez se usan para los productos por su vida de uso más corto que otro tipo de caja plástica y por el tiempo que se gasta para ensamblarlas. El poliestireno expandido es usado para productos frescos. Son livianas, tienen buena fuerza de apilamiento pero se quiebran y se dañan fácilmente. Tienen buenas propiedades de aislamiento lo que significa que pueden proteger a los productos enfriados de aumentos rápidos de temperatura cuando se sacan del cuarto frío y se llevan a un ambiente de temperatura alta. (Diapositiva/fotografía 6.16).

Cajas estiba

El tamaño de las cajas estiba puede variar pero comúnmente se basan en el tamaño estándar para la estiba Europea de 1 m. x 1.2 m. y más o menos 0.5 m. de alta. Tiene una capacidad de más o menos 500 Kg. dependiendo del producto. Usualmente son construidas de madera pero también hay plásticas. Se utilizan para una gran variedad de productos que se le cargan comúnmente en el campo y luego son transportados directamente a la bodega. (Diapositiva/fotografía 6.17).

Cajas de pulpa prensada

Estas son hechas de pulpa laminada o, más comúnmente pulpa corrugada. Pueden usarse para el transporte del producto del campo a la empacadora y en este caso la misma caja puede usarse varias veces. Un estudio mostró que en ciertas circunstancias usar cartones corrugados para el transporte de ñame desde el campo hasta la empacadora podría ser económico por la reducción de daño a los tubérculos incluso cuando los cartones fuesen usados sólo una vez, sin embargo, este tipo de caja, cuando se usa en el campo es normalmente para el producto que irá en el mismo paquete a lo largo de la cadena de mercadeo. Un ejemplo de esto es el empaque en el campo de los bananos en las Islas Windward donde los gajos de la fruta se cortan del racimo en el campo, la copa cortada de los gajos se cubre con esponja de papel que contiene un fungicida y los gajos se empaican directamente en las cajas de cartón para el transporte a los barcos y su exportación. Un estudio del empaque en campo de la papaya mostró una reducción considerable de daños a la fruta y menos enfermedad post-cosecha que las frutas empacadas en la empacadora. Estas cajas también son hechas de una mezcla de pulpa prensada y madera aglomerada capeada o madera dura. La razón de estas mezclas es reducir el costo de la caja o hacerla más liviana y más duradera. (Diapositivas/fotografías 6.18, 6.19, 6.20, 6.21).

Las cajas de pulpa prensada son hechas de pulpa de madera o papel reciclado. Las rosetas de maíz fueron usadas para hacer cajas, pero esto incrementó el costo del empaque en un 40%. El resultado, sin embargo fue una caja utilizable pero sólo tenía una corta vida útil. Otras pulpas no de madera se han hecho de bagazo, bambú, paja, etc., la pulpa de madera blanda (usualmente del *Pinus spp*) se forma en hojas que se llaman "kraft" (de la palabra Alemana que significa fuerza). El kraft puede describirse como virgen cuando las fibras son procesadas directamente del árbol, o recicladas de donde han sido obtenidas de papel desechable, cajas de pulpa de madera (fibra), etc. El Instituto Americano de Papel define al kraft virgen como aquello que contiene por lo menos 80% de fibra nueva, y que no sea más del 20% de fibra reciclada. El kraft luego se convierte en pulpa prensada sólida (SFB) o pulpa prensada corrugada (CFB). (Diapositivas/fotografías 6.22, y 6.23).

La pulpa prensada sólida no es comúnmente usada para empacar el producto fresco pero sí puede ser un empaque atractivo. Está hecha de capas de kraft que están pegadas para producir el grosor requerido del cartón. Las especificaciones de la SFB se basan en el grosor total del cartón, el cual varía en el alcance de más o menos 0.8 mm a 3 mm o peso de cartón por área unidad la cual varía de más o menos 500 g a 2000 gm^{-3} para cajas de producto fresco. El kraft usado para la fabricación de SFB está normalmente entre los 60 gm^{-3} y 160 gm^{-3} con un kraft blanco en la parte externa de la caja lo que da una apariencia atractiva. Adhesivos insolubles de agua y aditivos de resina son usados para las cajas SFB las cuales han de ser usadas para productos frescos para incrementar su fuerza cuando son almacenadas en condiciones de alta humedad. Dar una capa de cera, nitrocelulosa o poliestireno incrementa su resistencia a la penetración del agua.

Las cajas de pulpa prensada corrugada

Son usadas más comúnmente para el producto fresco porque son, peso a peso, más fuerte que las cajas SFB. Las cajas CFB básicas se hacen con tres capas de kraft; dos capas externas que se llaman "carátula" o "cartón lineal" y una capa interna que se llama la "estructura acanalada" o el "medio corrugado". Esto se conoce como cartón de una sola

pared. El cartón de doble pared se hace con tres cartones lineales y dos corrugados. Un factor que afecta la fuerza del cartón es el contorno corrugado. Esto está definido en la altura de cada canal y el número de cada canalización. (Figura 6.1)

Figura 6.1
Cartón Corrugado

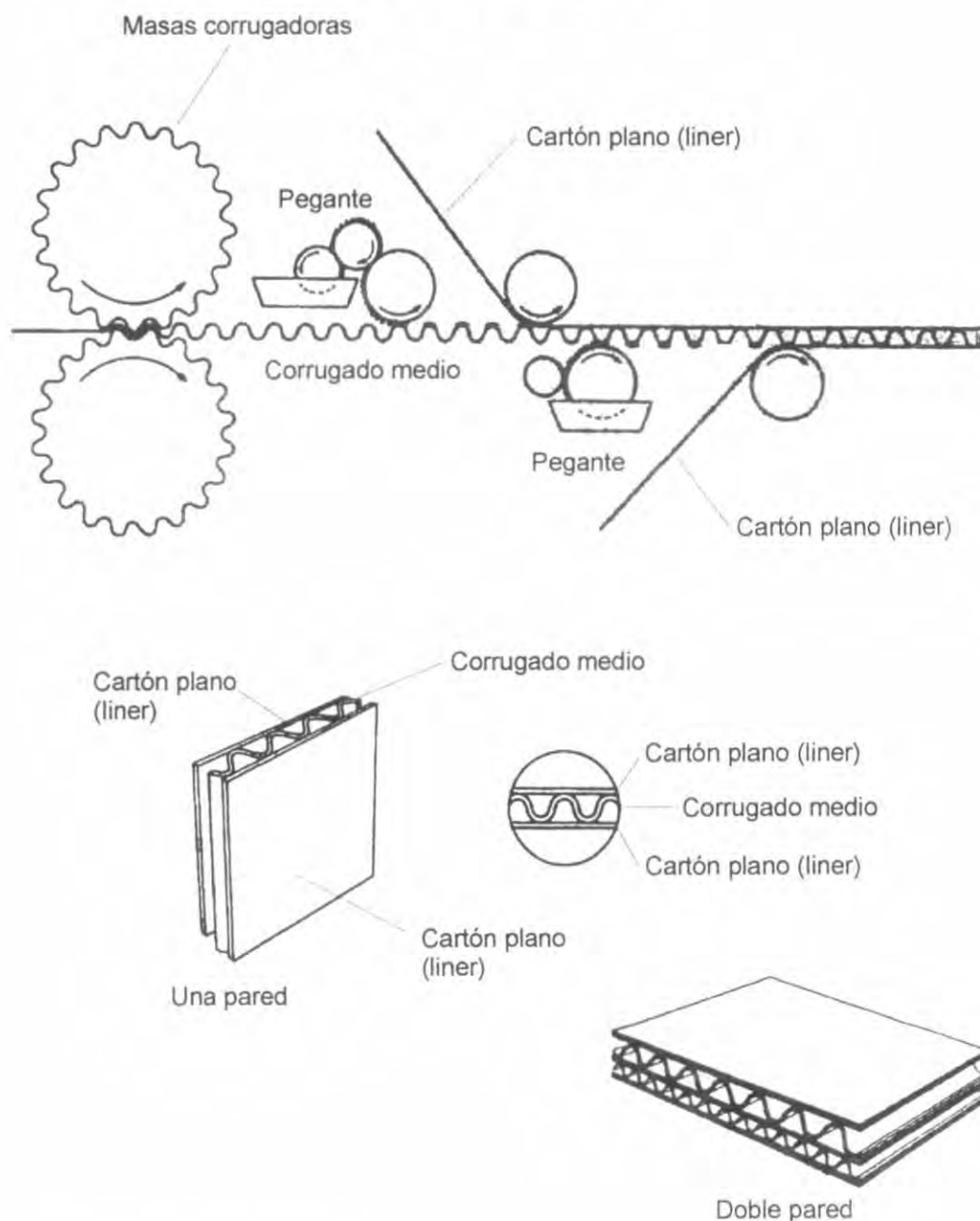


Figura 6.1

New J. Natural Resources Institute, Training notes

Las características del cartón hecho de diferentes estructuras corrugadas puede variar considerablemente. Un cartón corrugado A es más susceptible a daños por producción y manejo, pero teóricamente debe tener buena fuerza de compresión de columna y por lo tanto una buena fuerza de apilamiento. Sin embargo, con el cartón producido comercialmente, por su fragilidad, su fuerza de apilamiento rara vez es mejor que la de un corrugado C. Un corrugado A tiene el mayor efecto de amortiguación de todos los tipos de cartón ondulado. El corrugado B es más tupido en plano y es el más resistente a los daños durante su fabricación y manejo. Tiene el menor grosor y por lo tanto presenta una fuerza de compresión muy baja y características de apilamiento muy bajas también. Un corrugado C tiene las propiedades entre A y B, pero históricamente fue desarrollado después de A y B, y por eso se le da este lugar alfabético. Fue desarrollado buscando combinar la fuerza de compresión de arriba hacia abajo del corrugado A y el tupido alto para más amortiguación y el soporte en su fabricación del corrugado B. Todos los tres corrugados aún están en uso, particularmente el B y el C. Se usan para combinaciones de cartón de doble pared como AB, BA, AC, CA, BC y CB. Las combinaciones de dos corrugados idénticos (AA, BB o CC) no son comunes. Hay otro conocido como corrugado D o E que tiene unos 305 corrugados por metro lineal y altura del corrugado de más o menos 1.19 mm, pero no se usan normalmente para productos frescos.

Características del cartón corrugado

Tipo de corrugado	Número aproximado de corrugados por metro lineal	Altura aproximada de corrugado
A	180 - 128	4.76 mm.
B	154 - 174	2.38 mm.
C	128 - 148	3.57 mm.

El material usado para la fabricación de los corrugados necesita tener buena firmeza y formalidad (Figura 6.1). La calidad más alta de material está hecha con un proceso semiquímico que consiste en fibras de madera dura hecho por un sulfito neutral o un proceso comparable el cual en parte es químico y en parte mecánico por la dificultad de la desfibración de maderas duras.

La apariencia y otras características pueden variar dependiendo de las especies de madera dura que se usen. Otros medios para el corrugado incluyen postizos, kraft y paja. El postizo se basa en desecho kraft reciclado y si se hace apropiadamente este puede ser de buena calidad. El kraft puede ser usado para cuando se necesita resistencia contra los rasgados y los agujereados pero éste no se ondula bien. La paja se usa poco ya que produce una fibra inferior. El kraft virgen conífero no blanqueado se utiliza para materiales de cartón lineal para las cajas que se han de usar con productos frescos. Tiene una tasa baja de absorción de humedad, comparada con cartón lineal hechos de material reciclado, alta resistencia y buena firmeza. Cuando se usan materiales reciclados, un incremento de sustancia de 50% o más puede ser necesario para lograr una fuerza similar al del kraft virgen.

Las características de las cajas de cartón también se ven afectadas por el peso del material usado. Para cartón lineal de kraft éstos normalmente varían entre 125 gr/m² y 450 gr/m²,

para yute 210 gr/m^2 o 490 gr/m^2 y para corrugados semiquímico 112 gr/m^2 a 180 gr/m^2 . Especificaciones de 112 gr/m^2 a 127 gr/m^2 para uso normal y 150 gr/m^2 a 180 gr/m^2 para aplicaciones de alto rendimiento. Paredes de una sola hoja se hacen usualmente con cartón lineal del mismo peso. Las especificaciones para estas hojas de fibra están regidas por estándares específicos: Regla 41 de la UFC de los Estados Unidos, FCSBS 1133 (7) en el Reino Unido y AFNOR NF Q 12-008 en Francia. Hay una cantidad de series de pruebas estándar para la hoja de fibra y cajas de cartón como: La prueba de impacto vertical, la prueba de impacto horizontal, la prueba de vibración en tránsito y la fuerza de explosión. Las cajas de madera fácilmente absorben la humedad de la atmósfera (Figura 6.2). Esto afecta la fuerza de las cajas y por lo tanto su habilidad para proteger y contener el producto. Para hacer las cajas más resistentes al agua se les puede aplicar ceras. Estas son mezclas comunes de cera de parafina microcristalina con aditivos como acetato de polivinilo y látex. Las parafinas por sí solas no son adecuadas porque sus puntos de fusión son muy bajos y se fracturan fácilmente. Se pueden aplicar las capas durante la fabricación de la fibra, un número suficiente de capas deben aplicarse para asegurar que la hoja sea lo suficientemente resistente al agua pero no tanto como para que pueda inhibir el efecto del adhesivo usado en el ensamble de la hoja. Las capas también pueden aplicarse a la hoja o a la caja. (Diapositivas/fotografías 6.24, 6.25, 6.26).

Figura 6.2

Variación de la resistencia a la compresión de las cajas de cartón con la humedad relativa

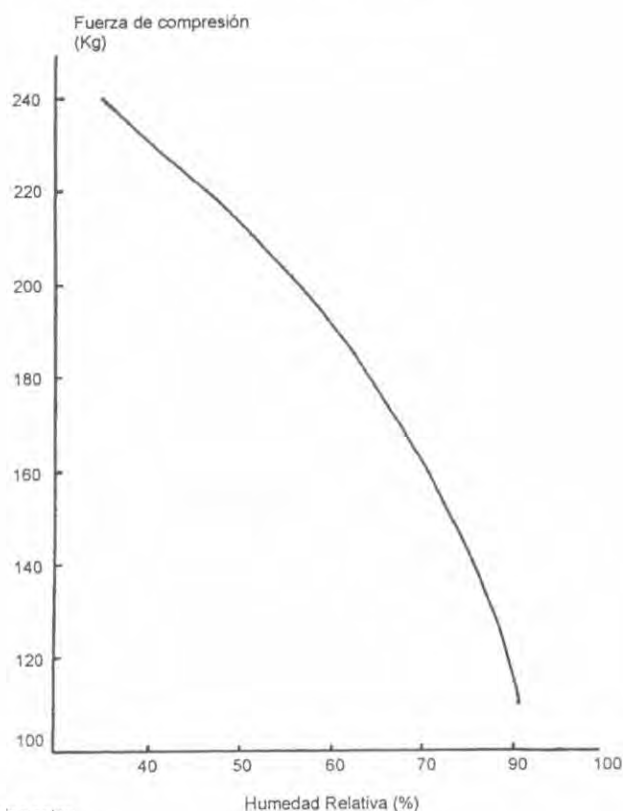


Figura 6.2

New J. Natural Resources Institute, Training notes

El diseño de las cajas hechas de cartón tiene en cuenta la necesidad de proteger el producto, mostrarlo atractivo y proveerlo en las unidades que son requeridas o preferidas por el mercado. Estos diseños han evolucionado durante varias décadas y pueden ser descritos con números de código de acuerdo con IFCC (nota 19 para empaques de exportación del Centro Internacional de Intercambio, Centro de la Naciones Unidas para el intercambio y desarrollo acuerdo general sobre tarifas e intercambio). Diseños de cajas detallados están incluidos en el Manual de Empaque para Frutas y hortalizas en fresco (ITC INCTAD-GAT 1988). Las dimensiones y diseños de la caja pueden jugar un papel importante en su fuerza de compresión del arrume y por consiguiente su habilidad para proteger el producto que contiene (Figura 6.3).

Figura 6.3

Variación de fuerza de compresión de caja con la forma de estibado

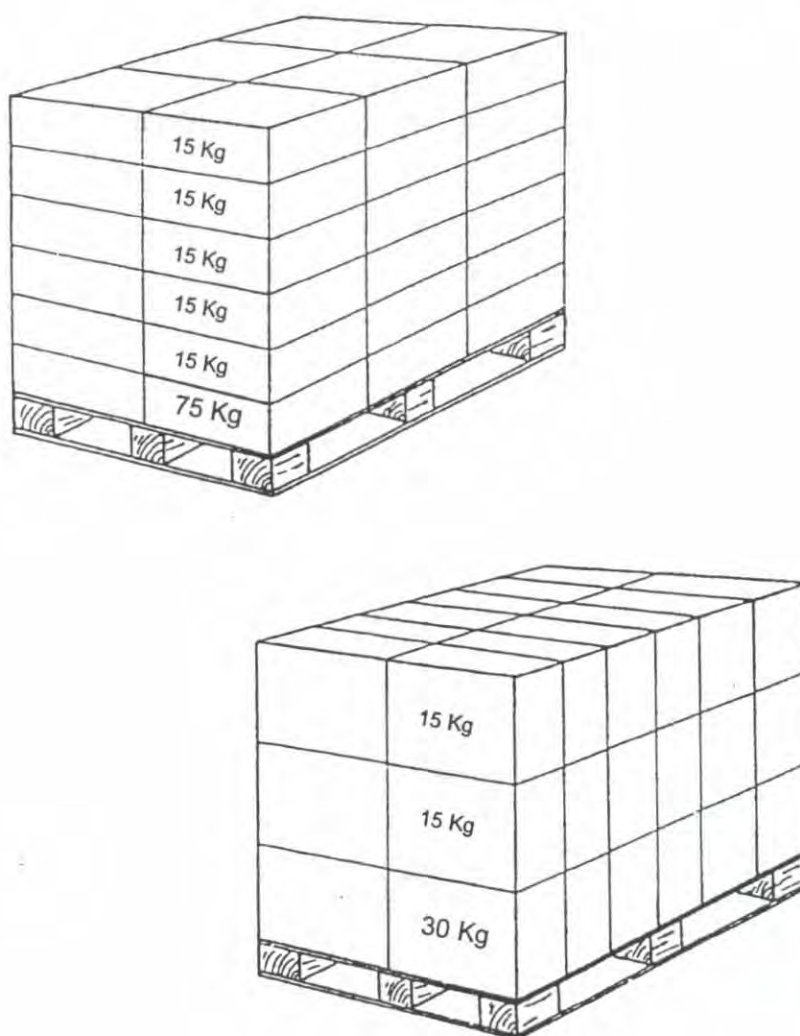


Figura 6.3

New J. Natural Resources Institute, Training notes

6.3 ROTULADO

Esto tiene varios propósitos en la caja. Sus funciones principales son las de informar y dar publicidad al producto que contiene. Según el libro del Centro Internacional de Intercambio para Empaque de Productos: Cada empaque debe tener las siguientes particularidades en letras agrupadas en el mismo lado, legibles e indeleblemente marcado y visible desde afuera:

A. Identificación

Empacadora y/o Despachador: Nombre y dirección o uso oficial o marca de código aceptada.

B. Naturaleza del producto

Ej.: "Tomates" y tipo comercial, si el contenido no es visible desde afuera. Esto detalles siempre deben proveerse para tomates cereza y para tomates de clase III que son cultivados bajo invernación (vidrio o plástico) y de un tamaño entre 20 mm y 35 mm o "oblongos", y de un tamaño entre 20 mm y 30 mm.

Nombre de variedad (opcional)

C. Origen del producto

País de origen y, opcionalmente, nombre local o nacional, regional o distrito donde se cultivó.

D. Especificaciones Comerciales

Clase

Tamaño (si tiene) expresado en diámetros mínimo y máximo, o las palabras "sin tamaño".

La información requerida para marcar se puede dar por medio de:

- Una etiqueta bien fijada en el empaque
- Un sello de tinta o de imprenta fijada en el contenedor, o
- Una combinación de los métodos arriba mencionados.

Sacos y bolsas individuales que contienen productos frescos a menudo se rotulan con foto, indicando contenido, peso, etc. Rótulos pequeños y adhesivos también se colocan directamente en la fruta. Ambos tipos de rotulado son principalmente para identificación de marca y para ayudar al mercadeo.

6.4 EMPAQUES DE ATMOSFERA MODIFICADO (EAM)

El EAM en el almacenamiento de frutas y hortalizas frescas se refiere a su almacenamiento en película plástica que son semipermeables a los gases de respiración. El resultado de esto es su acumulación y disminución alrededor del producto, y, por lo tanto, incrementa su vida útil. Varios plásticos diferentes son usados para este propósito. Algunas películas están especificadas en la siguiente lista:

- Acetato de celulosa (CA)
- Etilen vinil alcohol (EVDH o EVAL)
- Polietileno de alta densidad (HDPE)
- Polietileno mono orientado de baja densidad (LLPE)
- Polietileno de baja densidad (LDPE)
- Polietilen tereftalato (PET)

- Poliestireno (PS)
- Polivinilo butyral (PVB)
- Cloruro de polivinilo (PVC)
- Cloruro de polivinilideno (PVDC)

La permeabilidad a los gases (incluyendo vapor de agua) varía con el tipo de material del cual son hechos, en algunos casos humedad, acumulación y concentración de gas y grosor del material se refiere a su calibre de la siguiente manera:

Calibre	Dimensión	Dimensión
Calibre 4	Igual a 0.001 mm.	Igual a 1 µm.
Calibre 48	Igual a 0.012 mm.	Igual a 12 µm.
Calibre 50	Igual a 0.0125 mm.	Igual a 12.5 µm.
Calibre 100	Igual a 0.025 mm.	Igual a 25 µm.
Calibre 150	Igual a 0.0375 mm.	Igual a 37.5 µm.
Calibre 200	Igual a 0.05 mm.	Igual a 50 µm.
Calibre 400	Igual a 0.1 mm.	Igual a 100 µm.

Cuando la permeabilidad es muy baja el producto puede dañarse por la acumulación de agua o dióxido de carbono o por la disminución de oxígeno. En estos casos se pueden perforar la película plástica para mejorar la aireación.

Estos son los efectos del número y tamaño de las perforaciones en 1,36 kg. bolsas de película poliestireno calibre 150 después de 14 días a 24 °C:

Número de perforaciones	Diámetro (mm)	HR (%)	Pudrición (%)	Pérdida de peso (%)
0		98	71%	0.5%
36	1.6	88	59%	0.7%
40	3.2	84	40%	1.4%
8	6.4		24%	1.8%
16	6.4	54	17%	2.5%
32	6.4	51	4%	2.5%
0*		54	0%	3.4%

*Papel kraft con ventana de película plástica

Las dimensiones de la fruta pueden afectar la forma como la caja es empacada. (Figuras 6.4 a 6.7).

Figura 6.4

Empaque de banano en gajos

Esta técnica de empaque es exigida para los bananos de buena calidad, porque aumenta la cantidad de fruta empacada por caja, evita el daño mecánico y hace más atractivo el producto empacado.

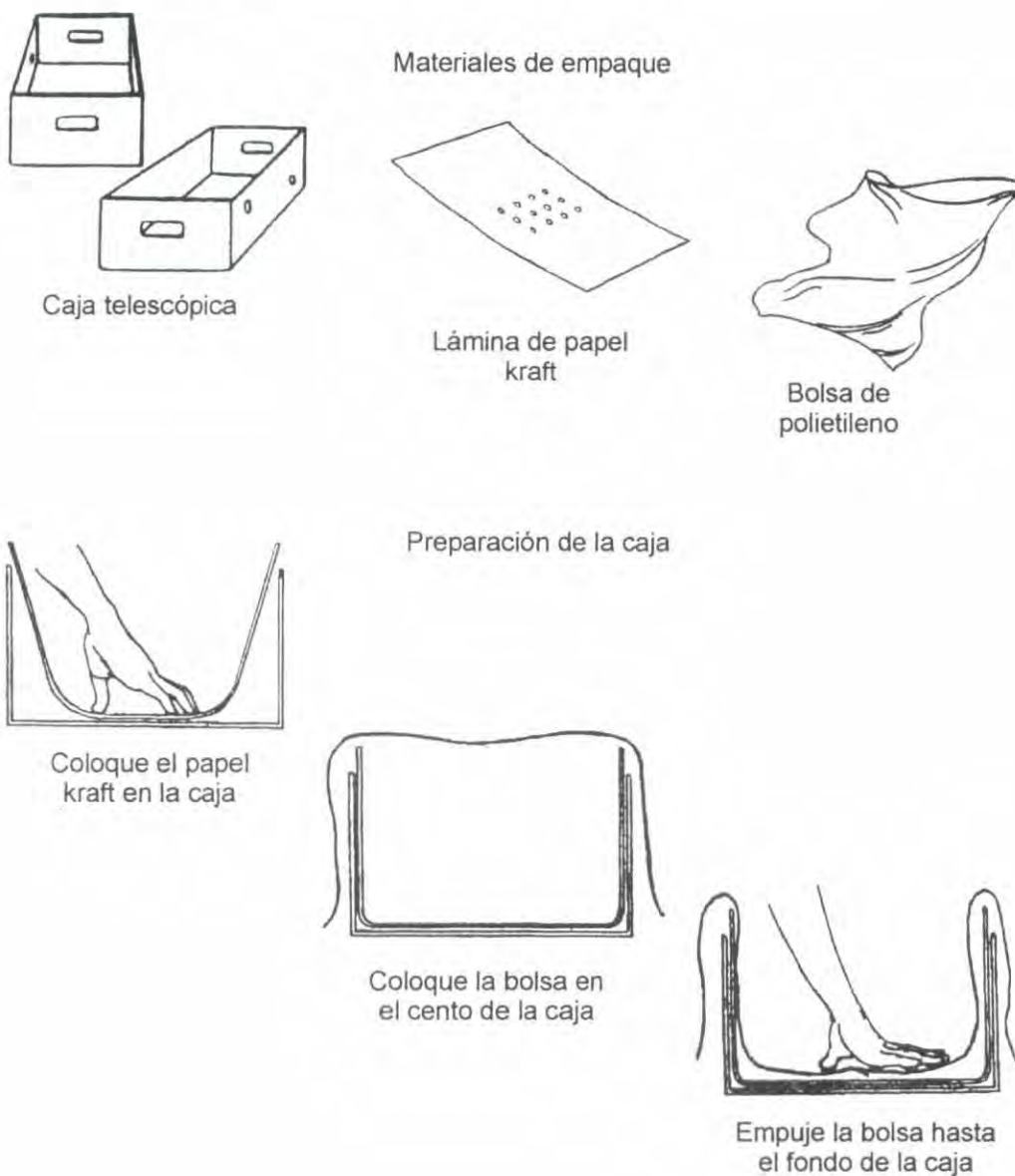


Figura 6.4

Windward Islands Banana Development and Export Development Company, St Lucia.

Figura 6.5

Empaque de banano en cuatro filas de gajos
(Utilizar gajos de pequeños a medianos)

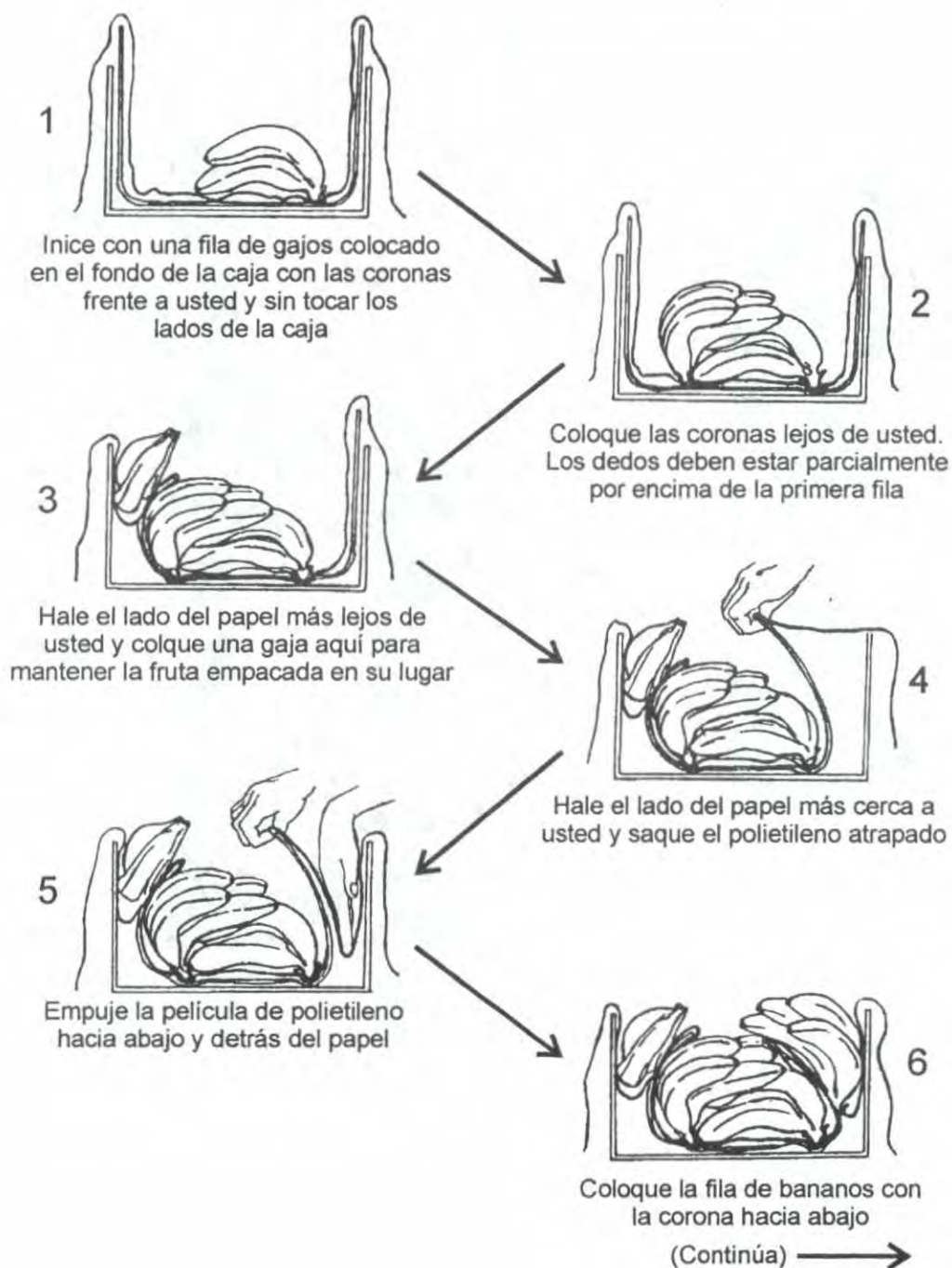


Figura 6.5

Windward Islands Banana Development and Export Development Company, St Lucia.

Figura 6.6 (continuación de la figura 6.5)
Empaque de banano en cuatro filas de gajos
(Utilizar gajos de pequeños a medianos)

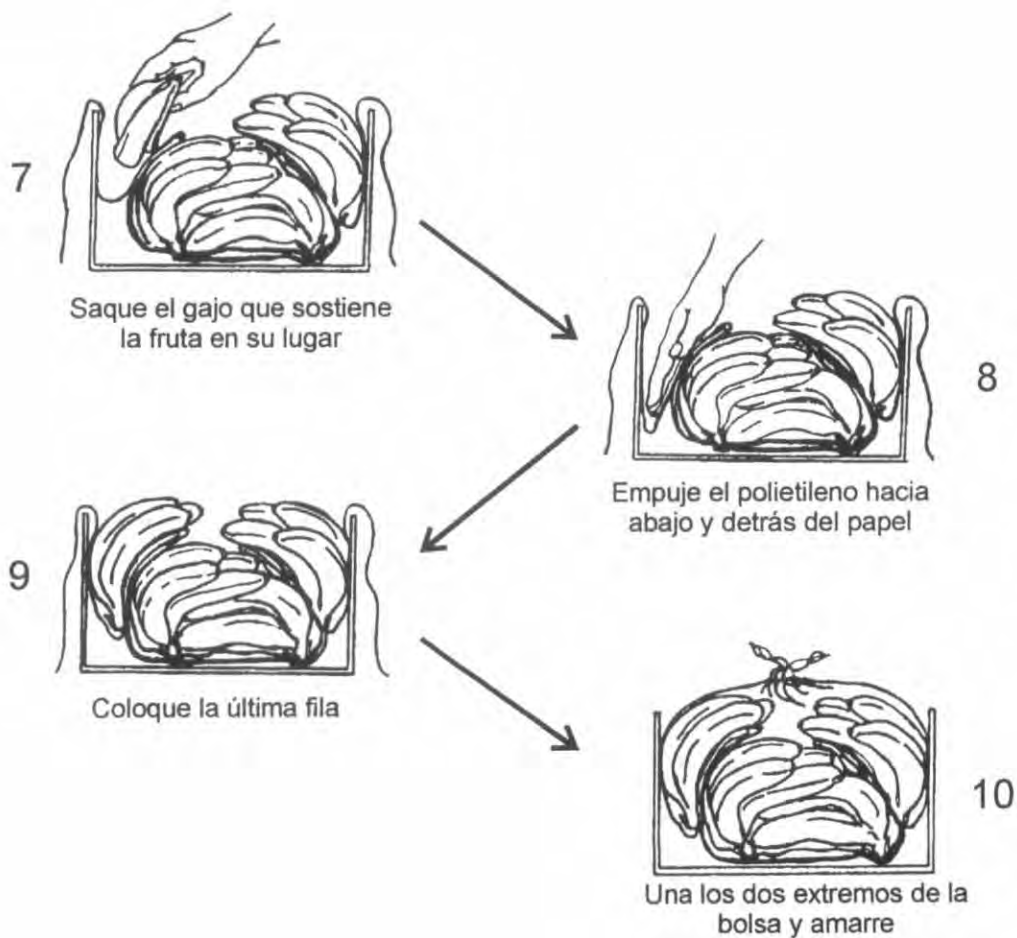


Figura 6.7

**Empaque de banano en tres filas de gajos
(Utilizar gajos de medianos a largos)**

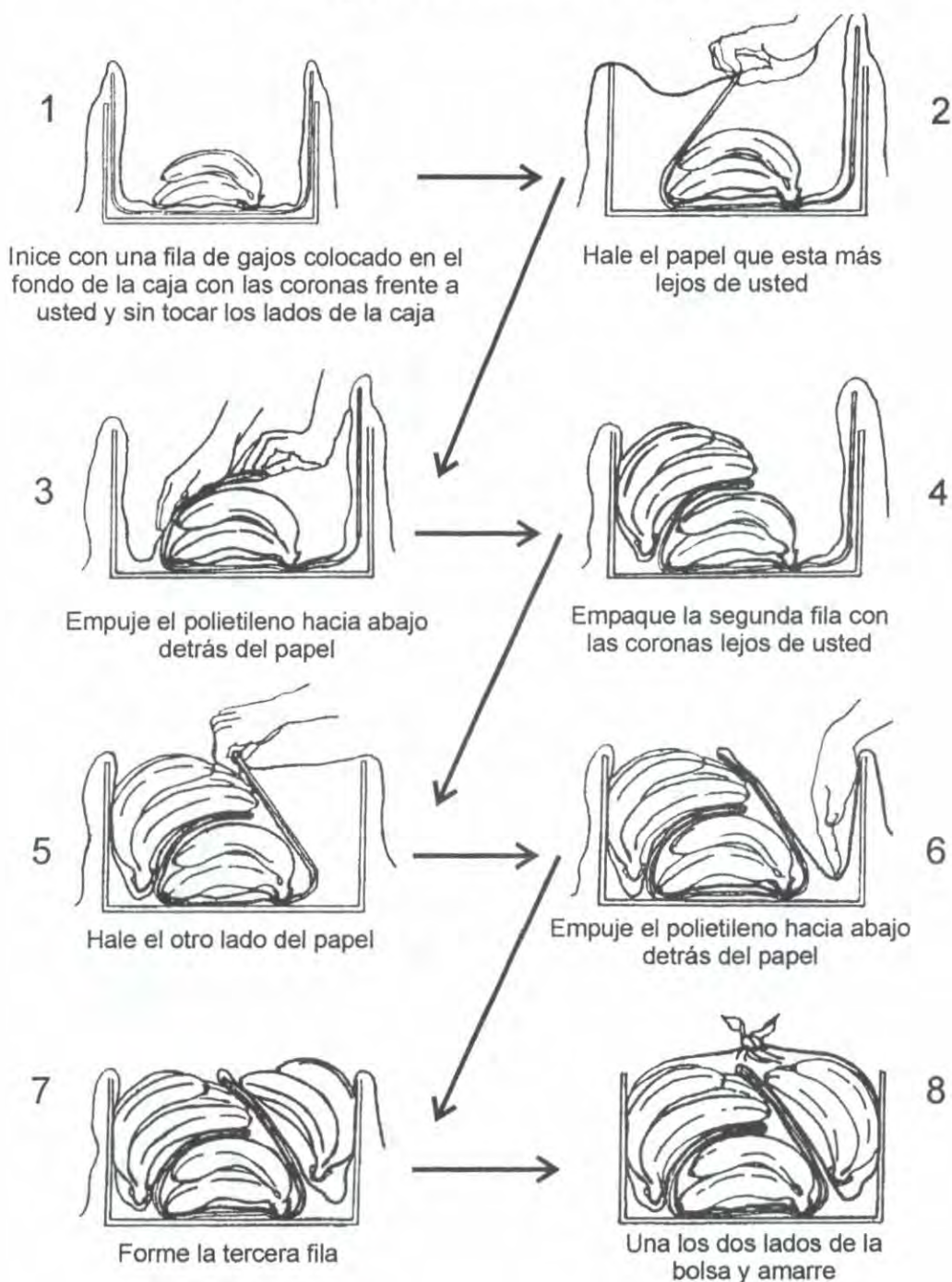


Figura 6.7

Windward Islands Banana Development and Export Development Company, St Lucia.

6.5 PRACTICA: EMPAQUE I

Objetivos

- Para poder acertar en la estructura y los factores que le dan fuerza a los cartones usados para el manejo del producto fresco.

Requerimientos

- Cuatro cartones vacíos que han sido usados para el transporte de fruta fresca
- Dos juegos calibradores de hoja
- Una balanza electrónica que pese por lo menos 100 grs. al 0.1 gramo
- Regla y papel graficador
- Determinación de tipo ondulado
- Medida General del Calibrador de hoja (grosor)
- Medida de grosor componente
- Corte 10 cm^2 para una prueba, con un lado preciso a lo largo de la dirección del ondulado
- Cuente el número completo de ondulados en una longitud de 10 cm. Calcule los ondulados por metro y determine si es un ondulados A-B-C
- Examine formaciones de ondulado para ver si hay defectos
- Mida el grosor general de la hoja con un micrómetro (25 mm de diámetro Yunque)
- Mida el grosor de las carátulas internas y externas sin separación usando un micrómetro especial
- Corte pedazos de carátula (y si es posible de la pared del centro) entre ondulados, mida el grosor con un micrómetro de yunque convencional plano
- Determinación del peso base de la hoja y sus componentes
- La condición del material de prueba
- Usando una plantilla de 10 cm x 10 cm y un cuchilla con filo, 3 pedazos de prueba de la caja muestra, codifique cada pieza por ambos lados con lápiz
- Pese cada pieza al miligramo más cercano
- Calcule el gramaje total (peso base) en gramos por m^2
- Sumerja la pieza prueba en agua (preferiblemente tibia) en una jarra de 2 litros con las piezas prueba paradas en el borde con los ondulados verticalmente
- Examine frecuentemente si los papeles se han separado espontáneamente, o se puede lograr ésto con una suave manipulación, enjuague cada componente bajo la llave y remueva tanto adhesivo como sea posible. Luego proceda al paso número 8
- Si el adhesivo es resistente al agua, continúe el enjuague durante varias horas, luego, si es necesario, use una espátula o un cuchillo para quitar el pegante entre la parte interna de la superficie de las carátulas y el ondulado
- Seque y separe los papeles, luego transfíralos a un horno a 105°C , suavizando los ondulados tanto como sea posible. Cuando estén totalmente secos, retorne los papeles al cuarto acondicionado y colóquelos para que haya un libre acceso de aire
- Después de un mínimo de 15 minutos, aplaste las muestras de ondulado al pisarlo con un rodillo. Recórtelos a una área de 100 cm^2

- Pese cada papel separado aproximando al miligramo más cercano
- Calcule los valores medidos en gramos por m² para cada carátula y ondulado, expresando resultados a la unidad más cercana.

6.6 LA EMPACADORA O CENTRO DE ACOPIO

6.6.1 EMPAQUE EN EL CAMPO

Los productos frescos son muy delicados y se dañan fácilmente, por lo tanto entre menos se manejen, menos se dañan. También, cada vez que son manejados probablemente costará dinero porque la mano de obra es costosa. La tendencia moderna es empacar el producto en el campo en los empaques en los cuales pasará por toda la cadena de mercadeo. Un ejemplo de esto es el empaque en el campo de los bananos para exportar como se practica en las Islas Windward y el empaque en el campo de las fresas sembradas en el área de Bogotá. (Diapositivas/fotografías 6.27 a 6.33)

6.6.2 EMPACADORAS SENCILLAS

Este tipo de empacadoras se usan donde hay una baja entrada de productos. Pueden ser utilizadas para el mercado local o también para la exportación. Tienden a utilizar el más mínimo equipo mecánico y los que se usan tiende a ser de pequeña capacidad y de fácil mantenimiento (Figura 6.8). (Diapositiva/fotografía 6.34).

El tamaño, el diseño de la planta empacadora, el equipo y el espacio requeridos, dependerán del tipo y volumen del producto, los requerimientos del mercado, la infraestructura local, su ciclo de vida y su costo proyectado. En las etapas de planificación, los factores a considerarse incluyen:

- Operaciones a efectuarse
- Localización de un sitio apropiado
- Diseño de la estructura
- Materiales para construcción disponibles
- Equipo a usarse
- Administración.

Dependiendo del producto o productos que se manejen y el mercado que se esté atendiendo, algunas o todas las operaciones se llevarán a cabo:

- Recepción
- Descargue
- Inspección
- Registro
- Selección y clasificación
- Tratamientos especiales, si se requieren (limpieza o lavado, aspersión, fungicida, selección, grado de tamaño)
- Empacado
- Tratamientos post-empaque, si se requieren (fumigación, enfriamiento, almacenamiento)

- Embalaje
- Despacho.

Figura 6.8

Empacadora sencilla - herramientas de operación



Caseta para empaque central para proteger las cajas de la lluvia y el sol.

Plano de una mini-empacadora/caseta de empaque central- bandas transportadoras - baño fungicida - mesa de selección - mesas de empaque - estibas para el apilamiento.

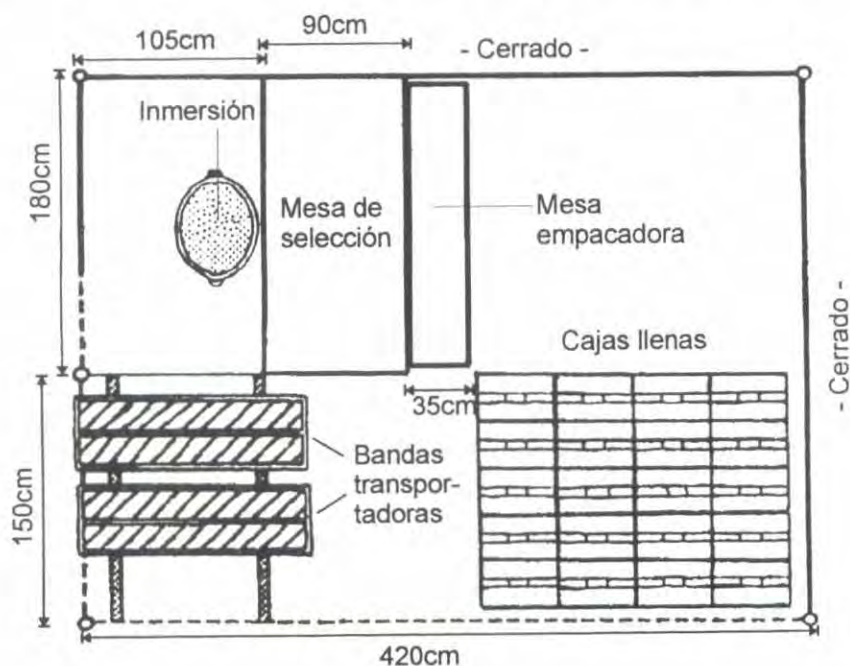


Figura 6.8

Windward Islands Banana Development and Export Development Company, St Lucia.

Lo que se debe evitar a todo costo es el estado de confusión en donde, en un mismo sitio cubierto donde se tengan desechos de plantas, el producto está siendo recibido, clasificado, limpiado, sumergido en fungicida, empacado y arrumado para su despacho.

Cuando varios productores llegan a la empacadora, el envío debe ser:

- Etiquetado para identificar su fuente y fecha de llegada
- Revisar cantidad y peso enviado
- Muestreo para chequear la calidad, si es necesario
- El área de recepción debe estar organizada para que el producto se mueva a través de la operación de empaque en el mismo orden de llegada: primero que entra, primero que sale.

6.6.3 EMPAQUE DE BANANO

Es importante que la fruta se fije dentro de la caja para que se sostenga apretada y reducir el movimiento de la fruta durante el transporte, pero no tan apretada como para que la fruta esté comprimida. Los bananos pueden variar considerablemente en tamaño, pero la caja que contiene la fruta debe permanecer del mismo peso. Esto ha llevado al desarrollo de técnicas en el empaque de los gajos de banano usando películas de poliestireno y corrugado de pulpa.

6.7 DISEÑO DE UNA EMPACADORA GRANDE

La empacadora es el centro de una operación de manejo. Los productos llegan del campo en una variedad de empaques y caen en otra variedad de empaques diferentes. La distribución de la edificación debe permitir un tráfico eficiente. La reversa de los vehículos hacia cualquiera de los puertos de carga debe ser un procedimiento sencillo así muchos de los puertos estén en uso. La altura del sitio hasta el trailer de los camiones es de aproximadamente 1.25 m. de alto. Por lo tanto el acceso de los camiones debe ser de la misma altura para ayudar al cargue con grúa, carretilla o cualquier otra forma de carga. La distribución más popular para las empacadoras es que tengan disposición de puertos hacia la carretera para que los camiones puedan entrar, retroceder, cargar y salir. Las oficinas pueden colocarse por un costado o incluso a lo largo del puerto aunque el ruido es un problema ya que los camiones grandes tienen motores ruidosos y por lo tanto las oficinas se colocan a un costado. Las oficinas a menudo también son diseñadas para que haya una vista hacia el interior de la empacadora (Figuras 6.8 y 6.9) (Diapositivas/fotografías 6.35 a 6.39).

El sitio de carga de los productos empacados está usualmente situado en la parte opuesta al punto de descargue para poder facilitar el movimiento de los productos. Si el producto que llega no puede cargarse inmediatamente, éste debe esperar turno en la empacadora para un momento conveniente. En climas calientes o húmedos se debe prever alguna forma de sombra o techo. Una solución común para estos problemas es una sección adyacente al edificio para recibir productos que se van a almacenar temporalmente.

Figura 6.9

Plano de una empacadora mostrando doble procesamiento y línea de empaque, espacio amplio de almacenamiento y pasillos

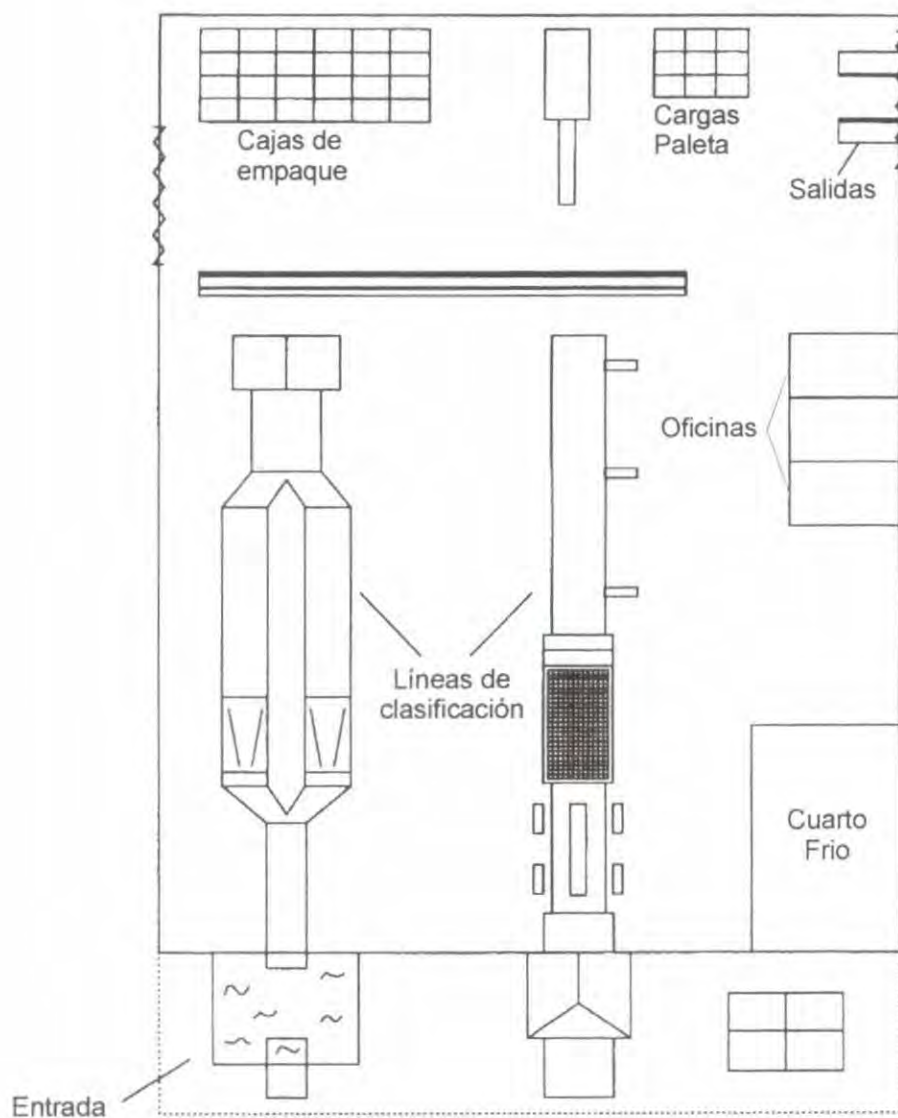


Figura 6.9

Clarke, B. (1996). Packhouse operations for fruit and vegetables. In Postharvest technology and fruit and vegetable by A K Thompson. Blackwell Science 189-217.

Flujo del producto

El procesamiento de cualquier material en masa en una situación industrial puede hacerse de una forma lógica y programada para poder lograr un alto grado de eficiencia. Algunas empacadoras operan sobre un producto sólo cuando llega en un momento dado cada año y también opera por un período fijo en cada temporada. Esto se aplica particularmente a productos de naturaleza permanente como manzana, naranja o piña. Si el clima es tal que un abastecimiento continuo puede mantenerse entonces esto simplifica el diseño (Figura 6.10). Esta es la excepción, sin embargo, especialmente en climas templados donde se procesarían a menudo una alta variedad de productos especialmente hortalizas. Es de interés para los inversionistas del negocio mantener ocupados los instalaciones, la maquinaria y la mano de obra durante todo el año, excepto los festivos. Esto es desafortunadamente un ideal que pocos pueden lograr máximas y mínimas de actividad tienden a ocurrir por la misma naturaleza de la agricultura. Asumiendo que la empacadora ha de diseñarse para manejar una variedad de productos, entonces la maquinaria debe seleccionarse y adaptarse al alcance de tamaños y formas de los productos.

La banda seleccionadora de malla, por ejemplo, debe poseer una variedad de tamaños de malla que sean fáciles de cambiar y puedan manejar papa, cebolla, remolacha, etc.

Sería mucho más adecuado tener dos líneas de procesamiento pequeñas en vez de una. Si un trabajo grande entra a la empacadora pueden manejarse dos líneas simultáneamente. Si dos productos se deben manejar urgentemente entonces éstos pueden ser manejados simultáneamente. Dos líneas significa que en el caso de que una se dañe por lo menos una línea continuará funcionando para los trabajos urgentes y toda la mano de obra no tiene que mandarse a la casa. También se incorporaría una variedad diferente de máquinas clasificadoras en las dos líneas para que más variedad de productos puedan ser procesados. Por ejemplo una de las líneas puede incorporar un medidor divergente con rodillo mientras el otro puede tener un medidor masivo. Muchas empacadoras tendrán un producto principal como el aguacate o la naranja, los que determinarían la clase de maquinaria a usarse, pero ésta no se ocuparía toda la temporada, entonces sería ya cuestión de buscar apoyo de otros productos de la zona. El mismo principio se aplica a la maquinaria de empaque como también en los seleccionadores. Una empacadora probablemente tendrá dos tipos de sistema de empaque: una máquina automática con red y una línea manual de empaque. Sería muy común que estas dos líneas operen paralelamente. El sistema de carga puede ser de diferentes tipos uno para manejar productos frágiles y otros para manejar productos más fuertes.

Equipo requerido en una empacadora

Las cajas de estiba se usan para traer el producto del campo, entonces un volteador de caja debe emplearse para llevar el producto al recogedor que alimenta al transportador que lo llevará a la empacadora. El transportador asegurará un flujo estable del producto. Si las cajas se cargan en la línea automática entonces pueden dejarse para que llenen el cargador de turno y hacer una alimentación completa de todos los procesos subsecuentes hacia la empacadora. Cualquier otro sistema de entrada podría ser inadecuado y esto por supuesto nos llevaría a una operación ineficiente de las máquinas y de los trabajadores que están inspeccionando o empacando, etc.

Figura 6.10
Manejo, selección y destino

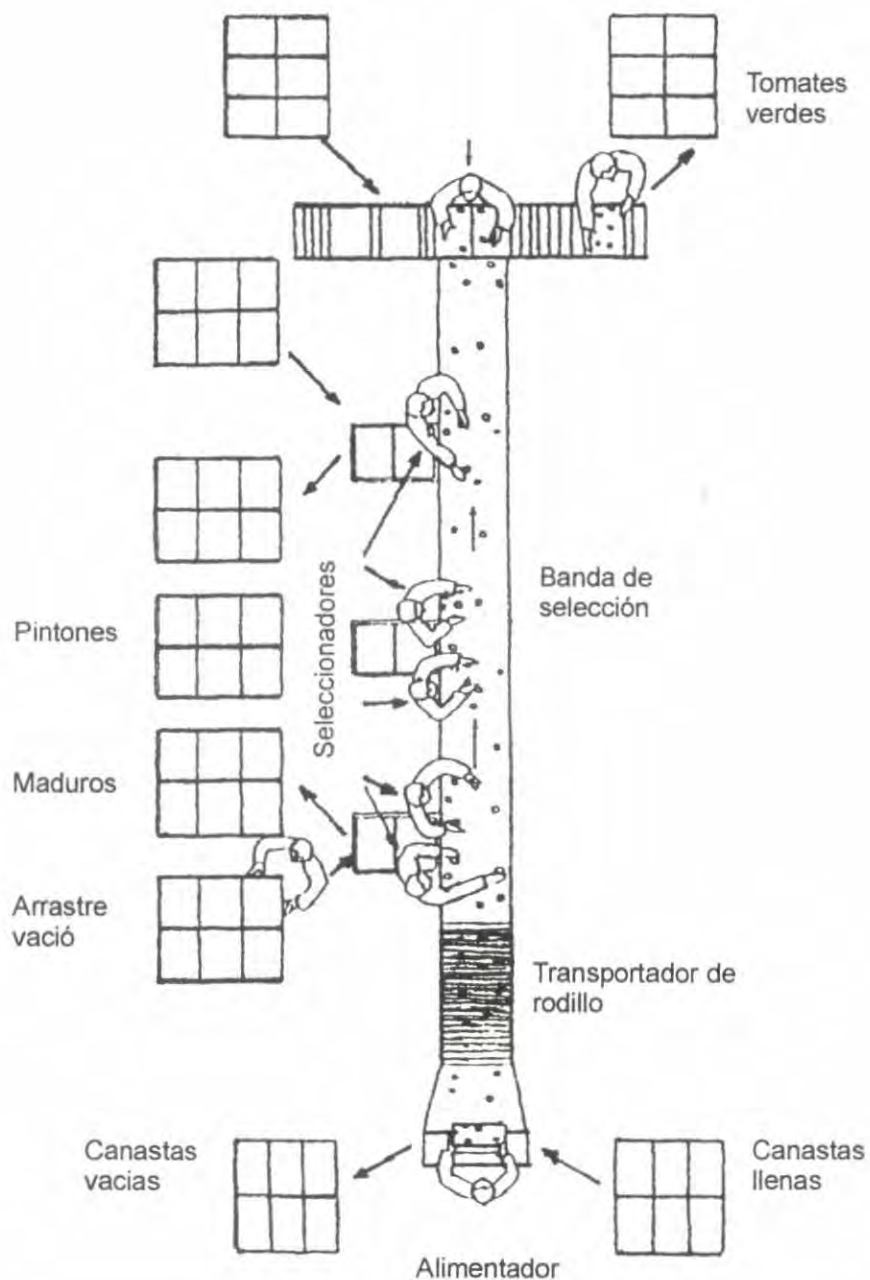


Figura 6.10

Clarke, B. (1996). Packhouse operations for fruit and vegetables. In Postharvest technology and fruit and vegetable by A K Thompson. Blackwell Science 189-217.

Un volteador de cajas representa un avance significativo mejorando los sistemas sencillos de monta cargas. La operación aún depende de los montacargas u otros elevadores de caja para poder colocar la caja en línea con hasta, quizás, 10 cajas más. El volteador simplemente toma una caja a la vez y la voltea hacia el alimentador. Esto necesita un ángulo de volteo de por lo menos 135° para vaciar la caja. La caja luego es enderezada y continua por el transportador de rodillos a donde espera hasta que el sistema esté lleno con cajas vacías y éste se apaga automáticamente. El operador tiene que despejar el transportador de rodillo para permitir que el proceso continúe. La ventaja de esta máquina es que el monta cargas puede funcionar con estabilidad durante un período fijo simplemente cargando el transportador y luego dejándolo para que alimente el recogedor automáticamente mientras que el monta cargas puede llevar a cabo otras tareas. El beneficio es que el índice de alimentación hacia la empacadora se torna virtualmente sin interrupción y la capacidad de cargado de la monta carga no está limitada a la tasa de alimentación.

El engranaje de la banda ondulada que lleva el producto hacia la empacadora usualmente es minimizada para evitar que el producto se ruede y se caiga. La inclinación también debe ser limitada a más o menos 10° para evitar que el producto se ruede hacia atrás. Las anchuras típicas de la banda están alrededor de uno a dos metros para la mayoría de los productos, ya que éstos tienen la capacidad para la totalidad de una caja estándar de 1.3 m^3 en más o menos diez a veinte segundos avanzando a 1.5 m . por segundo, ésto es lo suficiente rápido para cualquier tratamiento dentro de la empacadora.

Un sistema alternativo es la alimentación de inmersión en agua que los productos como manzana y naranja floten. Este es mucho más suave que el volteador de cajas ya que el producto es levantado de la caja por flotación.

Lavado

Tan pronto como el cultivo entra a la empacadora normalmente pasa por alguna forma de prelimpiado por aspiración o lavado. Si el producto viene mojado del campo o alimentado por inmersión éste normalmente es prelimpiado con agua pero ésto depende de el producto. Muchos productos no pueden ser lavados porque ésto puede incrementar sus niveles de pudrición ya que ésto ofrece un adecuado ambiente para el desarrollo de hongos y bacterias. Ciertos químicos pueden agregársele al agua para mejorar su acción de limpieza, por ejemplo una cucharadita de cloro por galón ($5 \text{ ml} / 4.2 \text{ Lt.}$ de agua) para oxigenar y purificar el agua. Ciertos productos pequeños son lavados en sistemas que permiten que el producto flote para eliminar contaminantes flotantes y sumergidos. Estos pueden diseñarse específicamente para un producto en particular como el lavador de arveja. El agua en estos lavaderos a menudo es pasada por cedazos y reciclada para minimizar el consumo de agua. Sin embargo, se necesitan 2.5 m^3 por hora para cuatro toneladas por hora de arveja.

Otro sistema para el lavado es simplemente pasar el producto por debajo de una barra de aspersión. El transportador normalmente utiliza rodillos que expondrán cada lado de la fruta u hortaliza al agua antes de pasarlo bajo un juego de cepillos. Si se necesita la limpieza entonces se pueden instalar rodillos con esponjas después de los cepillos para que absorban el exceso de agua o también tener un túnel de secado con aire tibio. Si se requiere, otras posibilidades se pueden adaptar a este tipo de tratamiento, como pueden ser equipos para el encerado, polichado y rotulado, lo que será discutido más adelante.

(Diapositiva/fotografía 6.40).

Limpieza en seco

Algunos productos son limpiados sin agua. Hay sistemas de cepillos secos que sueltan cualquier hoja o partícula levemente adherida y dan un efecto de brillado con la opción de aspirar. La limpieza con cepillos también es significativamente más barato y puede darse en forma de máquina portátil.

Los aspiradores son máquinas simples que se valen de una fuerte succión de aire que quita cualquier hoja o materia que esté levemente adherida. El principio de esta operación es que las impurezas más liviana que el se suspende arriba bajo una corriente de aire vertical más rápido que la materia menos pesada. El arrastre aerodinámico tiene una mayor influencia sobre las partículas más planas o las partículas de superficie tosca y serían las más fácilmente aspiradas.

Encerado y brillado

Muchas frutas se pueden beneficiar de la aplicación de ceras y del brillado posterior (Figura 6.11). Esto no es simplemente para mejorar la apariencia, la que por su puesto es muy importante, sino también para mejorar la calidad del almacenamiento del producto. Cuando el producto está en el campo o, incluso, durante la cosecha, transporte, lavado o clasificación éste puede sufrir rasguños o abrasiones que no sólo remueven las capas naturales sino que hieren la capa protectora de la cáscara alrededor de la fruta. El lavado, en particular, es esencial en la remoción de desechos de pájaro, marcas de insectos, residuos químicos y mugre del campo, pero puede remover mucho de la capa natural de cera, especialmente, si se usa con detergentes. La capa natural de cera reduce la pérdida de humedad de la fruta.

Productos como los cítricos pueden mejorar su apariencia con aplicaciones de cera sintética y algunos productos pueden agregar colorantes a la cera para poder modificar el color además de proveer un mejor brillo. Se prefieren las ceras naturales como las de cera de la caña de azúcar, cera carnauba y shellac y varias resinas.

Estas pueden aplicársele a la fruta en espuma, baño líquido, rocío líquido o por rodillos de esponjas o de cepillo.

Clasificación

Esto puede llevarse a cabo en máquinas, pero normalmente hay un momento de inspección manual así sea inmediatamente antes o inmediatamente después de la máquina de clasificación. La clasificación manual es necesaria para remover todos los imperfectos del producto no reconocidos por el sistema de clasificación de la máquina. Las máquinas de clasificación son de 3 categorías principales, dependiendo de la calidad que se va a clasificar:

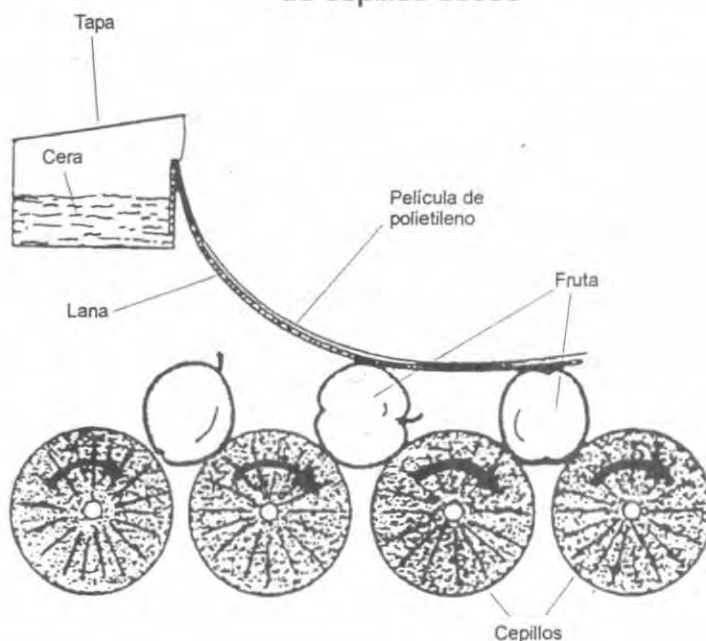
- Tamaño
- Peso
- Color
- Perfil.

Otras máquinas que han sido consideradas incluyen aquellas que miden el alcance de la

acústica y propiedades ópticas, de firmeza y elasticidad. (Diapositivas/fotografías 6.41 a 6.43).

Figura 6.11

Máquina enceradora, diseñada para ser usada después de una serie de cepillos secos



La lana industrial se utiliza para distribuir la cera líquida sobre la fruta.
La película de polietileno reduce la evaporación de la cera.

Figura 6.11

Clarke, B. (1996). Packhouse operations for fruit and vegetables. In Postharvest technology and fruit and vegetable by A K Thompson. Blackwell Science 189-217.

Clasificadores por tamaño

Pueden incorporar un elemento de forma en que el componente retenedor de la máquina puede ser de tal forma para seleccionar el diámetro máximo o el diámetro mínimo como con el sistema de rodillo divergente. Los Clasificadores por tamaño están disponibles en varias formas, tienen números diferentes de puntos de contacto y aberturas diferentes de forma. La principal limitación es que la mayoría de las máquinas son bidimensionales y los productos pueden ser puestos hacia arriba para poder pasar. Otros aspectos importantes, además de la precisión, en el clasificado son la delicadeza para con el producto, disponibilidad, costo de la máquina y flexibilidad para manejar una variedad de productos. Las máquinas mecánicas bien establecidas se usan primero en esta sección seguidas por las máquinas más recientes con sistemas de visión.

Clasificadores de tamiz. Una vibración en la banda asegura que cualquier producto más pequeño que el hueco de la banda pase y caiga a un conducto o transportador que está debajo. La máquina tendría dos o tres bandas con la más pequeña adelante para permitir la remoción primero de los tamaños más pequeños. El tamaño de la malla se incrementa

para las correas posteriores y la fracción más grande sería la que llevaría el producto de la banda de malla más grande.

Clasificador con banda divergente. Hay una amplia variedad de equipos que emplean el mismo principio básico de elementos divergentes. El producto es transportado por un canal angosto que incrementa su ancho a medida que avanza hasta que el ancho del canal sea tal que el producto caiga por gravedad a una banda o conducto que está abajo. El canal puede formarse de un par de correas que en sí mismas son de sección redonda, en poliestireno o cualquier otro plástico flexible. La correa debe ser ajustable, resistente al uso, ser flexible, de fácil limpieza y no ser sensible a la temperatura. También debe evitar que tome una posición permanente o de deformación. La banda tiene que clasificar entre tamaños de más o menos 2mm de diferencia en diámetro. El producto en sí tiende a mantener las correas separadas a medida que deslizan a lo largo de rieles guiados. Las correas tienen que ser ajustables a diferentes diámetros para adecuarse a cualquier tamaño de los productos, desde olivas hasta toronjas, siempre y cuando sean más o menos redondos. Las formas como las de los cítricos y los tomates son ideales aunque no es imposible usar el principio divergente para clasificar productos largos y delgados como la cebolla larga. En este caso el clasificador discrimina por el grosor del tallo.

Clasificadores con rodillos. Esta es otra variación sobre el tema de elementos separables en donde el producto es llevado por una serie de rodillos que se separan más y más a medida que se mueven a lo largo de la mesa. Los productos pequeños caen por el primero y los más grandes caen más adelante. La ventaja de esta máquina es la alimentación comparada con máquinas de una sola hilera.

Clasificadora iris. El mejor mecanismo para dar un hueco redondo es la máquina iris que en vez de tener sólo dos eslabones tiene un juego de elementos acomodados en un iris con un hueco central. Si el iris tiene seis elementos entonces el hueco que tiene seis lados, que aunque no es perfectamente redondo, es lo suficientemente uniforme para clasificar con precisión entre productos redondos o productos largos. El mecanismo presentará un hueco redondo para cualquier tamaño de producto. Los iris recogerán una fruta a la vez en el punto de entrada de la máquina y luego se moverán a lo largo de un carril. Los iris se amplían a medida que se mueven presentando un diámetro incrementado de hueco al producto. El producto se cae en el lugar apropiado como en las otras máquinas. Aún existe la posibilidad de que ocurra error en esta máquina que a lo mejor sólo es capaz de distinguir entre dimensiones en un plano y no hay rotación del cultivo para ayudarlo a pasar por el diámetro menor.

Clasificadoras masivas. A pesar de la sofisticación de la máquinas de elementos divergentes éstas, pueden a lo mejor, sólo clasificar el tamaño, mientras que las frutas y las hortalizas son compradas y vendidas invariablemente por peso y tamaño como lo percibe el comprador. Cada producto tiene que ser pesado individualmente en este caso y aunque trae como resultado una entrada más lenta a una máquina más costosa no deja de justificarse por los altos costos de los productos. (Diapositivas/fotografías 6.44 a 6.49).

Clasificadores de color por reflectividad. Varios productos son comprados con base en su color como es en el caso de los tomates, pimentones, manzanas. Los colores usuales que deben juzgar son verde, amarillo y rojo que pueden fácilmente ser juzgados por técnicas fotoeléctricas. El principio de esta operación es que la luz brilla, y proviene de por lo menos

dos fuentes, hacia el producto y la luz reflejada es recibida por las celdas fotoeléctricas. Un reflector detrás de los productos muestra uno de los colores del producto.

6.8 PRACTICA: ERGONOMIA

Movimientos del empaque

Asumiendo que el trabajador está de pie, el diseño típico de la estación del trabajo se muestra abajo. El producto debe llevar a la mano en ambos planos vertical y horizontal a medida que sale del clasificador o al transportador. No debe ser necesario mover el brazo excesivamente. Si el producto es enviado con precisión al sitio correcto para ser recogido entonces se necesitarán solamente pequeños movimientos de muñeca para llevar el producto desde la bandeja de envío hasta la caja. Productos más grandes a menudo se les permite un espacio más amplio y por lo menos dos unidades puedan ser tomados para que rápidamente sean empacados.

La descarga debe ser a la misma altura del borde de la caja. Puede haber un pequeño obstáculo para evitar que la fruta se caiga de la caja pero no es un obstáculo por encima del cual la mano tendría que alzar la fruta. La fruta puede llegar por el frente de la caja o por cualquiera de los costados. De esta forma la mano puede levantar una fruta que está más cercana al espacio vacío en la caja y así tener una distancia mínima de movimiento con la fruta. Una altura cómoda del borde superior de la caja está entre 5 a 10 cm. por encima de la altura de la cintura de la mayoría de las personas. Esto da un fácil acceso a la parte inferior de una caja mientras no requiera ningún esfuerzo horizontal del brazo por un tiempo relativamente largo. La caja también puede inclinarse hacia la empacadora para poder presentar una vista más clara de la parte inferior de la caja.

La variación en altura de los diferentes trabajadores nos hace preguntarnos si alguna empacadora realmente provee ajustes de altura para el trabajador quien normalmente variaría una altura de hasta 300 mm. Su altura de cintura también variaría hasta 150 mm lo que significa de que si es colocado correctamente primero para el más alto y luego al más bajo quien estaría mirando una caja que es 150 mm más alta. Este problema tiene solución ya que al más bajo puede tener con un banco que tenga una baranda para prevenir accidentes.

Hay diferentes preferencias entre los trabajadores si ellos deben sentarse o pararse aunque rara vez hay una alternativa para un equipo de trabajadores en particular. Usualmente o se sientan todos o se paran todos. Si los trabajadores desean sentarse durante el trabajo el único requisito es que puedan alcanzar las cajas vacías, separadores y divisores con facilidad. Los asientos tienen que ajustarse a la altura para que se acomoden a las diferentes alturas de los trabajadores. El espaldar del asiento también debe estar derecho para que tenga un buen soporte a la parte mediana de la espalda. El asiento también debe poderse meter debajo de la mesa de empaque para poderle permitir al trabajador que traiga la caja hacia su cuerpo. No hay una regla acerca de si se sientan o se paran, pero los productos más pequeños, como el tomate y la fruta kiwi, probablemente se manejan más fácil si están sentados y los productos más grandes, como el aguacate y la manzana, mientras están parados. Esto puede ser porque los productos más pesados necesitan un poco más de estabilidad de pie. Aunque uno también debe suministrar, a los trabajadores sentados, una base buena y firme a la altura correcta para los pies lo que evita que mezan el asiento.

Otro trabajo se ha enfocado sobre los soportes de vara que suministran un soporte para los glúteos a medida que los trabajadores se recuestan. Banquillos angulados para pie también debe suministrarse para igualar esta postura.

En todos los casos una amplia provisión de cajas vacías y separadores debe estar lista para ser cogidos fácilmente con la mano. Las cajas vacías a menudo se suministran por un riel que pasa por encima y detrás de los trabajadores y los otros requerimientos a un lado. Esto significa que el trabajador tiene que voltearse y estirarse de vez en cuando y esto no es malo ya que le da al trabajador oportunidad de moverse brevemente del puesto fijo para el empacamiento. Si el trabajador pasa mucho tiempo parado en un sólo lugar esto puede ocasionarle alguna clase de deterioro físico. Las cajas vacías por lo tanto deben posicionarse dentro de un alcance de un movimiento combinado de brazo y paso para fácil acceso.

El descargue de las cajas llenas a menudo se hace accionando una palanca de mano o pie para enviar la caja por el transportador para que se una con las otras cajas llenas. Esto es mucho mejor que el método más simple y barato de alzar la caja, volteando hacia un lado y colocándola en un montón listo para ser recogido por el montacargas o incluso por carretilla como se vé en algunas instalaciones. Incluso podrá haber un transportador de rodillos colocado detrás de los trabajadores para llevarse las cajas llenas. Esto claramente puede causar daño si se lleva a cabo por mucho tiempo.

La posición de la caja debe estar tan cerca como sea posible al cuerpo del trabajador para que siempre haya una vista clara hacia la parte inferior de la caja y los brazos no tengan que estirarse muy lejos. Descansos regulares y frenos asegurarán que la mano de obra no se sobre-cargue y que se mantenga un alto nivel de eficiencia. Las tareas deben ser rotadas para que los trabajadores no les de pereza o se aburran con el mismo trabajo día tras día. Esto es malo para la moral del trabajador y lo lleva a la ineficiencia. Una vez que todos los principios hayan sido aplicados se puede esperar una empacadora de alta eficiencia la cual muy probablemente sería mucho más eficiente en términos de tiempo y dinero que una máquina robot totalmente automática. Un robot de este tipo probablemente exista en la tecnología actual pero no es factible comercialmente. Esta situación podría cambiar en el futuro.

Objetivo

- Comprender la importancia de la comodidad y la conveniencia como auxiliares de la eficiencia en una fábrica empacadora de frutas.

Materiales y Equipos

- Cada grupo debe contar con una caja (o canastilla) llena de frutas y dos cajas (o canastillas) vacías
- Bandeja alimentadora para llevar la fruta a la altura del borde de la caja
- Dos o tres cajas alimentadoras
- Cronómetro/reloj.

Método

- Suministrar "fruta" en una mezcla al azar en el piso y colocar en filas las cajas en la banca. Tiempo (cada persona en el grupo replica el ejercicio)

- Repita una con el fruto a 0.6 m de altura, mida el tiempo para llenar la caja en la banca (cada persona en el grupo repite el ejercicio)
- Repita con la fruta disponible a un lado únicamente a la altura de la banca. Registre el tiempo (cada persona en el grupo repite el ejercicio)
- Repita con la fruta disponible en ambos lados (cada persona en el grupo repite el ejercicio)
- Repita con la fruta disponible a la altura de la caja, ambos lados y frontal de la caja inclinados hacia adelante
- Atención. La altura del borde de la caja debe estar a más o menos 10 cm por encima de la altura de la cintura.

Análisis y discusión

- Compare los tiempos relativos para llenar la caja
- Discuta la fatiga y el esfuerzo que se usó en cada caso
- Discuta la concentración mental, enfoque de los ojos, se involucraron varios grupos de músculos?, es un trabajo tedioso?
- Discuta los efectos de la edad, entrenamiento, sexo, incentivos, temperatura, técnicos, tamaño físico, estado físico, parado o sentado, etc.
- Haga propuestas:
 - Mejorar altura, posición de la caja, y artefactos de alimentación
 - Comente acerca de los tiempos de relajamiento, daños repetitivos, otros intereses música, grupos de trabajo.

6.9 PRACTICA: EMPAQUE

Objetivos:

- Para poder acertar en la estructura y los factores que le dan fuerza a los cartones usados para el manejo del producto fresco.

Requerimientos:

- Cuatro cartones vacíos que han sido usados para el transporte de fruta fresca
- Dos juegos calibradores de hoja
- Una balanza electrónica que pese por lo menos 100 grs. al 0.1 gramo
- Regla y papel graficador
- Determinación de tipo ondulado
- Medida General del Calibrador de hoja (grosor)
- Medida de grosor
- Corte 10 cm² para una prueba, con un lado preciso a lo largo de la dirección del ondulado
- Cuente el número completo de ondulados en una longitud de 10 cm. Calcule los ondulados por metro y determine si es un ondulados A-B-C
- Examine formaciones de ondulado para ver si hay defectos
- Mida el grosor general de la hoja con un micrómetro (25 mm de diámetro yunque)

- Mida el grosor de las carátulas internas y externas sin separación usando un micrómetro especial
- Corte pedazos de carátula (y si es posible de la pared del centro) entre ondulados, mida el grosor con un micrómetro de Yunque convencional plano
- Determinación del peso base de la hoja y sus componentes
- La condición del material de prueba
- Usando una plantilla de 10 cm x 10 cm y un cuchilla con filo, 3 pedazos de prueba de la caja muestra, codifique cada pieza por ambos lados con lápiz
- Pese cada pieza al miligramo más cercano
- Calcule el gramaje total (peso base) en gramos por m²
- Sumerja la pieza prueba en agua (preferiblemente tibia) en una jarra de 2 litros con las piezas prueba paradas en el borde con los ondulados verticalmente
- Examine frecuentemente si los papeles se han separado espontáneamente, o se puede lograr esto con una suave manipulación, enjuague cada componente bajo la llave y remueva tanto adhesivo como sea posible. Luego proceda al paso número 8
- Si el adhesivo es resistente al agua, continúe el enjuague durante varias horas, luego, si es necesario, use una espátula o un cuchillo para quitar el pegante entre la parte interna de la superficie de las carátulas y el ondulado
- Seque y separe los papeles, luego transfíralos a un horno a 105°C, suavizando los ondulados tanto como sea posible. Cuando estén totalmente secos, retorne los papeles al cuarto acondicionado y colóquelos para que haya un libre acceso de aire
- Después de un mínimo de 15 minutos, aplaste las muestras de ondulado al pisarlo con un rodillo. Recórtelos a una área de 100 cm²
- Pese cada papel separado aproximando al miligramo más cercano
- Calcule los valores medidos en gramos por m² para cada carátula y ondulado, aproximando los resultados a la unidad más cercana.

CAPITULO VII

TRATAMIENTOS PREALMACENAMIENTO

Objetivos de la capacitación:

- Describir los diferentes métodos que pueden ser usados para prolongar el almacenamiento y la vida durante el transporte de las frutas y hortalizas en fresco y seleccionar los métodos y las tecnologías apropiadas para determinadas circunstancias
- Describir los diferentes métodos que pueden ser usados para pre-enfriar frutas y hortalizas frescas.

Objetivos del aprendizaje:

- Comparar los diferentes métodos usados y las tecnologías que están disponibles para el tratamiento de frutas y hortalizas en fresco en el almacén y la empacadora
- Comparar los diferentes métodos usados y las tecnologías que están disponibles para el pre-enfriamiento de frutas y hortalizas frescas, y evaluar los diferentes métodos en términos de su conveniencia para los diferentes productos y su adaptabilidad a las diversas fases del ciclo de mercadeo.

Temas a considerar:

- Curación de cultivos de raíz
- Secado de cultivos de bulbo
- Tratamientos de agua caliente para controlar enfermedades
- Tratamiento de calentamiento a vapor para controlar enfermedades
- Métodos de aplicación de químicos
- Capas para frutas y radiación
- Factores que afectan la tasa de pre-enfriamiento de los productos
- Uso de aire
- Enfriamiento en cuarto
- Enfriamiento con aire forzado
- Hidroenfriamiento
- Enfriamiento al vacío.

CAPITULO VII

TRATAMIENTOS PREALMACENAMIENTO

7.1 TEMPERATURA ALTA

La exposición de frutas y hortalizas a altas temperaturas, durante la post-cosecha, generalmente reducen su período de almacenamiento o vida útil. Esto se debe a que son seres vivos y cuya tasa metabólica es normalmente más alta a medida que la temperatura se incrementa. Los tratamientos de temperaturas altas pueden tener también efectos benéficos: Por ejemplo, al curar productos de raíz, secar productos de bulbo y controlar plagas y enfermedades en algunas frutas. Muchas frutas son expuestas a altas temperaturas, a menudo en combinación con etileno u otro gas apropiado, para iniciar o mejorar la maduración o el color de la cáscara.

7.1.1 CURACION

Muchos productos de raíz tienen una capa corchosa sobre la superficie la cual es llamada eperidermis. Esta sirve como protección contra infecciones por microorganismos y la excesiva pérdida de agua. Esta capa puede ser quebrada o averiada durante las operaciones de cosecha y manejo post-cosecha, así que la curación es esencialmente una operación de sanación de heridas para reemplazar la peridermis dañada.

Curación de papa

Esto involucra el suberin que se deposita en las células parenquimáticas justamente debajo del área averiada del tubérculo (Figura 7.1). Su respuesta rápida probablemente se debe a enzimas inducidas o estimuladas por un regulador endógeno. El suberin está formado por grupos de ácidos grasos que proveen protección inicial al tubérculo contra pérdidas de agua e infecciones. Debajo de las células suberizadas se forma una capa meristemática de células, la eperidermis, también conocida como cambium o corcho. Esto produce nuevas células que sellan el área averiada. Ambos procesos son sensibles a la temperatura y humedad. A continuación se muestran diferentes velocidades de suberización (curado) en la papa dependiendo de la temperatura:

- Un día a 21°C y más
- Dos días a 15°C
- Tres días a 10°C
- De cinco a ocho días a 5°C
- Más de ocho días a 2.5°C.

El tiempo para la formación de la peridermis, después de la suberización, depende del producto y la variedad, pero en general toma cerca de un día a 15°C, más de tres días a 10°C y cinco días a 7°C. No ocurrió formación peridérmica en diez días a 5°C. Otro factor importante que controla la curación es la humedad relativa alrededor del tubérculo de la papa. A 12°C y una deficiencia de presión vapor (DPV) de 3,8 mm. de mercurio (mm. Hg) (73% HR) no hubo formación de suberin ni peridermis a los seis días. A la misma temperatura (12°C) y 2.7 mm. Hg de DPV (83,5%HR), se habían formado 1 a 1.5 capas de células

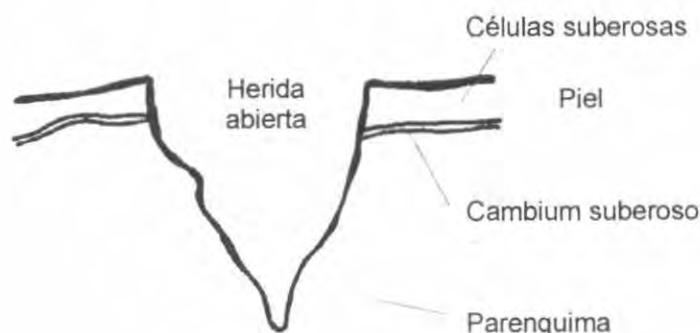
suberizadas, A 0,6 mm. Hg de DPV (95%HR) se formaron dos capas de células suberizadas. En los dos DPV más altos no se formó peridermis, pero en el DPV más bajo una peridermis se formó en un período de nueve días.

En otro experimento se comparó un DPV de 2.2 mm. Hg (81%HR) con un DPV de 0.4 mm. Hg (96%HR) a 65°C durante 53 días de almacenamiento. La suberización había ocurrido en ambos DPV. La formación de peridermis no ocurrió en el más alto pero si estaba bien desarrollada en el DPV más bajo, Los tratamientos de supresiones de retoño químico, antigerminantes inhiben la formación peridérmica.

Figura 7.1

Curación de la herida

A. Herida abierta e incurada



B. Herida curada

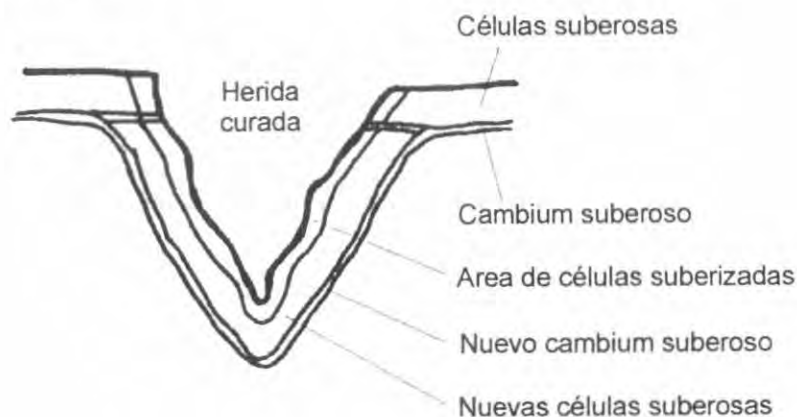


Figura 7.1

Been, B. O., Perkins, C. and Thompson, A. K. 1976. Yam curing for storage, *Acta Horticulturae* 62, 311-316.

Figura 7.2

Sección histológica a través de la superficie de tubérculos de ñame después de siete días de curación y ocho días de almacenamiento

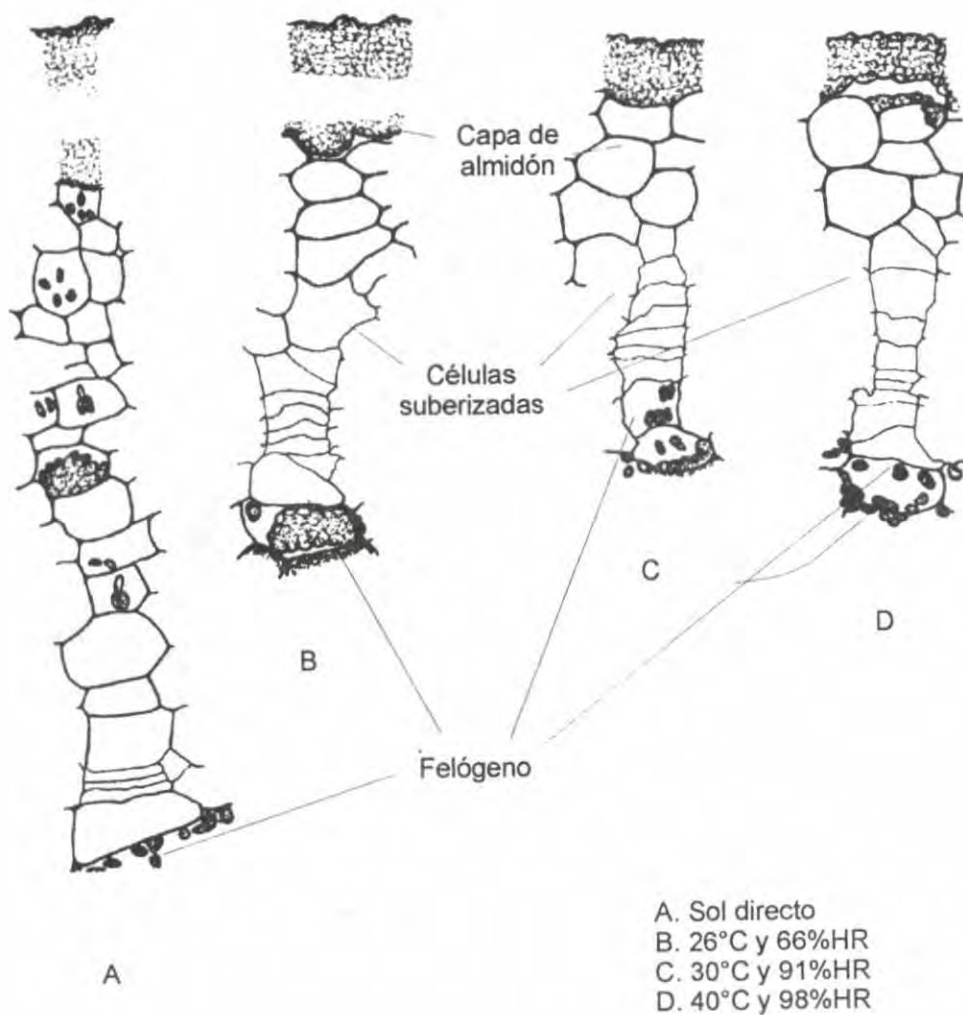


Figura 7.2

Been, B. O., Perkins, C. and Thompson, A. K. 1976. Yam curing for storage, *Acta Horticulturae* 62, 311-316.

Figura 7.3

Cambios en el grosor de tejido de la herida después de la curación y durante el almacenaje a 26°C y 66% HR

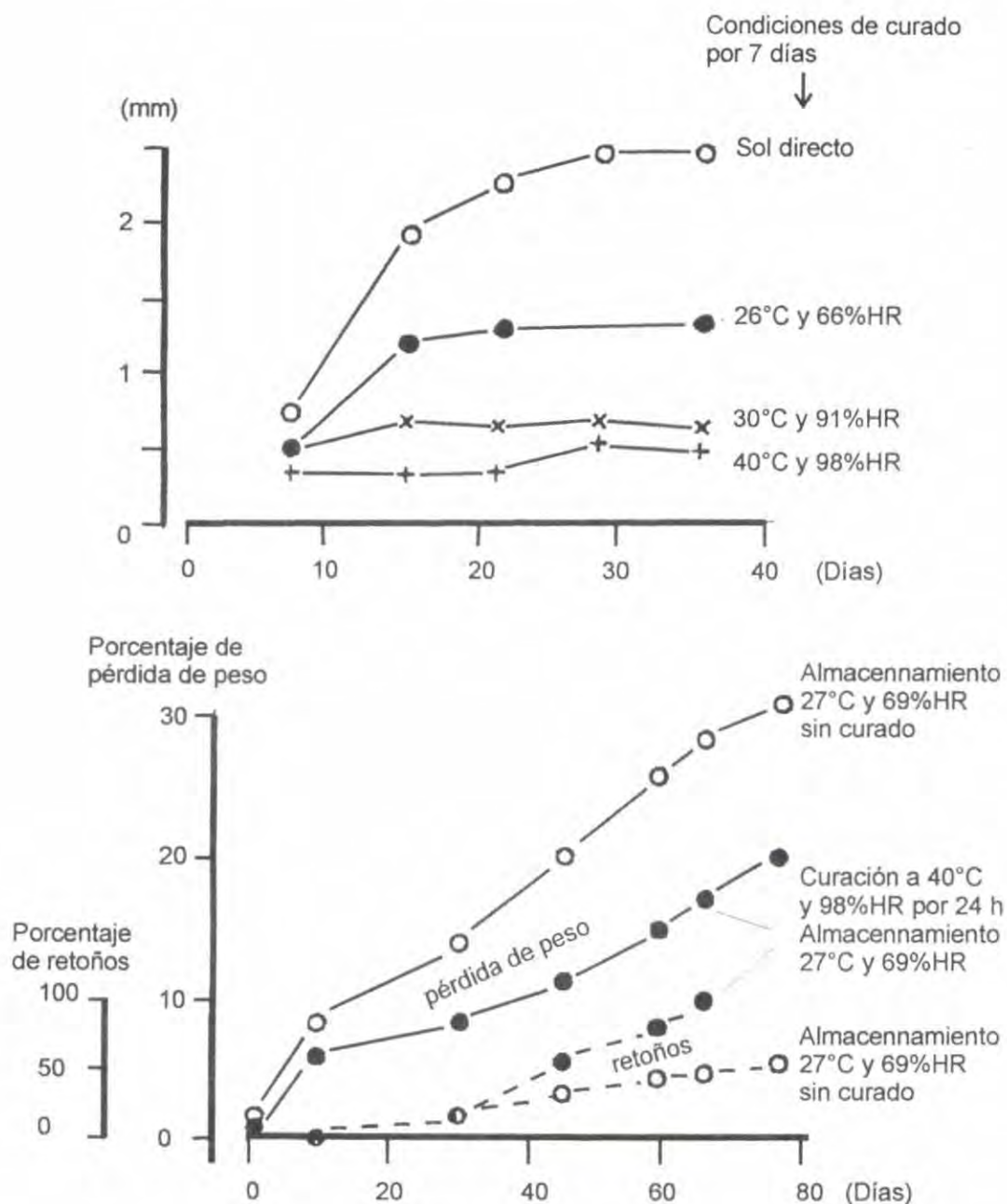


Figura 7.3

Been, B. O., Perkins, C. and Thompson, A. K. 1976. Yam curing for storage, Acta Horticulturae 62, 311-316.

Curación de la batata

Los procesos de suberización y formación peridérmica son similares a aquellos descritos para las papas, pero las condiciones recomendadas son de 29.4°C de temperatura y entre 85% a 90% de humedad relativa, en un período entre cuatro a siete días. A 33°C de temperatura y 95% a 97% de humedad relativa y entre 29°C a 32°C de temperatura y en un rango de 85% a 90% de humedad relativa el proceso toma de siete a quince días. Con temperaturas entre 32°C a 36°C y 100% de humedad relativa el proceso tarda cuatro días. El tiempo de curación varía entre los cultivares de batata, y se mostró que una exposición de seis días a las condiciones mencionadas fue suficiente para todos los cultivos estudiados, pero un mínimo de tres días fue apropiado para algunos. Una ventilación adecuada debe proveerse a los tubérculos de batata durante la curación para prevenir la presencia de dióxido de carbono el cual puede afectar la curación. Un método sencillo de curación es mantener los tubérculos en canastillas plásticas a temperatura ambiental de 27°C a 29°C.

Curación de achipa

Investigaciones en las especies *Dioscorea rotundata* y *D. Cayenensis cayenensis* mostró que la exposición de los tubérculos a condiciones entre 35°C a 40°C de temperatura y 95% a 100% de humedad relativa podían iniciar el proceso de curación (Figura 7.2, Figura 7.3). Hubo problemas de pudrición bacteriana blanda que se desarrolló durante el almacenaje, pero estos problemas fueron superados al llevar los tubérculos al cuarto de curación, calentándolos y luego inyectando el vapor para incrementar la humedad.

Los tubérculos curados en esta forma redujeron la pérdida de peso, la infección por hongos y el tejido necrótico después del almacenamiento comparados con tubérculos que no habían sido curados. Retornaron más temprano por casi dos semanas cuando se almacenaron a temperatura ambiental/tropical, probablemente debido al incremento de actividad asociada con la curación. Para la *Dioscorea alata* se recomiendan temperaturas entre 29.4°C a 32.2°C y de 90% a 95% de humedad relativa por más o menos 4 días. En almacenamiento posterior en condiciones de 15°C a 19°C de temperatura y 70% de humedad relativa los tubérculos curados perdían más o menos el 11% en peso después de 190 días, mientras que los tubérculos que no habían sido curados perdían un promedio de 23% de su peso en 150 días. Un método sencillo para la curación de la achipa fue desarrollado al colocarlas bajo una cubierta apropiada (Figura 7.4)

Curación de yuca

Algunas investigaciones realizadas en Colombia indican que la yuca (*Manihot esculenta*) puede curarse exitosamente al exponerla a temperaturas entre 25°C y 40°C y 80% a 85% de humedad relativa. La suberización se presentó en un período de uno a cuatro días y la peridermis de tres a cinco días después.

Curación de aroid comestible

Se encontró que la curación de aroides (*Colocasia esculenta*) ocurría en condiciones de 34°C a 36°C de temperatura y de 95% a 100% de humedad relativa. Bajo estas condiciones se observó suberización en la parte superior del cormo después de dos días y la peridermis tres a cinco días después.

Curación de frutas cítricas

El empaquetado de limones, pomelos o toronja en bolsas de filme plástico y su exposición posterior a condiciones de 34°C a 36°C de temperatura resultó en la inhibición de la infección de *Penicillium digitatum* infección inhibida mediante la lignificación y el incremento en químicos de acción fungicida en la cáscara de la fruta. La curación de los frutos cítricos actualmente no se está usando en la práctica comercial porque es más costosa que la aplicación del fungicida químico (TBZ) en cera. Si la aplicación de fungicidas químicos post-cosecha son prohibidos para los cítricos, entonces este tratamiento bien puede desarrollarse para su aplicación comercial.

Aplicación de la curación

En almacenamientos comerciales para papa y otros cultivos de raíz, el proceso de curación es logrado al exponer las raíces o los tubérculos a las condiciones apropiadas inmediatamente después de que éstos han sido dispuestos en el almacenamiento. Al oeste de África la curación del ñame se obtuvo cubriendo el arrume de los tubérculos (mantenidos en un área levemente sombreada) con un plástico negro. Este método asegura que los tubérculos mantengan alta temperatura y alta humedad relativa, pero las condiciones no son predecibles (la temperatura fluctuó entre 32°C y 40°C y la humedad relativa entre 70% y 95%) por lo tanto, la curación no siempre se logra. Es necesario realizar más trabajo sobre este método y su aplicación a otros cultivos distintos del ñame.

Secado

La deshidratación se lleva a cabo para preservar frutas y hortalizas al reducir su actividad de agua por debajo de la que soporta el crecimiento de microorganismos y la acción de enzimas. Esto cambia irreversiblemente la naturaleza del producto. Sin embargo, el secado también se lleva a cabo para auxiliar la preservación de hortalizas en estado fresco. Los cultivos de bulbo como la cebolla cabezona y el ajo, normalmente se secan antes de almacenarlos. Esto no involucra el secado del producto bajando el contenido de humedad como en la deshidratación; pero si el secado de las capas externas.

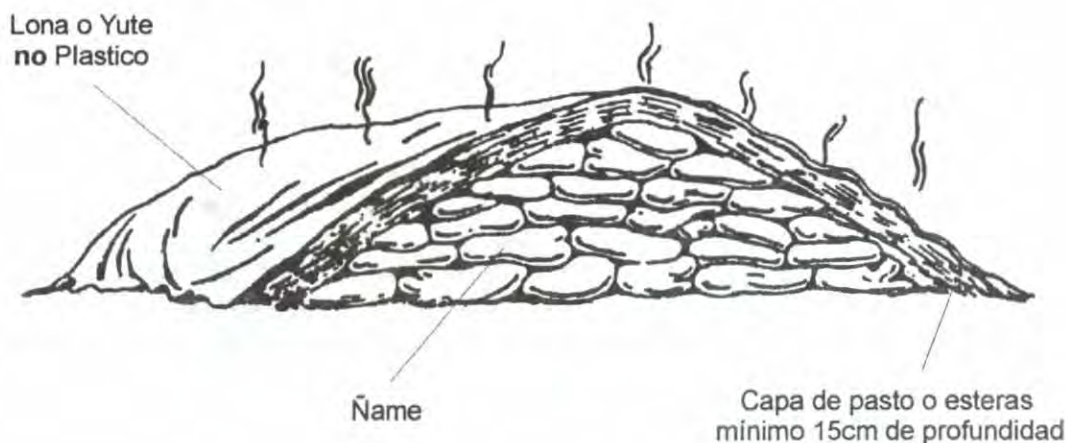
El objetivo de secar las capas externas de la cáscara y el "cuello" de la cebolla es proveer una barrera superficial para la pérdida de agua y la infección microbiológica. A este proceso algunas veces se le llama curación, pero ya que no ocurre regeneración de célula o curación de heridas es más preciso referirse a él como secado. Tradicionalmente el secado de cebollas se ha llevado a cabo en el campo y en el llamado "Paravientos". Este se hace arrancando los bulbos del suelo cuando están maduros y distribuyéndolos en la superficie para su secado por una o dos semanas. En clima húmedo los bulbos pueden tomar mucho tiempo en secar y presentar niveles altos de pudrición en el almacenamiento posterior. En los climas calientes los bulbos pueden ser averiados por la exposición directa al sol. En estas circunstancias los bulbos deben ser expuestos o "paravientos" de tal forma que las hojas secas de un bulbo cubran el bulbo adyacente para reducir la superficie expuesta. Si el suelo está húmedo el costado del bulbo en contacto con él puede desarrollar manchas cafés que afectan negativamente la apariencia y el valor del bulbo. Por estos problemas muchos bulbos no son ahora expuestos o "paravientos". En lugar de esto se llevan directamente del campo al secado en el almacenamiento. El secado se logra al pasar una corriente de aire constante a más o menos 30°C de temperatura y 70% de humedad relativa por la superficie de los bulbos. Si la humedad es muy alta el secado se retrasa y se pueden

incrementar los niveles de daños por hongos. Si la humedad es muy baja la cáscara de los bulbos puede rajarse, lo cual reduce su valor y puede incrementar pérdidas post-cosecha. El secado puede tomar de siete a diez días y se puede determinar como completo cuando los "cuellos" de los bulbos están secos y firmes y la cáscara cruje cuando se sostiene en la mano.

Figura 7.4

Curación del ñame

La curación requiere temperatura y humedad relativa altas, esta cubierta atraparé el calor y la humedad es autogenerada. El arrume debe dejarse mínimo cuatro días.



Corte del arrume de curación del ñame

Figura 7.4

Yam Storage. International Institute for Tropical Agriculture, Nigeria, Publication.

7.1.2 TRATAMIENTOS CON AGUA CALIENTE

El tratamiento con agua caliente se aplica más comúnmente a los mangos.

Los frutos pueden ser sumergidos en agua caliente antes del almacenamiento o el mercadeo para controlar enfermedades. La antracnosis, una enfermedad común de la fruta causada por el hongo *Colletotrichum s.p.*, puede ser controlada exitosamente de esta forma. Las esporas de este organismo pueden infectar la fruta, germinar y formar reservorio de appressoria que permanece en la cáscara de la fruta hasta que ésta comienza a madurar. Posteriormente el hongo invade las células de la fruta causando la enfermedad. Las frutas,

especialmente aquellas que han de ser exportadas, son cosechadas en un estado de madurez en el cual el hongo aún no ha penetrado la fruta pero está firmemente unido a su superficie latente. (Diapositivas/fotografías 7.1 a 7.3)

El tratamiento en post-cosecha de la fruta con fungicidas generalmente se ha reportado como inefectivo para controlar la enfermedad. Pero sumergirlas en agua caliente, preferiblemente mezclada con un fungicida apropiado, puede dar un buen control de la enfermedad. En algunos casos se ha mostrado que hay una interacción entre la temperatura del agua y la concentración del fungicida, a temperaturas más bajas es necesario utilizar una mayor concentración del fungicida. En investigaciones con mangos el tratamiento con agua caliente tuvo poco o ningún efecto en la calidad y la vida útil de la fruta. En otros trabajos se demostró que el color de la cáscara de los mangos fue mejorado usando tratamientos de agua caliente y vapor. El tratamiento de agua caliente con fungicida también puede ser efectivo para el control de la pudrición del intem causada por el hongo *Dothiorella dominicano*.

El tratamiento de agua caliente ha sido aplicado a la batata. Se mostró que hubo un retraso significativo en el desarrollo de la enfermedad en raíces que habían sido expuestas a 90°C por dos segundos, 80°C por dos, cuatro o diez segundos, 70°C por diez segundos y 40°C por dos minutos.

Un tratamiento experimental de baño en cascada con agua caliente (54°C) durante 20 minutos para el control de enfermedades post-cosecha de los frutos de papaya. Los tratamientos fueron evaluados después de los períodos simulados de transporte de siete y catorce días a 10°C. Pudriciones de tallo y antracnosis fueron controladas adecuadamente por ambos tratamientos de cascada y sumersión. Una aplicación de tratamiento post-calor de TBZ redujo más aún la incidencia de enfermedades en frutas bañadas o sumergidas.

7.1.3 TRATAMIENTO DE VAPOR CALIENTE (VHT)

El VHT fue desarrollado para controlar infecciones por mosca de las frutas en post-cosecha. Consiste en arrumar las cajas con frutas en un cuarto que es calentado y humedecido por la inyección de vapor. La temperatura y tiempo de exposición son ajustados para matar todos los estados del insecto (huevo, larva, pupa y adulto) pero no afectan la fruta. Un tratamiento recomendado para cítricos, mango, papaya y piña es de 43°C con aire saturado por ocho horas y luego manteniendo la temperatura por seis horas adicionales. Existen tratamientos alternativos para otros productos. El tratamiento de vapor caliente puede causarle daños a algunas frutas. La naranja valencia y algunos cultivares de toronja blanca no son averiados por tratamientos estándar o, incluso, por un tratamiento acelerado a 49°C.

En Hawaii, para el control de mosca de las frutas en papaya se usó el siguiente procedimiento: las frutas fueron primero expuestas a 43°C y 40% HR por once horas, seguido por 43°C y 100% HR por 8,75 horas. Se piensa que la exposición inicial de la fruta a una humedad más baja incrementa el número de insectos muertos y la tolerancia de la fruta al tratamiento. Se describió un método de control para la mosca oriental de las frutas en el mango Carabao. Este consistió en la exposición de los mangos a aire caliente con alta humedad (46°C de temperatura y más de 95% y más de humedad relativa). El tiempo de exposición fue juzgado al colocar un sondeo de temperatura a lo largo de la semilla de la fruta y cuando había alcanzado 46°C se mantuvo bajo estas condiciones por diez minutos. Un tratamiento similar fue desarrollado contra la mosca de las frutas Queensland para el

mango Kensington. Se reportó que al exponer los mangos Carabao a una temperatura corazón de 46°C por diez minutos usando el VHT dió como resultado una reducción significativa en la presencia de antracnosis y la pudrición del intem. Sin embargo, se encontró que el tratamiento con agua caliente, a 46°C ó 48°C con 58% a 90% de HR, fue más eficaz que el VHT en el control de la antracnosis y la pudrición del intem en mangos. El VHT no controló la pudrición del intem pero si redujo la antracnosis en mango. Para lograr un control completo de la antracnosis fue necesario aplicar una combinación de VHT (95% y más de HR con una temperatura corazón de 46.5°C por diez minutos) más agua caliente a 52°C más Benomyl (0,5 g / Li.a.) por cinco minutos o en un remojo de ambiente prochloraz (0,25 mL / Li.a.) reemplazando el benomyl. El VHT tuvo poco efecto en la reducción de la pudrición interna de los mangos causada por *Dothiorella dominicana* y *Lasiodyplodia theobromae*.

7.2 TRATAMIENTOS QUIMICOS

Los químicos son aplicados a productos en post-cosecha para controlar microorganismos que puedan causarle enfermedades, para controlar infestaciones de plagas, para corregir desbalances de nutrientes que puedan disminuir su vida útil o causar desórdenes fisiológicos y para prevenir retoños y rebrotes.

7.2.1 CONTROL DE MICROORGANISMOS

Un gran número de químicos se aplican a los frutos y hortalizas para controlar los hongos que puedan causar enfermedades. Su uso es estrictamente regulado por la ley para proteger al consumidor. Estas leyes pueden variar de país a país aunque la mayoría de los países se conforman con los reglamentos de la FAO y la WHO. A algunos químicos se les permite su aplicación a los productos sólo antes de la cosecha y usualmente se especifica el intervalo de tiempo que debe existir entre la aplicación y la cosecha. A otros se les permite su aplicación en post-cosecha, usualmente con reglamentos estrictos sobre el residuo máximo permitido que puede permanecer en el producto. El control químico de bacterias no es necesario normalmente, en donde se practica usualmente se logra al remojar o lavar el producto en una solución que contenga cloro activo de 75 a 125 ppm. El cloro casero (hipoclorito de sodio) se usa a menudo como un fuente de cloro. La mayoría de estos químicos son tóxicos para el ser humano y por consiguiente se deben manipular cuidadosamente, especialmente antes de que sean diluidos, y utilizar la ropa apropiada.

7.2.2 METODOS PARA LA APLICACION DE QUIMICOS

Los métodos de aplicación incluyen:

- Remojo o aspersión del producto con una solución o suspensión del químico, éste puede ser en agua caliente para mejorar el control. El producto puede ser pasado por debajo de una ducha de químicos diluidos. A este se le llama aplicación "cascada"
- Aplicar el químico como aspersión pero produciendo partículas muy finas y luego cargándolas para que den una capa fina y pareja del químico por encima del producto
- Aplicación del químico en forma de polvo, usualmente el químico activo es diluido en un polvo inerte semejante a un talco
- Los químicos volátiles pueden ser aplicados como vapor que circula en un espacio confinado conteniendo el producto. Algunos químicos necesitan ser calentados para ayudar en su circulación, este proceso es llamado "termoneblina". En otros casos, los

químicos que tienen una alta estabilidad térmica pueden ser quemados y se introduce el humo en el almacenamiento

- El químico puede ser absorbido por una esponja hecha de material apropiado como un papel absorbente. Estos papeles pueden colocarse por encima de las superficies como en la corona de un gajo de bananos. En este caso el papel absorbe látex de la superficie cortada la que también ayuda a mantener en posición al papel absorbente impregnado de químico.

Inmersión

El producto o parte del producto es sumergido en agua que contiene una concentración apropiada de un fungicida químico que controla los hongos patógenos para el producto. Sin embargo, el químico debe ser no tóxico para el producto o tener niveles aceptables de toxicidad. El residuo del químico restante en el producto después del tratamiento post-cosecha debe estar a un nivel que no ponga en peligro la salud pública. Para poder mejorar la efectividad de estas inmersiones se pueden incluir aditivos en la formulación. Estos incluyen agentes humidificantes, que reducen la tensión superficial y permiten un mejor cubrimiento del químico en el producto, y ácidos, como el ácido cítrico, que baja el pH de los fungicidas y pueden hacerlos más eficientes.

En piñas, la infección comúnmente atraviesa el tallo cortado de la fruta. El sumergir esta área inmediatamente después de que ha sido cortada, normalmente es suficiente para controlar la enfermedad en post-cosecha. Esto permite reducir los niveles de aplicación de fungicidas y, por lo tanto, disminuir los residuos y bajar costos por el uso de químicos. La efectividad del tratamiento fungicida puede incrementarse calentando el agua en la cual la fruta ha de ser sumergida. En el control de antracnosis en mango, las inmersiones post-cosecha de la fruta en soluciones de agua fría más fungicidas rara vez reducen los niveles de infección. Cuando el fungicida fue aplicado en agua caliente se consiguió un control completo. Las condiciones óptimas recomendadas varían entre los diferentes investigadores, aún así, 500 ppm. de Benomyl en agua caliente a 55°C por cinco minutos generalmente parece ser efectiva sin afectar la fruta. Asperjar la fruta en post-cosecha con un fungicida diluido puede ser más efectivo porque a donde el producto es sumergido la concentración de fungicida puede reducirse si el producto ha sido lavado y aún está mojado, o el fungicida puede ser preferencialmente removido de la mezcla cuando el producto es removido.

Adicionalmente, muchos fungicidas químicos son formulados de una forma que no es en solución sino en suspensión, esto puede resultar en un gradiente de concentración de la parte superior del tanque hacia la inferior, a menos que la suspensión sea agitada frecuentemente. Esto es menos probable que ocurra con las aspersiones, pero es importante asegurar que la fruta sea cubierta homogéneamente con el químico. Las aspersiones de cortina son algunas veces usadas en post-cosecha, pero más frecuentemente la aspersión es llevada a una línea en la empacadora. En este caso, la fruta pasa por rodillos que constantemente la revuelven para asegurar que todos los lados sean expuestos homogéneamente a la aspersión. El aplicador cascada es una modificación de este método en donde el fungicida es aplicado como una cortina de líquido bajo la cual pasa la fruta. Este método es adecuado para los bananos; las coronas, áreas de corte, son colocadas hacia arriba porque ésta es la zona por donde el hongo puede atacar la fruta. Es

menos útil en frutas como los cítricos en donde es importante tener un cubrimiento homogéneo de toda la superficie de la fruta por el químico. Un método de aplicación del fungicida se ilustra en las (Figuras 7.5, y 7.6). (Diapositivas/fotografías 7.4 y 7.5)

Aspersiones

Estas son usadas en muchas operaciones post-cosecha en la aplicación de químicos para controlar enfermedades o para aplicar capas de cera a frutas como los cítricos. Para lograr una capa pareja del fungicida o de la cera en la fruta, es esencial que la fruta sea girada mientras es pasada por debajo de la aspersión. La aspersión manual, por ejemplo con un aspersor de cortina, es usada algunas veces en empacadoras de pequeña escala para productos donde sólo es necesario aplicar el químico en la superficie cortada de la fruta. Varias ceras son asperjadas en la fruta cítrica usualmente con un contenido del 6 al 12% de sólidos y un fungicida benzimidazol, por ejemplo TBZ a 1000 ppm. La candelilla, carnauba, jojoba, parafina y cera de abejas han sido probadas como recubrimiento. El Shellac, una resina de origen animal (insectos), es usada como recubrimiento para manzanas, aguacate, tomates y cítricos. Un subproducto de la industria refinadora del petróleo (emulsiones de poliestireno oxidado) son también usados para recubrimiento. (Diapositivas/fotografías 7.6 a 7.9)

Aspersiones electrostáticas

Separar la solución de pesticida en gotas finas y luego darles una carga eléctrica fue desarrollado primero para aspersiones de campo. La ventaja principal de este sistema es que incrementa la uniformidad de la aplicación permitiendo que las tasas de aplicación sean reducidas sin pérdida de la actividad biológica. El principio con el cual se trabaja es que todas las partículas tienen la misma carga eléctrica y por lo tanto se repelen unas a otras. Son atraídas a la tierra, en este caso es el producto, y pueden formar una cubierta pareja y delgada. Este método fue demostrado como útil para la aplicación en post-cosecha con varios fungicidas en papa.

Los tubérculos fueron pasados por debajo de un aspersor electrostático en una mesa de rodillos. Un trabajo posterior demostró su efectividad en el control de la pudrición de la copa con bajos niveles de fungicidas.

Espolvoreos

Diversas clases de polvos pueden ser aplicados a productos en post-cosecha para el control de enfermedades. Tubérculos de ñame son espolvoreados tradicionalmente por pequeños agricultores en Nigeria y Jamaica inmediatamente después de la cosecha para reducir pudriciones en almacenamiento post-cosecha. La ceniza de madera es comúnmente usada para este propósito, o algunas veces, con hidróxido de calcio. Los fungicidas químicos diluidos en un portador inerte, como el talco, están disponibles para uso post-cosecha y algunas formulaciones han sido usadas en papa a medida que ésta es colocada en el almacén.

Figura 7.5

Preparación del fungicida para la inmersión

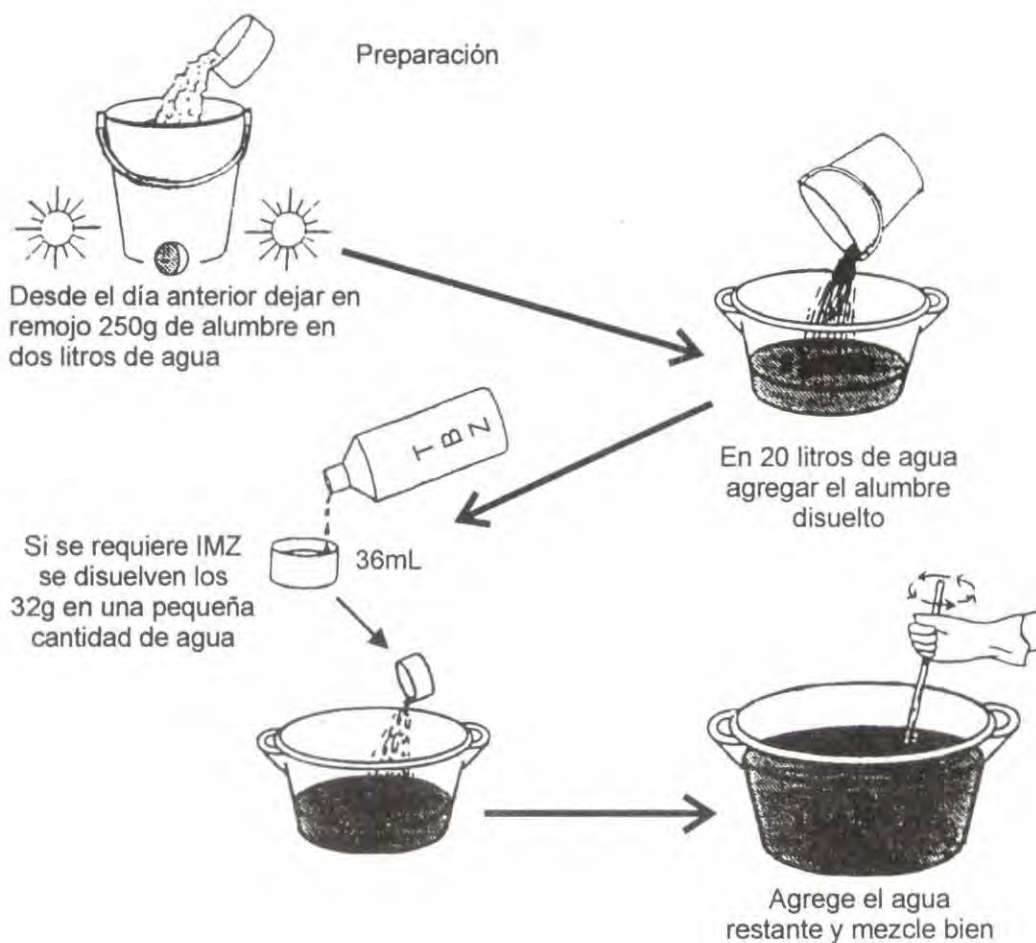
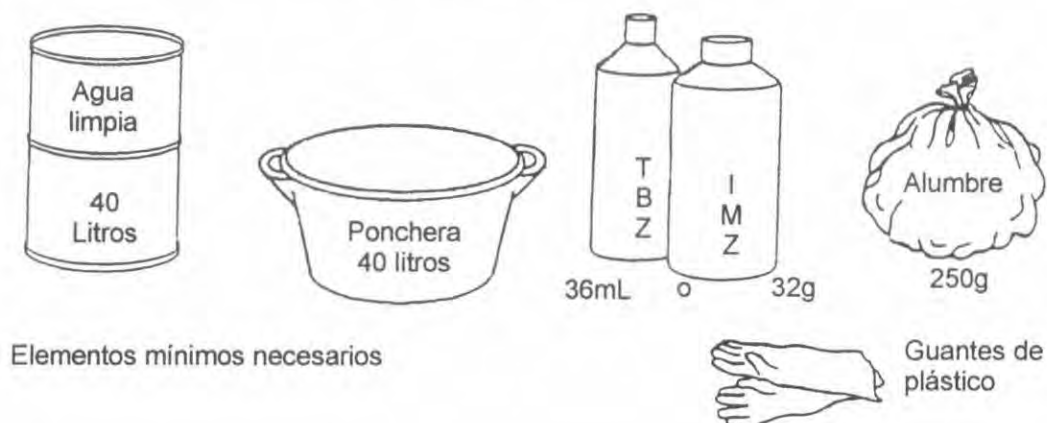


Figura 7.5

Windward Islands Banana Development and Export Development Company, St Lucia.

Figura 7.6

Inmersión de la fruta en fungicida

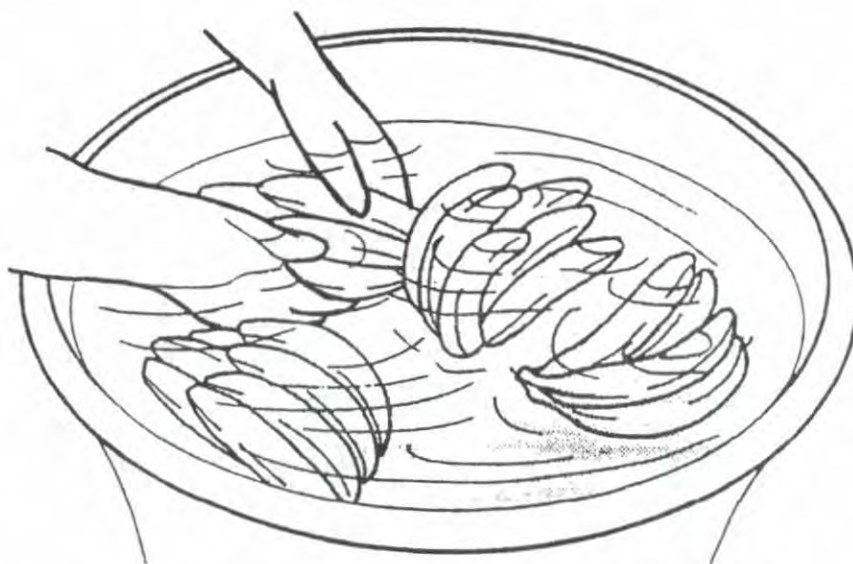
Cada gajo debe estar apropiadamente cortado y juagado antes de la inmersión
Cada gajo no debe tener más de nueve dedos y no menos de cuatro.
No coloque más de cuatro gajos ala ves en la ponchera.



Sumerja con la corona
hacia abajo cada gajo
por 10 segundos



Tome los gajos por la corona y
coloquelos yn la mesa de selección
con la corona hacia arriba.
Esto facilita la selección y
previene la contaminación.



No trate más de 120 cajas de fruta con la misma solución de 40 litros.
No agregue agua a la solución.
Si la fruta sufre alguna herida, esta se debe sumergir en la solución para protegerla.

Figura 7.6

Windward Islands Banana Development and Export Development Company, St Lucia.

Fumigación

Varios fungicidas han sido aplicados a productos en post-cosecha para varios propósitos. Su uso es estrictamente controlado por la legislación, la cual cambia constantemente. El dióxido de azufre es usado para controlar enfermedades post-cosecha en uvas (*Vitis vinifera*). Esto es logrado al colocar la cajas de las frutas en un cuarto hermético al gas e introduciendo el gas de un cilindro a una concentración apropiada. El SO₂ puede ser corrosivo, especialmente a metales, porque se combina con humedad ambiental y forma ácido sulfúrico. Si se aplica en concentraciones muy altas puede remover el color de las uvas negras. Esponjas especiales impregnadas de metabisulfito de sodio que dan una liberación lenta de dióxido de azufre están disponibles y pueden ser empacadas en cajas individuales de frutas. La función primaria del tratamiento es el control de *Botrytis cinerea*. La fumigación con SO₂ es también usada para prevenir la decoloración de las cáscaras de litchis, la cual es causada por una infección fungosa. Pequeñas, simples pero efectivas cámaras son usadas para este propósito.

Algunas personas son alérgicas al dióxido de azufre y puede ser necesario etiquetar las frutas o las cajas de frutas para indicar que han sido fumigadas con este químico. Esponjas de papel o envoltorios de papel impregnados con el fungicida difenilo fueron aplicados comúnmente a los cítricos, el químico vaporizado lentamente protege la fruta de la infección fungosa. Se reportó que el tecnazene es aplicado como un fumigante en almacenes caja-paleta, pero por las dificultades técnicas de su aplicación éste es normalmente aplicado por contratistas. Aminobutano 2 puede ser usado como fumigante en papa almacenada. La fumigación de naranjas con 2 - AB también fue recomendada para el control de enfermedades de post-cosecha.

Esponjas químicas

Esponjas de papel impregnadas con fungicidas químicos fueron desarrolladas para la industria del banano en las islas Windward. A éstas se les llaman esponjas de corona y son usadas para prevenir las infecciones fungosas en las coronas cortadas de la fruta. Normalmente el control de enfermedades post-cosecha se ha logrado al sumergir o irrigar la fruta con fungicidas cuando es llevada a la empacadora. Sin embargo, cuando los bananos son desgajados en el campo y empacados directamente en cajas de exportación tienen problemas para proteger de la infección la superficie cortada de la corona del gajo. Esto se solucionó al aplicar estas esponjas en la superficie cortada. Las esponjas están hechas de varias capas de papel suave previamente entrapado en un fungicida (a menudo tiabendazol) y luego secadas. La esponja también absorbe el látex que produce la superficie cortada y previene la mancha en los bananos.

El sulfato potásico de aluminio (alumbre) puede ser agregado a las esponjas lo cual ayuda a coagular el látex. Se afirma que este sistema contribuyó a un incremento del 35% en las cantidades exportables. Las esponjas de copa se probaron muy efectivas para controlar la pudrición de la corona y los niveles de residuos de fungicidas en él probablemente serán bajos, sin embargo, las esponjas fueron difíciles de aplicar usando la técnica descrita por el fabricante y en algunos experimentos fueron sostenidas por cauchos para asegurar un contacto completo y parejo entre las coronas cortadas y las esponjas. En observación hecha por el productor de los paquetes comerciales el contacto homogéneo entre las coronas y las esponjas no siempre es logrado, de manera que los excelentes resultados no siempre

serán conseguidos en práctica comercial. Esto puede estar reflejado en el hecho de que las esponjas de corona no son usadas común y ampliamente como un método de control de la pudrición de la corona en los países de mayor producción de banano. El sistema de esponja de corona para los bananos ha sido patentado por una compañía británica, Harcloth de Bury Lancashire.

Almohadillas que contienen cristales de metabisulfito de sodio son colocadas en cajas de uvas durante el transporte. Las uvas y las almohadillas usualmente están contenidas dentro de una bolsa de poliestireno, al interior de la cual se forma dióxido de azufre, el cual es liberado lentamente por la reacción entre el metasulfito de sodio y la humedad del aire. El gas dióxido de azufre evita el desarrollo de enfermedades fungosas, especialmente la *Botrytis cinerea*.

Desbalance nutricional

Durante el crecimiento el cultivo absorbe nutrientes minerales del suelo. La cantidad que se toma depende de varios factores, entre ellos la disponibilidad del nutriente en el suelo. Si determinado nutriente tiene una baja disponibilidad puede causar deficiencias del nutriente en el cultivo, lo cual a la vez puede resultar en pérdidas de la vida útil o la calidad del producto. El desbalance nutricional puede ser causado por otros nutrientes, si hay una cantidad excesiva de un nutriente en el suelo éste puede tomarse en preferencia a otro lo que produce un desbalance en el producto. Es obvio que es mejor sembrar un producto en suelos que no sean deficientes en ese nutriente en particular, pero esto no es siempre posible. La solución usual para este problema es aplicar el nutriente al cultivo durante su crecimiento, ya sea como fertilización edáfica o foliar.

Antigerminantes

Muchas plantas producen organismos naturales vegetativos durante el almacenamiento. Estos pueden estar en la parte comestible del fruto, el cual es congelado y almacenado o puesto en el mercado. A menudo son organismos naturales y perennes que pasan por un período inactivo y luego reaparecen. Botánicamente éstos pueden ser tubérculos de raíz, de tallo, cormo, bulbos, raíces grandes o una combinación de más de una estructura. Como organismos naturales de almacenamiento muchos de ellos se pueden almacenar durante periodos de tiempo predeterminados. El factor limitante durante el almacenamiento sucede cuando el período inactivo termina y los organismos reaparecen, incluso después de que el período inactivo haya terminado, el fruto puede que no retoñe si las condiciones, especialmente la temperatura, no son óptimas. La brotación en las papas es suprimida a una temperatura de 5°C y menos, en el ñame no se observe brotación durante un almacenamiento de 5°C a 13°C, mientras que los tubérculos brotaron durante ese mismo período a unas temperaturas de 15°C y más.

En el caso de las papas el período inactivo natural varía considerando la variedad. La brotación puede ser suprimida para ampliar el tiempo de almacenamiento aplicando químicos reguladores de crecimiento al producto. En los bulbos, como en el caso de la cebolla de huevo, esto no es posible ya que la parte meristemática en donde se presenta el retoño está en la parte interna del bulbo y es difícil tratar con químicos post-cosecha. En las papas se ha podido dar una amplia variedad de químicos para la supresión de brotación. El más usado comúnmente es CIPC (también conocido como cloroprofam) el cual es

vaporizado y aplicado en forma de termo neblina al fruto almacenado.

El químico IPC (profam) también es usado sólo o en una formulación de CIPC. una variedad de químicos que han demostrado prevenir la germinación de la papa han sido estudiados en el caso del ñame. Todos fueron ineficaces. Sin embargo, el tratamiento post-cosecha de *Dioscorea alata* y *Dioscorea esculenta* con giberelina puede retrasar el brote. La supresión del brote en la papa se puede lograr irradiando la papa. Hay interacciones entre la temperatura y la dosis de irradiación pero una dosis de 100 Gy demostró ser eficaz en la prevención del brote en la papa que ha sido almacenada por seis meses a 10°C y 21.1°C con 50 Gy efectivos a 4.4°C. Los tubérculos de ñame no brotaron durante un almacenamiento de tres meses después de haber sido sometidos a una radiación de 50 Gy comparado con los tubérculos no tratados los cuales todos retoñaron.

Minerales

La aplicación post-cosecha del calcio puede utilizarse en manzanas para reducir el desarrollo de desordenes fisiológicos que se presentan durante el almacenamiento.

La aplicación post-cosecha de calcio dentro de un margen de 1% a 4% (una concentración más alta puede dar como resultado daños en la cáscara) ha demostrado que inhibe la maduración de los tomates, aguacates y mangos. Estos tratamientos retrasaron significativamente la maduración sin afectar la calidad de la fruta. Una película adhesiva (19 om de grosor), película encogedora (17 om de grosor), de bolsas de poliestireno (50 om de grosor) pareciendo ser tan eficaces como la infiltración de calcio para el retraso de la maduración sin causarle daño a la cáscara y sin retención indeseable de un color verde excesivo en la fruta madura. El calcio infiltrado de las manzanas Golden Delicious antes de almacenarse por cinco meses a 1°C dio como resultado una fruta más firme y más ácida que la fruta no tratada y almacenada por el mismo período. La infiltración del calcio ha demostrado que reduce los daños por enfriamiento e incrementa la resistencia a las enfermedades.

7.3 RECUBRIMIENTOS O BARRERAS FISICAS

Las frutas se sumergen o se asperjan con una variedad de productos post-cosecha para mejorar su apariencia o retrasar el deterioro. Una patente de los Estados Unidos de América fue sacada para un producto que podía usarse para untarle a la fruta y una vez seco dejaba una membrana en la superficie la cual controlaría por el intercambio de O₂ y CO₂ disminuirá la respiración de la misma. El resultado final fue ampliar la vida de almacenamiento de la fruta. La composición del material de las capas es un polímero soluble en agua (sustancia polisacarida, seleccionada de sólidos y líquidos hidrofóbicos no volátiles, similares a las ceras naturales). La capa seca contiene unos microbios finos continuos que son pequeños espacios que permiten el intercambio de gases.

Una capa conocida como Tal Prolong que consiste en una capa de sacarosa de ácidos grasos y carboximetilcelulosa podría retrasar la maduración de los bananos. Se postuló que el efecto se debía a una restricción de intercambios de gas entre la fruta y su atmósfera. Esto causó un incremento de dióxido de carbono y una reducción de oxígeno, así causando un efecto similar al logrado en almacenamiento con atmósfera controlada. Las guayabas cubiertas con capas de producto similar (Semperfresh) y almacenadas dos meses a 10°C estuvieron en mejor condición que la fruta que no fue tratada. Hubo alguna reducción en

los niveles de enfermedad de las manzanas que fueron cubiertas con Tal Prolong. Las coronas de los bananos que fueron cubiertas con una capa de Semperfresh también mostraron un retraso en el desarrollo de pudrición de corona que causado por *Colletotrichium musae*. Este efecto podía ser aumentado al incluir ácidos orgánicos al material del recubrimiento. Para las manzanas Granny Smith que fueron cubiertas con Semperfresh (0.75% y 1.5%) y almacenadas a 0°C durante cuatro o cinco meses, la maduración fue un tanto retrasada comparándola con la fruta que no había sido cubierta. Los tratamientos no redujeron los niveles de amargosidad o escaldadura superficial. La compañía que produjo y puso en el mercado el químico Semperfresh se llama Surface Systems Internacional. En 1992 y 1993 crearon una gama de diferentes formulaciones para diferentes propósitos. Ban-seel es una formulación líquida para proteger y extender la vida almacenada de los bananos y los plátanos. La formulación Nu-coat flo se utiliza para los cítricos. Brillloshine es usada para proteger, brillar y extender la vida útil de manzanas, aguacates, melones y otras frutas no cítricas. La compañía Surface Systems Internacional también ha desarrollado una formulación que puede ser aplicada a la papa para controlar su germinación durante el almacenamiento.

El Carboximetyl puede ser usado para producir películas para cubrir la frutas que son permeables a gases como el dióxido de carbono, oxígeno y etileno. Las manzanas Golden Delicious cubiertas con este químico (se conoce en el mercado como Nutri-Save) se mantuvieron almacenadas a 0°C durante seis meses y tuvieron una mejor calidad que aquellas almacenadas sin tratamiento. Una comparación entre las manzanas Granny Smith que habían sido cubiertas con el 1.5% de Semperfresh y otras con 1.5% de Nutri-Save se encontró que el nivel de dióxido de carbono interno era más bajo y el nivel de oxígeno interno era más alto en las frutas cubiertas con Semperfresh que aquellas cubiertas con Nutri-Save. También se demostró que la película con Nutri-Save redujo la producción de etileno y la tasa de respiración de la fruta a un grado más alto que el de la película de Semperfresh. Con estos resultados se concluyó que el Nutri-Save a 1.5% forma una barrera en la superficie en la fruta que era menos permeable a estos gases que Semperfresh a 1.5%. Las papayas cubiertas con Nutri-Save dieron un resultado con una diferencia no significativa en pérdida de peso, manchas cafés anormales desarrollo limitado de color comparadas con las frutas no tratadas durante un almacenamiento a 16°C. Todas las frutas eran variedad Tainung número uno y fueron cosechadas en la fase de coloración y colocadas en agua caliente a 48°C durante veinte minutos y Benomyl (1.5 g litro) a 52°C por dos minutos. El chitosan ha tenido éxito como recubrimiento post-cosecha en los pimentones, pepinos y en la reducción de pérdida de agua.

Otra película utilizada para frutas y conocida como Vapor Gard, es un antitranspirante, sus efectos en la vida post-cosecha de los mangos fue estudiada al cubrir la fruta en una solución de 1.3%, lo cual redujo la pérdida de agua, retraso la pérdida de firmeza, redujo el contenido de ácido ascórbico, inhibió la actividad de la enzima maleica e incrementó la actividad polygalacturonasa comparada con una fruta no tratada.

Un azúcar que ha sido probado como material de cubierta para la conservación de los alimentos es la Trehalosa. Esta Trehalosa es un disacarido y está conformada por dos moléculas glucosas que son unidas por su carbono de azúcar. Esto hace que la Trehalosa sea muy estable en reducir el azúcar que esta inerte químicamente y biológicamente no tóxica. Estas propiedades hacen que sea un preservante muy útil para las moléculas

biológicas y los alimentos. El uso de la Tremolaba en la preservación de material deshidratado está incluido en la patente Europea 0297887 B1 22 Abril de 1992.

7.4 IRRADIACION

La radiación ionizada puede ser aplicada a las frutas y hortalizas frescas para controlar las infecciones por microorganismos y para inhibir o prevenir la reproducción de células. Algunos cambios químicos pueden ocurrir en el producto al exponerlos a radio-isótopos (normalmente en la forma de rayos gamma pero los rayos X también pueden ser usados) y de máquinas que producen un destello de electrones de alta energía. Dosis de radiación se miden en Gray. Anteriormente se media en rads en donde $1\text{ Gray} = 100\text{ rads}$.

Aunque la radiación de frutas y hortalizas es permitida en muchos países, ésta no es usada comúnmente en la práctica comercial por una errada creencia de la opinión pública que afirma que ésta es dañina. La radiación puede ser usada para inhibir la germinación en papa, ñame y cebolla; y para controlar las enfermedades post-cosecha en productos como mango, fresa y cítricos.

7.4.1 RADIO ISOTOPOS

Son átomos que contienen un neutrón extra en su estructura atómica. El carbono tiene 6 neutrones y 6 protones y se le llama Carbono 12. Otra forma puede tener 8 neutrones y 6 protones y se llama carbono 14. Las dos formas son isótopos de carbono pero el carbono 14 es un radio isótopo y es estructuralmente inestable. El núcleo puede desintegrarse liberando partículas alfa y beta y ondas electromagnéticas de alta energía (rayos gamma), lo cual es conocido como radioactividad. Estos rayos viajan a la velocidad de la luz y son altamente penetrantes. Los rayos gamma y los electrones difieren con otras formas de radiación en que son capaces de romper enlaces químicos. Esto es llamado ionización y produce partículas eléctricamente cargadas llamadas radiales libres. Estas partículas reaccionarán más, resultando esto en cambios asociados con la irradiación. El cobalto 60 es usado comúnmente como una fuente de rayos gamma, es irradiación de alimentos y es producido como un producto de la industria de la energía nuclear al agregarle un neutrón al cobalto 59. El cesio 137 también puede ser usado. Los radio-isótopos no pueden ser prendidos y apagados, de manera que están inmersos en una piscina de agua para permitir que los operadores entren al área de procesamiento. Cuando el alimento ha de irradiarse, el radio-isotopo se saca del agua y el material que ha de ser irradiado es pasado a través de un campo de radiación en bandas transportadoras. Toda el área de procesamiento está rodeada por concreto grueso para aislar el campo de la radiación.

7.4.2 CAÑON ELECTRONICO

La radiación con cañón electrónico se produce de una máquina fuente que acelera los electrones producidos por un cátodo calentado por un campo electrostático de voltaje alto. Estos electrones son guiados para formar un haz que puede ser usado directamente sobre el producto. Alternativamente estos pueden ser usados para que golpeen un metal pesado como el tungsteno para producir rayos X o rayos gamma, los cuales a su vez pueden ser usados para irradiar el producto. La ventaja principal de esta forma de irradiación es que puede ser usada cuando se requiera, pero tienden a ser costosas y tienen una limitada penetración.

7.5 PRE-ENFRIAMIENTO

Para maximizar este efecto el producto debe ser llevado a esa temperatura tan rápido como sea posible después de la cosecha. Esta es la técnica conocida como pre-enfriamiento del producto.

El pre-enfriamiento debe ser una parte integral de la cadena de frío. Para los productos sensibles que tienen una vida corta en el mercado, entre más rápido se haga el enfriamiento después de la cosecha más larga será su vida útil. Si al producto se le permite calentarse otra vez, en cualquier fase de la cadena de comercialización, el efecto puede ser mucho más perjudicial que si el producto no hubiese sido pre-enfriado. Un ejemplo de esto es el frijol francés, el cual si es expuesto a la humedad ambiental se producirá condensación lo que puede dar resultado la formación de pequeñas manchas negras en su superficie. La tasa de pre-enfriamiento depende de:

- La diferencia de temperatura entre el producto y el medio de enfriamiento
- Disponibilidad del medio de enfriamiento al producto
- La tasa de transferencia de calor del producto al medio de enfriamiento.

El calor puede ser transferido del producto en 3 formas: conducción, convección o radiación. En pre-enfriamiento esto usualmente se logra por conducción, que es el movimiento de la energía calórica de un objeto o sustancia a otro por contacto directo. Si dos objetos o sustancias se están tocando y tienen diferente energía calórica el calor siempre se moverá del de mayor energía al de menor energía. Si un producto tiene una masa relativa grande y una área de superficie pequeña el producto será enfriado más despacio que si tuviese una masa más pequeña y/o un área de superficie más grande. Esto es porque en el anterior caso el calor del interior del producto se ha movido a la superficie de él antes que éste sea transferido. El calor dentro del producto viene ya sea por convección del aire en la superficie de él, radiación principalmente del sol o calor metabólico de reacciones químicas dentro del producto.

Si un producto es cosechado temprano en la mañana, será más frío ya que el sol no ha podido calentar el aire o el producto. También tendrá un nivel más bajo de calor metabólico ya que, generalmente, entre más caliente el producto más alta la tasa metabólica. Otro factor que afecta el enfriamiento es el material de empaque usado para el producto. Si el medio de enfriamiento es aire, las cajas del producto deben tener perforaciones de ventilación que aseguren una buena circulación del aire a través del producto. Estas perforaciones deben ser colocadas para que coincidan con la corriente de aire en enfriamiento por aire forzado. Para el hidroenfriamiento y la congelación la caja usada debe soportar contacto directo con el agua sin desintegrarse. Las cajas plásticas o cartones que hayan sido encerados o tratados con alguna otra sustancia que soporte el agua son apropiadas para este propósito. Cuando el calor es removido por enfriamiento evaporativo el producto no debe ser empacado en películas contra la humedad, semejantes a bolsas de polietileno. Las bolsas deben tener perforaciones adecuadas para permitir que el valor de agua fluya hacia afuera. Los métodos comúnmente usados para lograr el pre-enfriamiento se tratan a continuación:

7.5.1 METODOS DE PRE-ENFRIAMIENTO

Hielo triturado

Ha sido usado por muchas décadas. Comúnmente se aplica a las cajas de los productos al colocarles una capa de hielo triturado directamente en la parte superior del producto. El hielo se derrite y el agua fría que corre por el producto lo enfría. También puede ser aplicado como una suspensión de hielo la cual es llevada desde un tanque con una manguera a la parte superior del producto. Una típica suspensión se hace de 60% de hielo bien triturado, 40% de agua y usualmente con un 0.1% de cloruro de sodio para bajar el punto de fusión del agua, aunque las proporciones de agua y hielo pueden variar del 1:1 a 1:4. Las suspensiones de hielo dan un mayor contacto entre el producto y el hielo, comparado con el aire triturado, y por lo tanto debe dar como resultado un enfriamiento más rápido. El uso principal del hielo triturado es en el transporte terrestre y puede aplicarse en muy corto tiempo después de la cosecha, por ejemplo en lechuga empacada en el campo, para comenzar el pre-enfriamiento tan pronto como sea posible.

Cuando se usan cartones para el empaque de lechuga éstos deben tener una capa de cera para soportar el agua.

En cuarto frío

Este método simplemente consiste en colocar el producto en un cuarto frío. Este puede ser el mismo cuarto frío donde el producto ha de ser almacenado por períodos largos o para guardar el producto transitoriamente, antes de que entre a la cadena de comercialización, para facilitar la acumulación de productos suficientes para enviar al mercado. El tipo de cuarto usado para esto puede variar, pero generalmente consiste de una unidad de refrigeración que le llega aire frío impulsado por un ventilador. La circulación de aire puede ser semejante que el aire que impulsa por la parte superior del cuarto y cae encima del producto por la convección. También puede ser impulsada desde la parte inferior del cuarto, en tal caso algún tipo de cámara de distribución se usa. El inconveniente para estos métodos es el largo tiempo que se toma para que la temperatura del producto se reduzca. La ventaja principal es su costo porque no se requiere equipo especial.

Enfriamiento con aire forzado

El principio de este tipo de pre-enfriamiento es colocar el producto en el cuarto frío arreglando el patrón de circulación del aire para que sea dirigido a través del producto (Figura 7.7). Al hacer esto el calor que se produce en la superficie del producto es arrastrado por la corriente de aire frío, lo cual genera un gradiente de temperatura que enfría el producto más rápidamente. Para lograr esto el aire más frío es forzado hacia la cámara de distribución por una de las paredes del cuarto frío, con la pared de la cámara provista de rendijas que están cerradas con cubiertas removibles. Estas rendijas coinciden con la base de la paleta para que el aire enfriado sea dirigido hacia la base. Las salidas horizontales son bloqueadas para que el aire sea forzado hacia arriba a través de la base de la paleta y a través del producto y reciclado de regreso a través de la unidad de enfriamiento. Una variación de este método es tener la cámara de distribución puesta en el piso del cuarto frío para que cuando el producto sea arrumado en el piso del cuarto frío el aire sea dirigido hacia arriba a través de él. Es esencial asegurar que sea impulsado tanto aire como sea posible directamente a través del producto para que todos los canales de escape puedan ser

bloqueados con bolsas inflables. También es importante lograr una distribución pareja de aire a través del producto para asegurar enfriamiento uniforme.

Un sistema eficiente de enfriamiento con aire forzado puede pasar aire a través del producto a mucha velocidad y producir la desecación del producto. Para reducir este efecto han sido diseñados varios métodos de humectación del aire enfriado. Uno de ellos fue "el enfriador con banco de hielo". En el cuarto frío el aire es impulsado por encima de serpentines de enfriamiento, los cuales son serpentines metálicos de varios diseños por los cuales pasa un líquido refrigerante. Si se requiere enfriamiento rápido es necesario que el área superficial de las serpentines sea grande y la temperatura del líquido refrigerante debe ser considerablemente más baja que la temperatura del aire para lograr un buen intercambio de calor.

Figura 7.7

Enfriadores con aire forzado y alta humedad

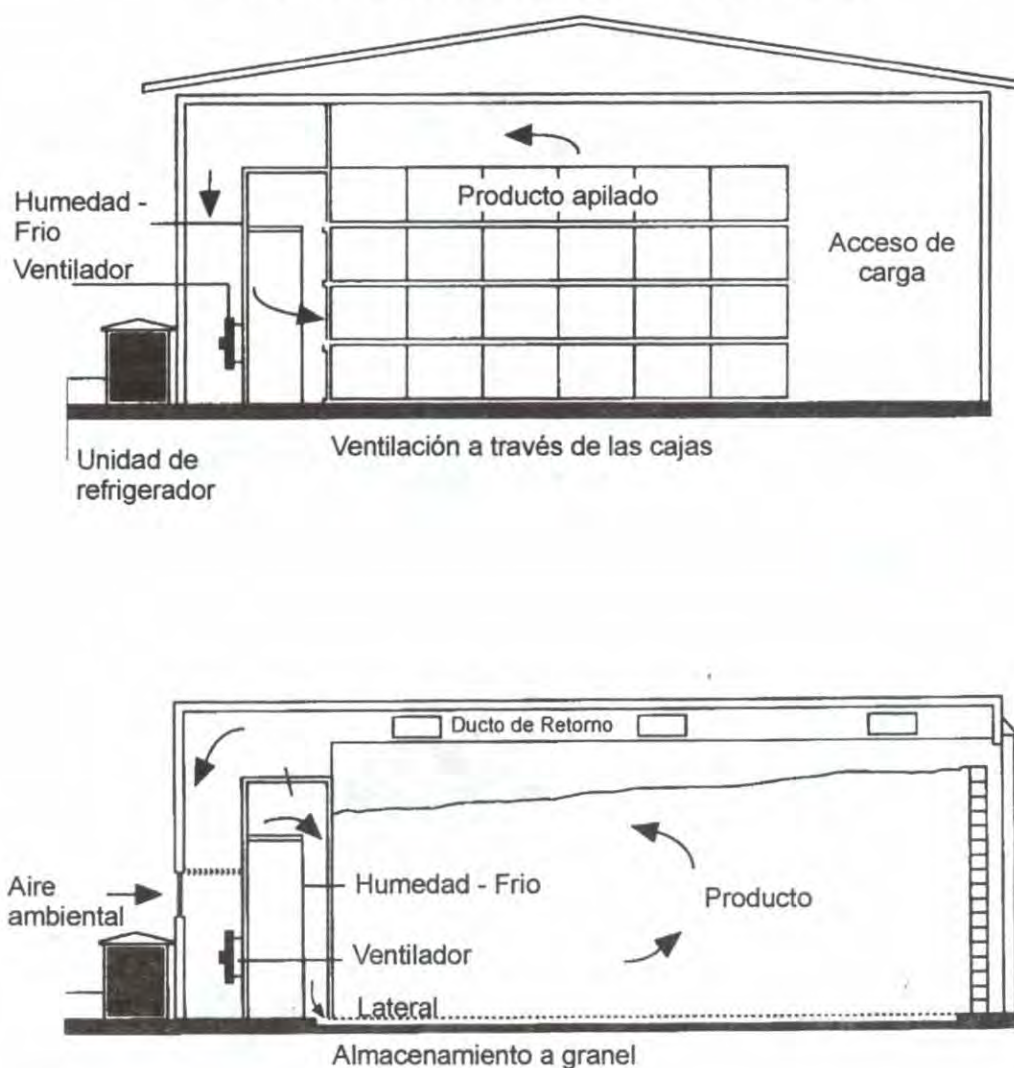


Figura 7.7

Thompson A.K. 1996. Postharvest technology and fruit and vegetable. Blackwell Science.

Esto puede traer como consecuencia la condensación de la humedad relativa o el congelamiento en la superficie de las serpientes, lo cual reduce su eficiencia, pero quizás mucho más importante que ésto y puede incrementar la velocidad con la cual el producto está siendo deshidratado. El enfriador con banco de hielo tiene los serpentines enfriadores sumergidos en agua para que el agua se congele en la superficie de ellas (Figura 7.8). El agua luego es bombeada por encima del aire asperjada en un fino rocío en una contracorriente de aire que entre a la cámara de distribución. El aire pasa a través de un filtro para sacar partículas de agua líquida de él y es entonces pasado a través del producto. Se obtiene como resultado un aire frío y humedecido. La humedad está muy cerca al 100% en un sistema bien construido y dará como resultado una deshidratación mínima del producto durante el enfriamiento. Enfriadores de bancos de hielo portátiles han sido construidos, estos son pequeños trailers aislados, más o menos una tonelada de capacidad, que pueden ser remolcados al campo y conducidos con la ayuda de un tractor. El banco de hielo se construye durante la noche usando electricidad, la energía para la bomba de agua y el ventilador de circulación del aire es tomada del motor del tractor en el campo, es útil para los productos como la fresa, donde puede ser importante comenzar el enfriamiento inmediatamente después de la cosecha.

Figura 7.8
Banco de hielo enfriador

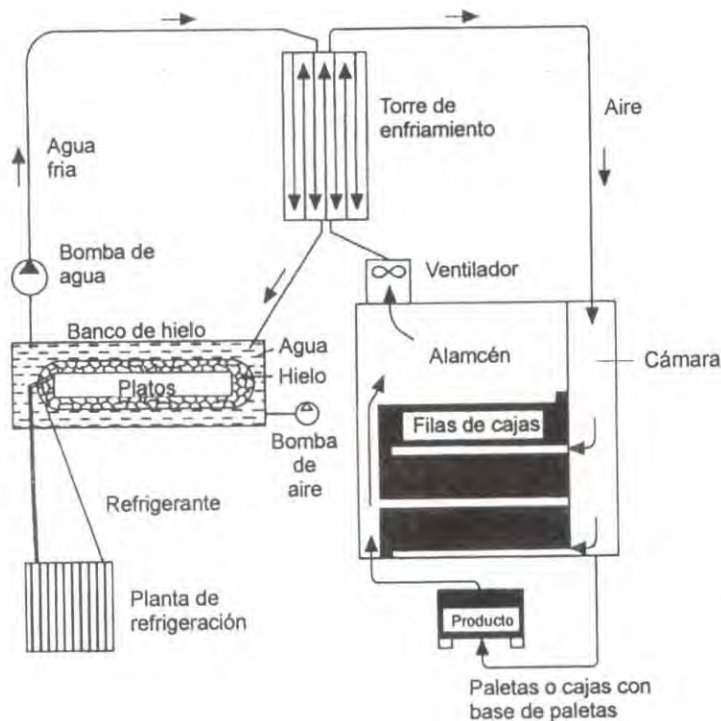


Figura 7.8

Thompson A.K. 1996. Postharvest technology and fruit and vegetable. Blackwell Science.

Hidro-enfriamiento.

La transmisión de calor de un sólido a un líquido es más rápido que la transmisión de un sólido a un gas. Por lo tanto, el enfriamiento de productos por el contacto con agua fría puede ser muy rápido y resultar en que no haya pérdidas de peso del producto durante la operación. Si el producto es simplemente sumergido en agua con aire, el agua en contacto directo con el producto se calentará y la tasa de enfriamiento será lenta. Para lograr un efecto máximo el agua enfriada debe moverse constantemente alrededor del producto. Esto puede conseguirse al sumergir el producto en agua fría la cual constantemente circula a través de un intercambiador de calor.

Cuando los productos están siendo transportados en una bodega con agua, el transporte puede ser un hidro-enfriador. Un diseño común es transportar el producto en una banda transportadora perforada por encima de un tanque de agua. El agua es bombeada del tanque por encima de los serpentines enfriadores, o bloque de aire, y se permiten que caigan a través del producto y luego a través hasta el tanque de abajo. Este sistema tiene la ventaja adicional de que la velocidad del transportador puede ser ajustada al tiempo requerido para enfriamiento del producto. El hidrogenfriamiento tiene la ventaja, comparado con otros métodos de pre-enfriamiento, que este pueda ayudar a limpiar el producto, sin embargo, el agua puede contaminarse con microorganismos lo que puede dar como resultado niveles incrementados de pudrición durante el almacenamiento posterior o el mercadeo. El cloro puede ser agregado al agua para minimizar este problema. El hidrogenfriamiento no es adecuado para muchos productos. Los pimentones que fueron hidro-enfriados tuvieron una incidencia más alta de pudrición durante el almacenamiento que aquellos que no lo fueron, aún cuando se le agregó cloro al agua. Esto se debió a que el agua se había acumulado entre la fruta y el cáliz. El tiempo del enfriamiento depende del tamaño del producto.

Los espárragos que son largos y angostos pueden ser hidro-enfriados en dos minutos, pero los pimentones que son grandes y globulares toman más o menos 10 minutos para enfriar. Los tomates, melones y hortalizas de hoja pueden ser hidro-enfriados. (Diapositivas/fotografías 7.11, 7.12).

Muchas hortalizas pueden desarrollar pudriciones bacteriales blandas después de ser removidos del agua hidrogenfriadora, particularmente el brócoli y la coliflor.

Enfriamiento al vacío

El enfriamiento se logra por el calor latente de evaporación. A una presión atmosférica corriente, 760 mm. de mercurio, el agua ebulle a 100 °C. Si la presión atmosférica se reduce el punto de ebullición del agua se reduce, a una presión de 4.6 mm. de mercurio el agua ebulle a 0°C. Por cada reducción de 5°C o 6°C en temperatura el producto pierde un 1% en peso. La velocidad y la efectividad del enfriamiento está influida por la relación entre el área del producto y su volumen, de manera que es particularmente adecuada para hortalizas de hoja como la lechuga (Diapositivas/fotografías 7.13, 7.14).

La temperatura de los productos después de 25 a 35 minutos de enfriamiento al vacío con presiones de 4.0 a 4.6 mm Hg, con un condensador de temperatura es de -1.7°C a 0°C. La temperatura original del producto fue de 20°C a 22.2°C.

Calabacín	18°C
Papas	18°C
Papas (peladas)	15.5°C
Raíces de zanahoria	14°C
Frijol Snap	12°C
Coliflor	10.5°C
Repollo	7°C
Espárragos	7°C
Apio	7°C
Alcachofa	6°C
Arveja	6°C
Brócoli	5.5°C
Col de Bruselas	4.5°C
Maíz	4.5°C
Zanahoria	2°C
Lechuga	1°C
Cebolla verde	1°C

En el enfriamiento con aire forzado el aire pasa por encima de la superficie del producto enfriándolo exteriormente, mientras que el interior es enfriado por transferencia de calor desde dentro hacia afuera del producto. En contraste con el enfriamiento al vacío de hortalizas de hoja, la presión es reducida exactamente al mismo valor en la superficie de las hojas y en su interior. Esto significa que el enfriamiento es homogéneo y rápido. Cuando hay una baja relación entre el área y el volumen o hay una barrera efectiva a la pérdida de agua de la superficie del producto, el enfriamiento al vacío puede ser lento. Productos como los tomates, que tienen relativamente una cutícula de cera gruesa no son adecuados para el enfriamiento al vacío. Los enfriadores al vacío tienen que ser contruidos con materiales resistentes para soportar el proceso de vacío, por lo tanto tienden a ser costosos. Son estructuras cilíndricas hechas de acero para soportar la baja presión. El proceso al vacío usualmente se logra con una bomba aspiradora y la humedad del producto se condensa en serpentines de enfriamiento situados entre la salida del pre-enfriador y la bomba. A pesar de esto, es probablemente usado para la mayoría de la lechuga en los mercados de Europa y los Estados Unidos ya que es un método muy rápido. La pérdida de agua durante el mercadeo del producto no sólo afecta su valor por pérdida de peso en donde son vendidos pesados, sino que pueden afectar su valor por pérdida de calidad. Para poder reducir este problema del enfriamiento al vacío el producto puede ser rociado con agua antes de arrumarlo en el enfriador al vacío. Enfriadores al vacío especiales llamados "hydrovac" han sido desarrollados. Estos tienen un aspersor de agua adaptado dentro del enfriador el cual es activado hacia el fin de la operación de enfriamiento.

Efectos del método de pre-enfriado en el tiempo de medio de enfriamiento de manzanas empacadas a granel en cajas de 18 kilogramos.

Método de enfriamiento	Tiempo promedio de enfriamiento (horas)
Cuarto frío convencional	12
Túnel con velocidad de aire de 200 a 400m/min.	4
Enfriador de propulsión con velocidad de aire de 740 m/min.	0.75
Hidrogenenfriamiento (fruta a granel)	0.33

7.5.2 PRACTICA: PRE-ENFRIAMIENTO

Requisitos

- Tomates de 3kg de 40 a 60 mm en diámetro
- Aproximadamente 10kg de hielo en cubos
- 4 tazas plásticas para lavado
- 2 refrigeradores domésticos
- 1 ventilador doméstico pequeño que se fijará dentro del refrigerador
- 4 termómetros de -10°C a 40°C.

Procedimiento

- Mezclar agua y hielo en la taza. Hacer lectura de la temperatura en el refrigerador y en el cuarto
- Tomar la temperatura de la mezcla
- Tomar la temperatura interna de 4 tomates a una profundidad de 2 cm.
- Colocar un tomate en la taza de agua con hielo
- Colocar otro tomate en una taza de agua con hielo y revolver constantemente el agua.
- Colocar el tercer tomate en el refrigerador
- Colocar el cuarto tomate en el refrigerador con el ventilador
- Hacer lecturas de la temperatura interna de las cuatro frutas cada minuto. Por un tiempo de 30 minutos
- Llevar la fruta al mesón después de treinta minutos y continuar la lectura de la temperatura
- Escriba sus conclusiones de los resultados del experimento
- Discuta las implicaciones del experimento en términos de almacenamiento refrigerado y manejo de empacadora.

CAPITULO VIII

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE FRUTAS Y HORTALIZAS

Objetivos de la capacitación:

- Permitir a los participantes evaluar económica y técnicamente las razones para seleccionar el almacenamiento como una opción en el manejo post-cosecha de los productos
- Seleccionar el alcance de los métodos y las estructuras que son usadas por todo el mundo para almacenar productos
- Entender y evaluar el uso de la refrigeración en el almacenamiento con conocimientos básicos de su función y operación para que el participante pueda comunicarse con los fabricantes
- Describir todos los aspectos de control de gases ambientales en los almacenamientos de frutas y hortalizas frescas y su importancia en mantener la calidad
- Describir los diferentes métodos que puedan ser usados para transportar frutas y hortalizas en fresco por toda la cadena del mercadeo.

Objetivos del aprendizaje:

- Entender los factores que están involucrados en el manejo del almacenamiento, particularmente las causas y tipos de pérdidas que puedan ocurrir
- Al estudiar estructuras y técnicas simplistas los participantes podrán evaluar la estructura más apropiada para varias circunstancias, en vez de simplemente seleccionar almacenamiento refrigerado costoso
- Entender y evaluar la información básica requerida para el diseño de almacenamientos en AC, el equipo usado para controlarlos y los efectos de los diferentes gases en el almacenamiento de frutas hortalizas frescas
- Poder comparar los diferentes métodos usados y la tecnologías que están disponibles para el transporte de frutas y hortalizas en fresco y poder evaluar los diferentes métodos de transporte que está disponibles.

Temas a considerar:

- Factores técnicos involucrados en el almacenamiento
- Factores económicos involucrados en el almacenamiento
- Manejo del almacenamiento
- In situ
- Fosos
- Arrume
- Rompevientos
- Sótanos
- Silos

- Enfriamiento evaporación
- Ventilación nocturna
- Efectos de baja temperatura sobre frutos y hortalizas frescas
- Ciclo de refrigeración controlando la humedad del almacén
- Efectos de oxígeno
- Efectos del dióxido de carbono
- Estructura del almacenamiento
- Equipo para control de gases
- Almacenamiento hipobárico
- Transporte Nacional
- Transporte Internacional Marítimo
- Transporte en contenedores refrigerados
- Empaque de atmósfera modificada
- Contenedores con aire
- Contenedores ventilados
- Transporte con atmósfera controlada
- Transporte Internacional aéreo.

CAPITULO VIII

ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE DE FRUTAS Y HORTALIZAS

Las tecnologías aplicadas para facilitar el mercadeo de frutas y hortalizas frescas deben ser apropiadas para las necesidades del mercadeo y los procesos fisiológicos que tienen lugar en el producto. Cualquier tratamiento aplicado al producto o cambio de ambiente alrededor de él tienen un costo. La aplicación de tecnologías nuevas durante la cadena de mercadeo de frutas y hortalizas frescas tiene lugar en sistemas que son usados a nivel local y para el mercadeo internacional. Es importante evaluar alternativas para asegurar que las innovaciones sean tanto económicas como apropiadas. Los sistemas y materiales usados para el mercadeo local a menudo han evolucionado durante considerables períodos de tiempo y cambiarlos puede resultar en el desarrollo de otros problemas. Así mismo, los cambios pueden generar resistencias para su aceptación por los agentes involucrados en el mercadeo. Sin embargo, las exigencias del consumidor, el tipo de producto en el mercado y cambios en los estándares pueden imponer cambios, especialmente en el comercio internacional. Por lo tanto, cualquier cambio debe, considerar todos los aspectos de las exigencias del consumidor, la legislación y lo que se pueda lograr por la industria.

El almacenaje o vida útil del producto puede extenderse mediante la aplicación de diversos tratamientos en post-cosecha, el más importante de éstos es el manejo de la temperatura, que involucra la cadena de frío mediante la cual la temperatura del producto es reducida lo más rápido posible inmediatamente después de la cosecha para estabilizar el producto, posteriormente éste es mantenido bajo estas condiciones hasta que llegue al consumidor. El almacenamiento en atmósferas controladas, atmósferas modificadas y aplicación del químico son técnicas usualmente utilizadas en combinación con temperaturas bajas, estas pueden extender la vida útil del producto, ayudar a mantener su calidad, frescura y a reducir las pérdidas post-cosecha.

Es crucial producir la calidad de frutas y hortalizas que es requerida por el mercado y asegurar que esta calidad se mantenga por toda la cadena de mercadeo, la calidad es un término que tiene una amplia gama de definiciones que a menudo se refieren a sabores característicos en particular de un producto, o su apariencia, o a su tamaño, o a los grados de un tipo especial de daño. Estos requerimientos de calidad constantemente están cambiando, aún en un mercado en particular, ya que pueden ser influenciados por presiones del mercado, particularmente a través de campañas de promoción y publicidad. La calidad de las frutas y hortalizas frescas está relacionada con su apariencia, color, uniformidad, gusto, sabor, textura, aroma, valor nutritivo, composición química, marcas defectuosas en la cáscara, residuos químicos, aditivos y cualquier otro parámetro que el consumidor juzgue aceptable bajo la base de su experiencia y educación. Esta percepción de calidad puede ser manipulada, por ejemplo, por la publicidad. Los factores de calidad usados por el consumidor en la decisión de compra de una fruta u hortaliza pueden ser influenciados por la experiencia.

8.1 LAS NECESIDADES DE ALMACENAMIENTO

Factores que afectan la decisión de almacenar un producto

El almacenamiento de frutas y hortalizas es practicado por varias razones. Para facilitar el mercadeo, en éste el período del almacenamiento es usualmente corto y permite la acumulación de un volumen suficiente de productos por un cultivador o grupo de cultivadores con destino al mercado. El producto puede ser almacenado en los mercados al por mayor durante el período en el que está siendo vendido. También puede almacenarse en un momento dado cuando el precio está bajo y se espera un incremento en precio del mismo. Ciertos productos son almacenados por largos períodos de tiempo para extender la duración de su disponibilidad. En el último de estos casos, el producto es cultivado a propósito para un almacenamiento a largo plazo, e incluso cultivares o variedades específicas serán sembrados, sin embargo, el almacenamiento a largo plazo puede ser costoso y requerir un alto nivel de conocimiento técnico del producto. Los factores que es necesario considerar antes de emprender el almacenamiento de un producto son:

- Conocimiento de las condiciones apropiadas de almacenamiento
- Cultivar o variedad adecuada para el almacenamiento
- Infraestructuras disponibles de almacenaje apropiado
- El manejo adecuado disponible.

El costo del almacenamiento puede ser muy alto y es necesario considerar los siguientes costos:

- La construcción de la estructura del almacén o bodega
- Mantenimiento de la estructura
- El costo de cargue y descargue del producto
- El costo posible de energía
- El costo posible de contenedores de almacenamiento
- Pérdidas ocurridas durante el almacenamiento
- La depreciación del capital.

Las frutas y las hortalizas son organismos vivos. Sus condiciones y vida útil son afectadas por factores como la temperatura, la humedad relativa, la composición de la atmósfera que las rodea, el nivel de daño que se les ha causado y el tipo y grado de infección con microorganismos. Los productos se deteriorarán durante el almacenamiento debido a:

- Pérdida de humedad
- Pérdida de energía en el almacenamiento, por ejemplo carbohidratos
- Pérdida de otros nutrientes, por ejemplo vitaminas
- Pérdidas físicas a través del ataque por plagas y enfermedades
- Pérdida en calidad por desórdenes fisiológicos
- Desarrollo de fibra
- Enverdecimiento (papas)
- Crecimiento de raíz
- Crecimiento de brotes

- Germinación de semillas
- Crecimiento de fruta.

Todos estos factores deben considerarse antes de que la empresa de almacenamiento de productos se lleve a cabo (Figura 8.1). Las alternativas para el almacenaje también deben ser consideradas. Estas alternativas pueden incluir: Importar el producto de otra región donde puede cultivarse fuera de temporada, sembrar diferentes variedades que puedan producir fuera de temporada, la aplicación de prácticas de manejo del producto para extender la temporada de producción o convencer al consumidor de adquirir otro producto que esté en temporada. Si finalmente se decide continuar con el almacenamiento, el producto debe incrementar en precio durante el período de almacenamiento para justificar los costos. La situación puede ser complicada en muchas circunstancias por la necesidad de preservar el intercambio internacional. Estos factores pueden sobrepasar consideraciones solamente económicas y los productos almacenados pueden ser importados más económicamente. Este principio es cierto para situaciones estrictamente comerciales en cualquier clase de almacenamiento que se efectúe.

En muchas situaciones del mercado los productos serán almacenados cuando su producción está en exceso. Si semejante empresa es llevada a cabo debe existir un pronóstico razonable de que el precio en el mercado subirá para pagar el almacenamiento, pero con muchos productos, especialmente en países subdesarrollados, el producto almacenado puede estar compitiendo con productos frescos los cuales pueden disfrutar de un sobreprecio en el mercado. Hay casos donde una cierta cantidad de un producto será almacenado para restringir la oferta en el mercado, y posteriormente, después de un período de tiempo, son distribuidos. Estos precios posteriores puede que no sean más altos, pero el resultado puede tener ventajas económicas generales. Esto supone que la organización que está llevando a cabo el almacenamiento está en una posición tal que le permite influenciar los precios, como es el caso de una secretaría de mercado o entidad de mercadeo.

8.2 MANEJO Y ORGANIZACION DE ALMACENAMIENTO

La organización del almacenamiento varía con la escala de la operación, el almacenamiento directo en la finca, con un agricultor organizado, es un método que frecuentemente se lleva a cabo, con pequeños agricultores, las cantidades consideradas son a menudo muy bajas y por consiguiente estructuras sofisticadas no están disponibles. En tal caso, puede ser más económico para estos grupos de agricultores que formen una cooperativa de almacenamiento, en donde el grupo asociado pueda comprar y administrar un complejo central de almacenamiento. Esto es particularmente importante en donde son usados sistemas complejos de almacenaje, como los de atmósferas controladas. El costo del equipo electrónico que es usado para probar y regular la atmósfera del almacenamiento es relativamente el mismo para grandes o pequeños almacenamientos. Los complejos y las organizaciones de estas empresas puede permitir la compra y el mercadeo en forma más favorables, este tipo centralizado de organización requeriría un manejo separado y especializado.

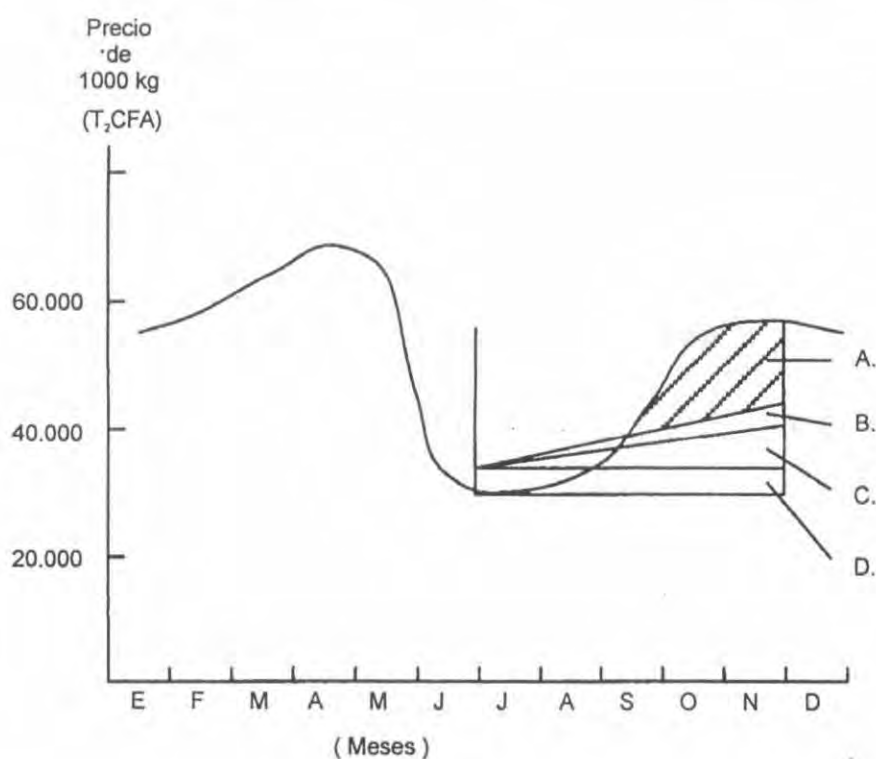
Almacenamiento a corto plazo

Esto es inevitable en algún grado con todos los productos para poder facilitar el mercadeo.

La duración del almacenamiento debe mantenerse al mínimo y reducir los costos derivados de los costos de oportunidad del capital invertido, del espacio ocupando en el almacenamiento y el transporte. Sin embargo, se debe mantener un balance entre la tecnología y el costo. Por ejemplo, si el producido está siendo exportado es mejor transportado al país importador o técnicamente es viable almacenarlo hasta que se pueda obtener el mejor precio. Para las exportaciones, la vía más rápida es por avión. Sin embargo, ya que ésto es costoso puede a menudo ser más económico transportar por vía marítima con posible pérdida de calidad y cantidad, de nuevo, si ésto es técnicamente viable.

Figura 8.1

Precios y costos de las papas almacenadas en Camerún



- A. Perfiles de almacenamiento
- B. Pérdida de producto comercializado
- C. Operación de costos
- D. Transferencia de costos y rentabilidad

Figura 8.1

Toet, A.J. 1982. Report on the Cameroons. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Consultancy Report.

Almacenamiento no planeado

Esto ocurre cuando la producción está por encima de los niveles que el mercado puede absorber. La razón para esto puede ser:

- Temporadas excepcionalmente buenas, en las cuales la producción es más alta de lo previsto
- Pérdida de mercado
- Mala planificación, debida posiblemente a factores ocurridos en el mercado durante las temporadas anteriores.

En estas circunstancias el almacenamiento sólo se debe efectuar cuando un eventual mercado puede proveerse. La vida útil máxima del producto puede determinarse usualmente de la literatura. Si no se puede anticipar algún mercado dentro de este tiempo el precio debe bajarse significativamente para evacuarlo en un mercado local. Si esto no puede hacerse, éstos deben ser usados como alimento para animal o desechados. Es costoso almacenar productos que eventualmente serán desechados.

Almacenamiento a largo plazo

Este es el almacenamiento de productos destinados a evacuarlo en las necesidades de un mercado identificado. Este tópico será tratado con más detalle. Ejemplos de productos que son almacenados durante largos períodos:

- Papa
- Ñame
- Cebolla
- Manzanas
- Patatas
- Uvas
- Algunos cítricos
- Peras
- Caqui
- Arándano
- Remolacha
- Repollo
- Zanahoria
- Apio nabo
- Ajo
- Jengibre
- Alcachofas de Jerusalén.

A menudo hay compatibilidad entre los diferentes productos durante el almacenamiento. Generalmente es buena práctica comercial almacenar sólo un producto en el mismo cuarto de almacenamiento. Las razones para ésto son:

- Los gases, como los volátiles orgánicos, pueden ser producidos por un producto y afectar el sabor de otros, ejemplos.: las cebollas almacenadas con las manzanas

pueden afectar el sabor de las manzanas

- Grandes cantidades de etileno pueden ser producidas por algunas frutas las cuales pueden causar desórdenes fisiológicos en algunas hortalizas y acelerar la maduración de otras frutas (ver sección sobre etileno). Un ejemplo de esto es la exportación vía aérea de flores y mangos en el mismo compartimiento de carga desde Colombia hasta el Reino Unido. Las flores tuvieron que ser tratadas especialmente para prevenir que el etileno generado por los mangos causara un rápido deterioro de las flores
- Puede haber incompatibilidad de temperatura entre los productos. Incluso, pueden existir diferentes requerimientos de temperatura para diferentes variedades del mismo producto, por ejemplo en mangos, aguacates y manzanas
- Algunas variedades del mismo tipo de fruta tienen períodos de almacenamiento más cortos que otras y los gases (etileno) que se producen durante la senescencia de una variedad de fruta pueden acelerar el deterioro de la otra variedad
- Diferentes productos requieren diferente humedad relativa para el almacenamiento óptimo. Por ejemplo, la lechuga requiere más o menos un 95% de HR y productos como la cebolla y el ajo requieren más o menos 70% de HR.

8.3 ALMACENAMIENTO

8.3.1 ESTRUCTURAS SIMPLES DE ALMACENAMIENTO

Los seres humanos han almacenado por siglos y se han desarrollado técnicas en las diferentes sociedades que involucran varios métodos y estructuras, algunas de las cuales hasta hoy se mantienen. Los tipos de almacenamiento puede ser agrupados en aquellos que no requieren refrigeración, y que serán tratados en esta sección, y los que sí la requieren, que serán tratados posteriormente. Los tipos de almacenamiento simple incluyen:

8.3.2 TIPOS DE ALMACENAJE SIMPLE

- In situ
- Fosos
- Arrume
- Rompevientos
- Sótanos
- Silos
- Enfriamiento evaporación
- Ventilación nocturna.

In situ

Esto efectivamente significa retrasar la cosecha del producto hasta que éste es requerido. Puede hacerse en ciertos casos con productos de raíz, pero no significa que la tierra en donde el producto fue sembrado permanezca ocupada y que un nuevo producto no pueda plantarse allí. El producto también puede estar expuesto al ataque de plagas y enfermedades. Con la yuca se mostró que la cosecha retrasada puede resultar en una reducción de aceptabilidad y aumento de almidón. En zonas expuestas a heladas el producto puede estar expuesto al congelamiento y pérdidas por frío.

Este método de almacenamiento puede ser aplicado a algunas frutas no climatéricas como los cítricos, pero con frutas climatéricas, como tomate, mango, aguacate y papaya, la vida post-cosecha progresivamente se reducirá y las frutas serán más susceptibles al daño durante el manejo y el transporte.

Fosos

Los fosos o las trincheras son cavadas a orillas de los campos en donde el producto ha crecido. Si el campo tiene pendiente, es importante que los fosos o las trincheras sean excavados en un punto alto en el campo, especialmente en regiones con un alto índice de pluviosidad. El foso o la trinchera puede ser abullonado con paja u otro material orgánico y luego se esparce una capa de tierra. En algunos casos, se colocan tablas de madera en la superficie de la esponja de la tierra, antes de agregar la tierra. La carencia de ventilación puede causar problemas por pudriciones, para evitarlo se pueden cavar trincheras de ventilación hasta la base del almacenamiento. Las aberturas para la ventilación pueden dejarse en la parte superior del almacenamiento cubiertas con paja, de tal forma que permitan pasar el aire hacia afuera pero evitan que la pluviosidad penetre. Una capa de tierra de hasta 25 cm. de altura puede ser requerida para proteger el producto, cubriéndolo una vez la trinchera ha sido cargada.

En condiciones muy calientes una capa de tierra gruesa o una cubierta de material orgánico pueden ser necesarias para prevenir el aumento considerable de la temperatura durante el día. En los países europeos muchos productos de raíz han sido almacenados tradicionalmente de esta forma, incluso las manzanas. En el Sudan las papas son almacenados por los agricultores en fosos con cubiertas de paja gruesa como aislante. Los requerimientos de mano de obra para la construcción, carga y descarga son muy altos y los períodos de almacenamiento son normalmente cortos, de lo contrario se presentarán altas pérdidas en el producto. El almacenamiento de cormos de taro en fosos abullonados con películas o plástico extendieron su vida útil hasta por cuatro semanas, comparado con el método tradicional de almacenarlos que era el de arrumarlos a la sombra, en las islas del Pacífico Sur.

Arrume tapado

Estos han sido usados como un método tradicional para el almacenamiento de papa desde 1963. El 48% de la papa almacenada en Bretaña fue almacenada en arrume. Desde entonces la proporción se ha reducido rápidamente y el método no es común hoy en día en Bretaña. Los arrumes también fueron desarrollados para el almacenamiento de yuca en Colombia, en donde se reportó un almacenamiento exitoso de más de 8 semanas. El diseño de los arrumes para la papa en Bretaña varió entre regiones, pero un diseño común fue el siguiente:

A un costado del campo se selecciona un área que no esté sujeta a inundación. El ancho del banco usualmente va desde 1 m hasta 5 m y cualquier longitud. Las dimensiones son marcadas y la papa es arrumada en forma de pirámide. Algunas veces se coloca paja en la tierra antes que la papa sea amontonada. La altura central del montón de papa depende de su ángulo de reposo, ésta es más o menos $\frac{1}{3}$ de su ancho. Luego se coloca paja en el montón de papa en forma de capas, empezando de la parte inferior hacia arriba. En la parte superior se dobla la paja por encima de la cúspide para que la pluviosidad se deslice de la

estructura. El grueso de estas capas de paja debe ser de 15 cm. a 25 cm., cuando estén comprimidas. Después de dos semanas el banco se cubre con tierra, la capa debe tener una espesor de 15 cm. a 20 cm., pero ésta puede variar dependiendo del clima. Los arrume para almacenar papa durante épocas cálidos deben tener 1.5 m. de ancho máximo con un ducto de ventilación a nivel del piso, en el centro se puede necesitar cubiertas extras de paja en climas cálidos. La yuca almacenada en arrume por un período de un mes tienen un 75% de su peso original en condiciones comercializables, con pérdidas adicionales pequeñas hasta por tres meses de almacenamiento. (Figura 8.2, 8.3).

Rompevientos

Esta es una forma tradicional de almacenar cebolla en Bretaña, los agricultores manifiestan que pueden ser almacenadas en esta forma hasta por seis meses. Los rompevientos son contruidos clavando estacas de madera en la tierra en dos hileras paralelas con más o menos un metro de separación. Las estacas deben estar un poco inclinadas hacia afuera y deben ser de más o menos dos metros de altura.

Una plataforma de madera de 30 cm de altura es contruida entre las estacas, ésta a menudo se hace de cajas volteadas al revés. Se fija alambre de púas a las estacas a lo largo de los costados del rompevientos formando una caja. Los bulbos de cebolla se cargan en la jaula y se cubre con 15cm. a 20 cm. de paja. En la parte superior de la paja una película de poliestireno (de calibre 500) es colocada y sostenida hacia abajo con piedras para proteger las cebollas de la pluviosidad. El rompevientos debe estar situado con su eje mas largo hacia el viento que prevalece.

Sótanos

Estas son estructuras subterráneas contruidas a menudo debajo de una casa. Esta localización brinda un buen aislamiento, lo que significa que son ambientes en condiciones de enfriamiento suave, protegidas de temperaturas excesivamente bajas en climas fríos. En Bretaña éstos fueron utilizados para almacenar productos como manzana, repollo, cebolla y papa durante el invierno. Los productos eran colocados en estantes para asegurar una buena circulación del aire. Las cebollas y el ajo son trenzados y colgados de anzuelos. En las regiones montañosas de Nepal los sótanos, para almacenar manzanas, eran cavados en los lados o costados de inclinaciones. Las puertas de estos sótanos pueden permanecer abiertas durante la noche para asegurar que la temperatura en el almacenamiento permanezca baja. En estas condiciones la humedad relativa es a menudo baja, lo que puede llevar a la desecación de la fruta. Para subsanar esto el piso del almacenamiento puede mantenerse mojado (Figura 8.4).

Silos

Varias estructuras simples son contruidas por agricultores para el almacenamiento de productos. En Nigeria, el ñame es almacenado en silos contruidos especialmente. El diseño de estas estructuras varía pero usualmente consiste en estacas clavadas en el piso a las cuales son suspendidos los tubérculos en forma de trenza.

Figura 8.2
Arrume para almacenar en el campo

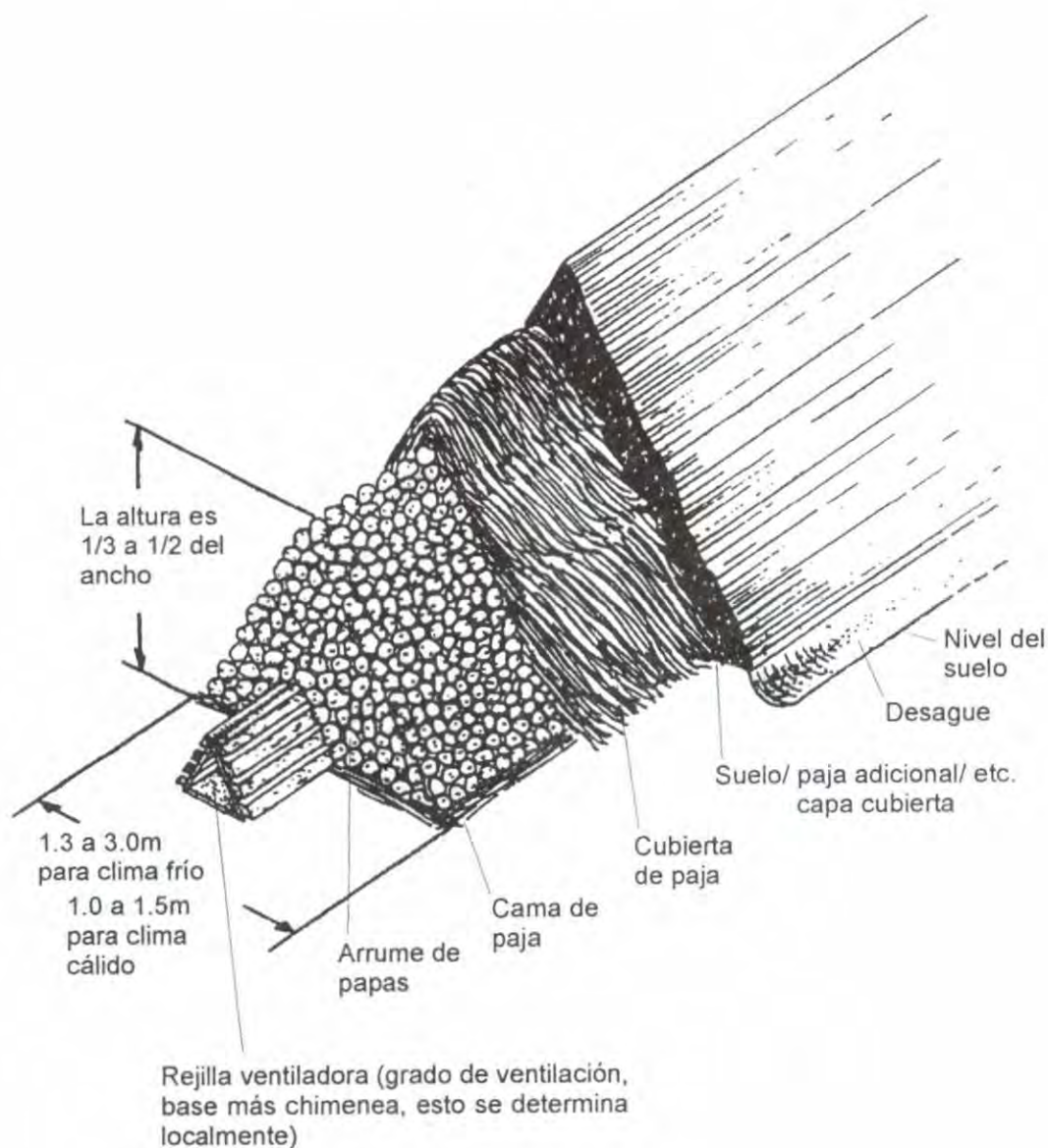


Figura 8.2

Booth, R.H., 1975. Cassava storage. The International Potato Centre, Lima, Peru. Series EE-16.

Figura 8.3
Almacenamiento de yuca

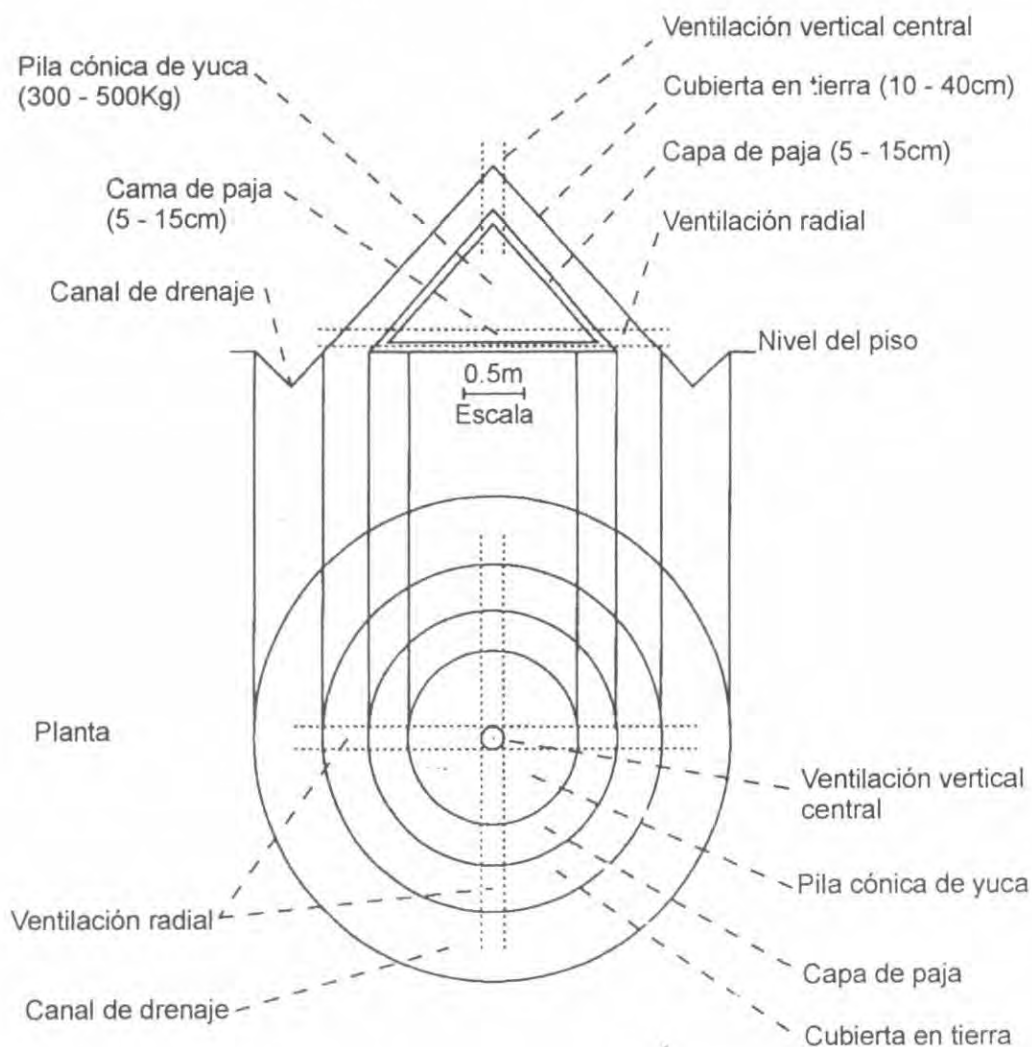


Figura 8.3

Booth, R.H. 1975. Cassava storage. The International Potato Centre, Lima, Peru. Series EE-16.

Figura 8.4

Estructura de almacenaje en sótano

Una Bodega de raíces puede construirse al cavar un hueco a una profundidad de 2.10 a 2.40 m y forrar los costados con madera. El ejemplo ilustrado aquí es de 3.60 a 4.30 m en tamaño, con una chimenea-ducto de 0.1 m² con ventilación de techo.

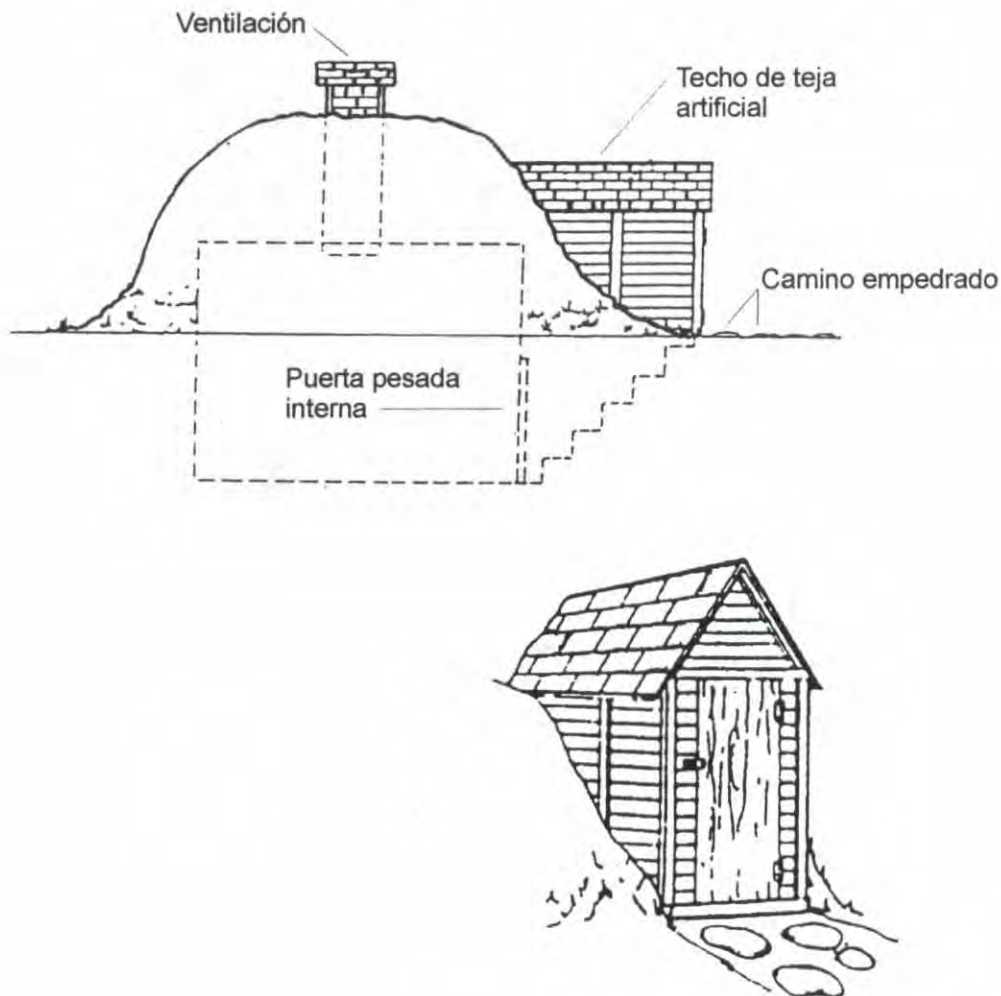


Figura 8.4

Kitinoja, L. and Kader, A.A. 1993. Small scale postharvest handling practices. Department of Pomology, University of California, Davis, California 95616, United States of America Postharvest Horticulture Series 8, 188 pp.

Las estacas vivas producen follaje el cual le da sombra a los tubérculos y brinda un ambiente húmedo y frío. En una comparación realizada en Nigeria para el almacenamiento de ñame entre el almacenamiento en silos y el almacenamiento en foso, se encontraron pérdidas de peso, en un período de cinco meses, del 60% para el primer método y del 15% al 25% para el segundo método. El ñame almacenado en caja de madera en la región costera de Camerún tuvo pérdidas del 29% al 47% en sólo dos meses.

En el Sudan, las cebollas se almacenan en silos de película de palma llamadas "rakubas". Los bulbos son amontonados en una plataforma de bambú dentro de la estructura a una espesor máxima de más o menos un metro. La naturaleza de la estructura permite una buena circulación de aire por parte del viento prevaleciente mientras las protege de la pluviosidad y el sol directo. En muchos países de clima templado los productos de raíz y tubérculos son almacenados en silos y protegidos de la congelación al forrar la bodega con paja (Figura 8.5). (Diapositiva/fotografías 8.1, 8.2)

Los productos como la cebolla y el ajo son a menudo colgados en chozas abiertas por un lado o silos para que haya un flujo de aire libre alrededor de éstos (Figura 5.6). Dentro de las silos los productos pueden almacenarse en cajas que contengan material que ayude a conservarlas (Figura 8.6). Algún trabajo en la India mostró que cubrir la papa en diferentes materiales podría tener un gran efecto en las pérdidas durante el almacenamiento.

Enfriamiento por evaporación

Cuando el agua pasa de la fase líquida a la fase de vapor este proceso requiere energía. Este principio puede ser usado para enfriar en almacenamiento, el aire que va ser introducido al almacenamiento se hace pasar primero a través de una esponja húmeda. El grado de enfriamiento depende de la humedad relativa inicial del aire y de la eficiencia en la evaporación de la superficie de la esponja.

Si el aire ambiental tiene humedad relativa baja y ésta es incrementada hasta alcanzar el 100% de humedad relativa se puede lograr una gran reducción en la temperatura. Este procedimiento puede brindar condiciones de enfriamiento húmedo dentro del almacenamiento. Los dos sistemas de enfriamiento por evaporación, activo y pasivo, son utilizados. En un sistema pasivo las esponjas enfriadoras se mantienen húmedas y son colocadas por encima de las entradas del almacenamiento. Estas entradas deben estar en una posición tal que permita que el viento pueda pasar a través de ellas. En los sistemas activos el aire se lleva al almacenamiento mediante un ventilador y se hace circular a través de una esponja húmeda. La esponja puede mantenerse húmeda al bombearle constantemente agua. Este último sistema es mucho más eficiente para el enfriamiento pero requiere una fuente de energía. (Diapositivas/fotografías 8.3, 8.4).

Ventilación nocturna

En los climas cálidos la variación entre la temperatura diurna y nocturna puede usarse para mantener el almacenamiento frío. El almacenamiento debe estar bien aislado y el producto se colocada dentro (Figura 8.7). Se incorpora un ventilador en la entrada de aire el cual puede encenderse cuando la temperatura exterior este más baja que la temperatura dentro del almacenamiento. Esto ocurre durante la noche, cuando las temperaturas se han regulado el ventilador es apagado. El ventilador puede ser controlado con un termómetro diferencial que constantemente compara la temperatura del aire fuera del almacenamiento

con la temperatura interna del almacenamiento. Un suiche de tiempo también puede ser usado, éste podría programarse, por ejemplo, para encender el ventilador por dos horas cada día entre las 5:00 a.m. y las 7:00 am. Almacenamientos con ventilación nocturna pasiva han sido diseñados, su funcionamiento consiste en abrir la puerta del almacenamiento durante la noche para admitir el aire frío y mantenerla cerrada durante el día. Almacenamientos de ventilación nocturna por convección han sido desarrollados, en éstos se usan piedras cálidas para dirigir corrientes de aire a través del almacenamiento durante la noche.

Estos dos últimos métodos requieren constante atención manual (Figuras 8.8 a 8.13). (Diapositivas/fotografías 8.5 a 8.12).

Comparando las pérdidas en cebolla cabezona en dos sistemas de almacenamiento durante seis meses, en almacenamiento en una cabaña de paja sencilla (rakuba) y almacenamiento por ventilación nocturna, las condiciones de almacenamiento en el sistema rakuba fueron de 36.1°C de temperatura y 42% de HR, promedio, y para el sistema de ventilación nocturna de 33.1°C de temperatura y 60% de HR, promedio.

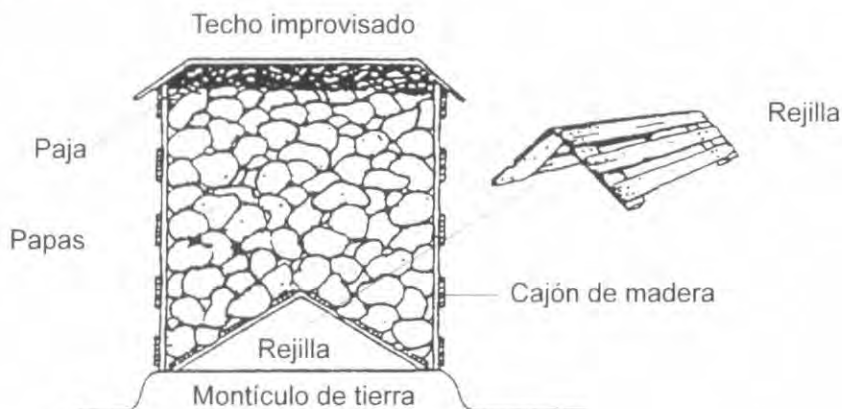
Método de almacenamiento:	Rakuba	Ventilación nocturna
Porcentaje de daño por peso	43	58
Porcentaje Pudrición	22	18
Porcentaje Brotes	7	4

Figura 8.5

Estructuras de almacenaje

Un cajón puede servir para el almacenaje de pequeñas cantidades de papa en lugares con clima frío no congelante.

Se deja un espacio de ventilación soportado por una rejilla y se cubre con paja, para proteger y aislar.



Un cajón enterrado a ras de piso y forrado con trapos y paja mantendrá las papas protegidas de heladas mientras se toma las medidas necesarias.

La tapa se levanta fácilmente y se cubre con paja para dar aislamiento.

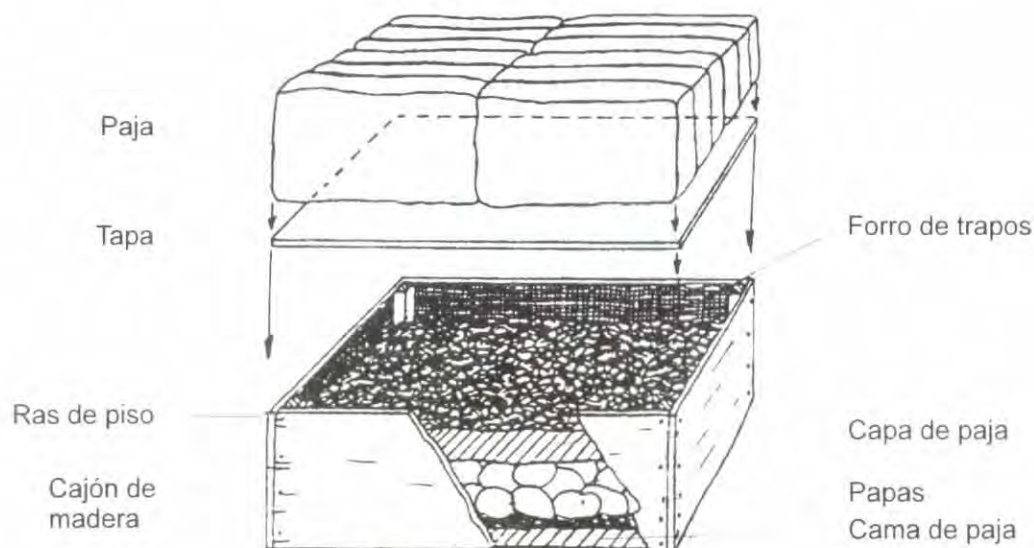


Figura 8.5

Kitinoja, L. and Kader, A.A. 1993. Small scale postharvest handling practices. Department of Pomology, University of California, Davis, California 95616, United States of America Postharvest Horticulture Series 8, 188 pp.

Figura 8.6
Ajos Ascalonia colgados

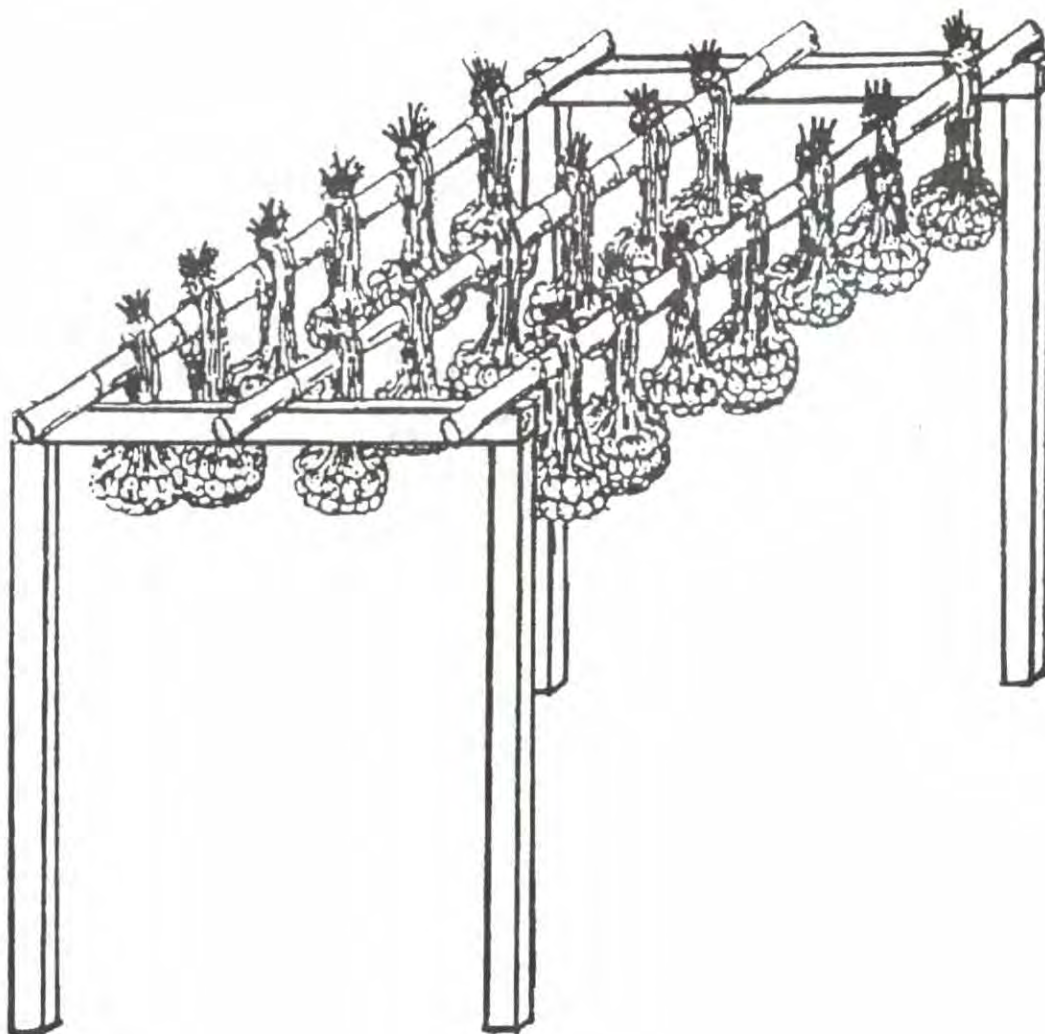


Figura 8.6

Kitinoja, L and Kader, A.A. 1993. Small scale postharvest handling practices. Department of Pomology, University of California, Davis, California 95616, United States of America Postharvest Horticulture Series 8, 188 pp.

Figura 8.7

Almacenamiento con ventilación nocturna para cebollas

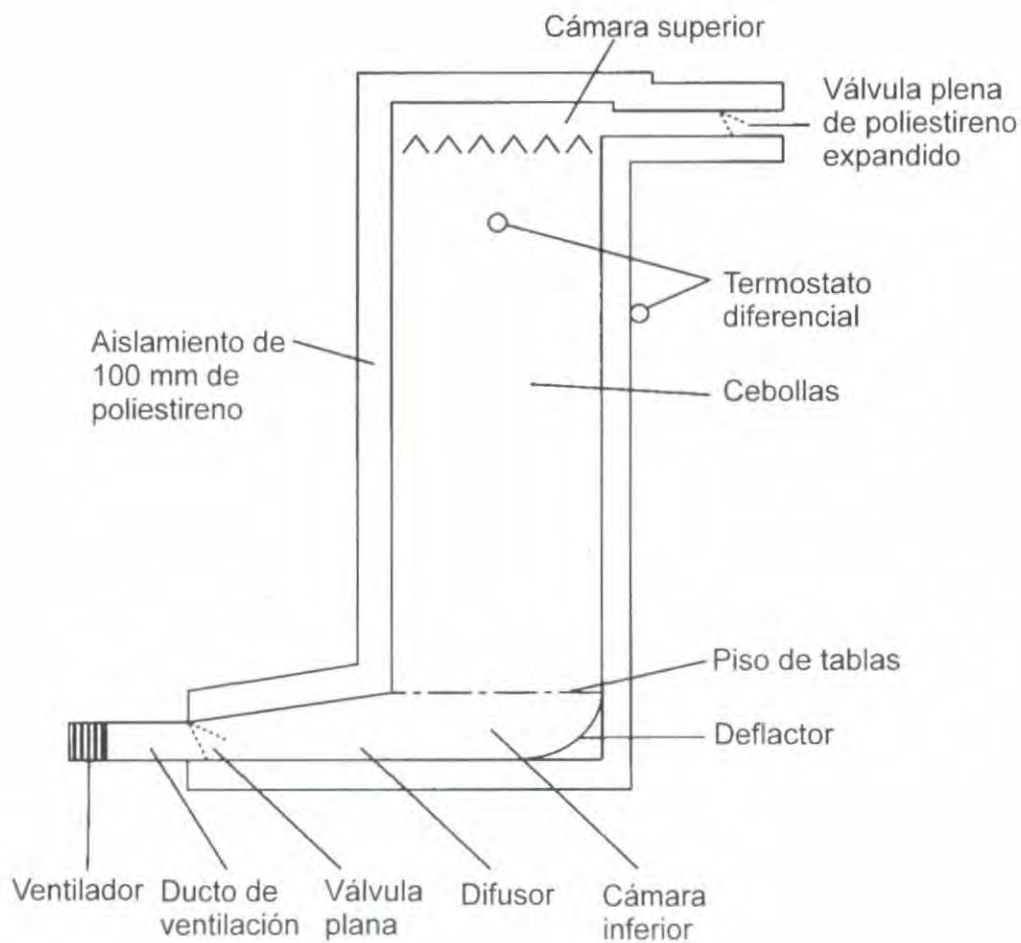
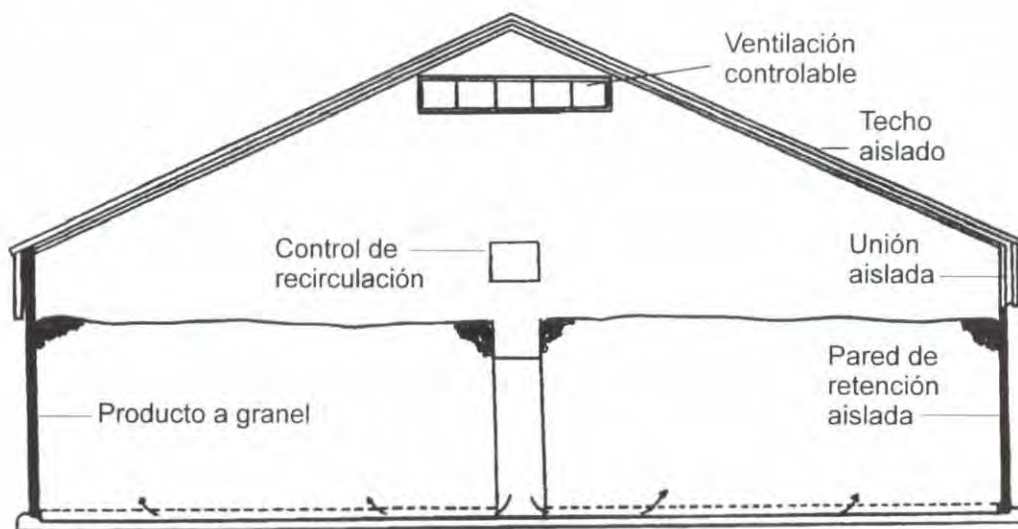


Figura 8.7

Skultab, K. and Thompson, A.K. 1992. Design of a night ventilated onion store for the tropics. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 23, 51-55.

Figura 8.8

Corte transversal de una bodega de almacenamiento con ventilación



PAPAS:

Los ductos para la ventilación de un almacenaje de productos a granel pueden hacerse vertical y horizontalmente. El cuarto de almacenaje para la papa provee ventilación suficiente usando materiales sencillos. El cuarto puede ser de cualquier tamaño o forma ya que se le puede colocar ductos de ventilación distribuidos en el piso de la bodega.

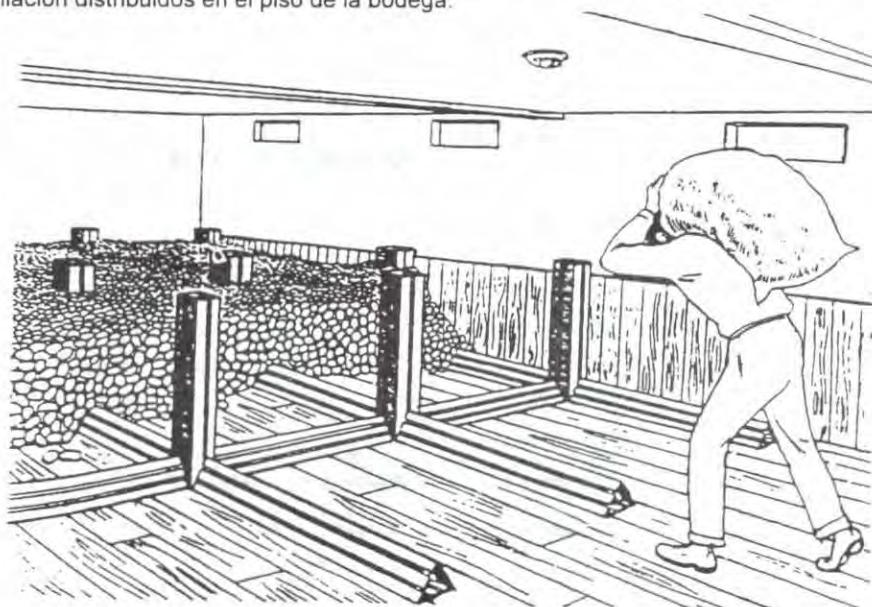
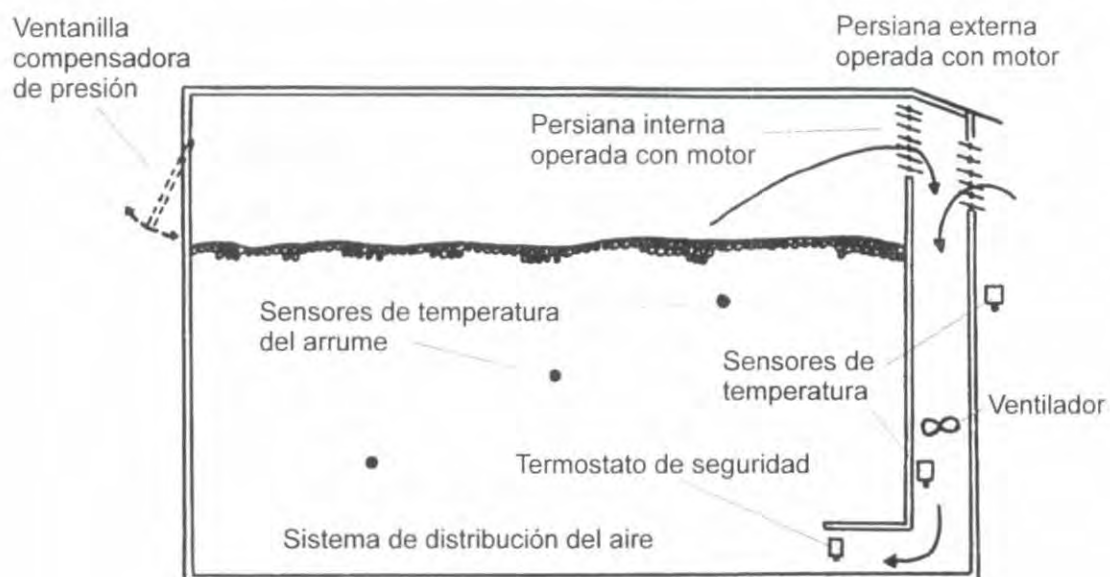


Figura 8.8

Shipway, M.R. 1968. The refrigerated storage of vegetables and fruits. Ministry of Agriculture Fisheries and Food U.K. 324, 148 pp.

Figura 8.9

Almacenamiento con recirculación y mezcla de aire



Sistema de Recirculación con Ventilador Secundario.

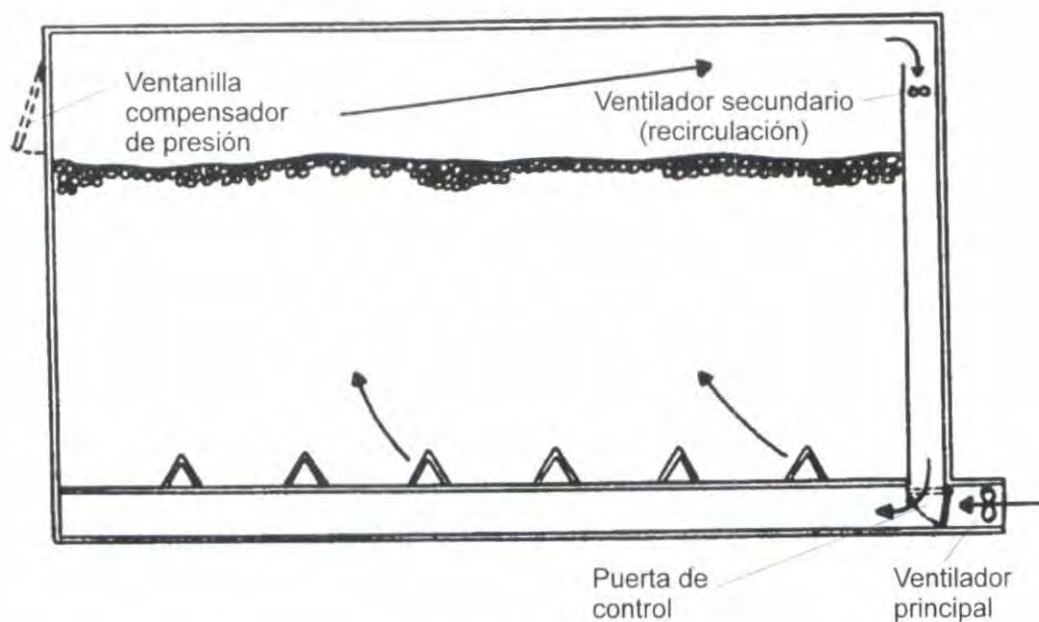


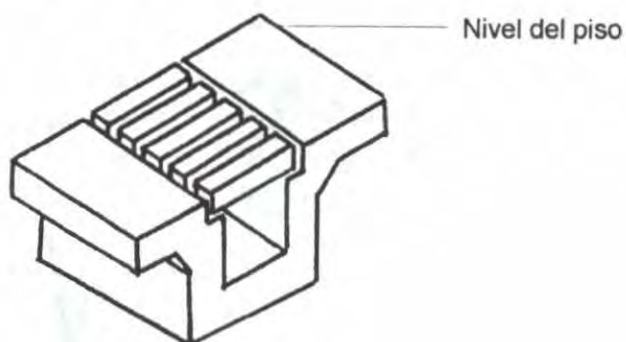
Figura 8.9

Shipway, M.R. 1968. The refrigerated storage of vegetables and fruits. Ministry of Agriculture Fisheries and Food U.K. 324, 148 pp.

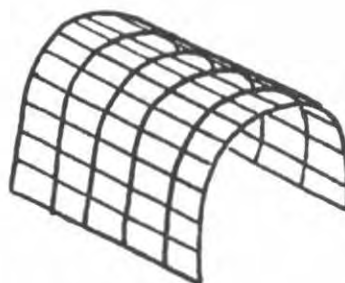
Figura 8.10

Ductos laterales para almacenamiento ventilado

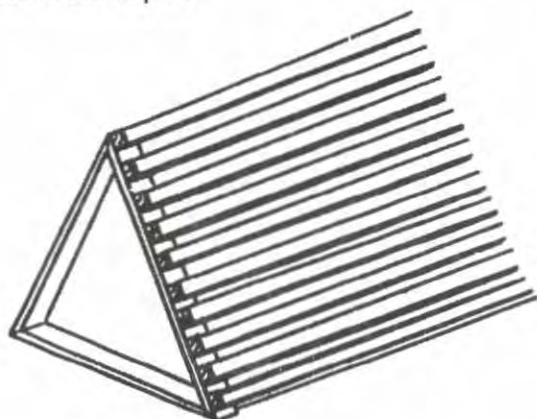
A. Ducto lateral bajo el piso



B. Ducto lateral de malla soldada -
para usar sobre el piso.



C. Ducto lateral de madera -
para usar sobre el piso.



Medidas sin escala

Figura 8.10

Shipway, M.R. 1968. The refrigerated storage of vegetables and fruits. Ministry of Agriculture Fisheries and Food U.K. 324, 148 pp.

Figura 8.11
Almacenamiento con ventilación

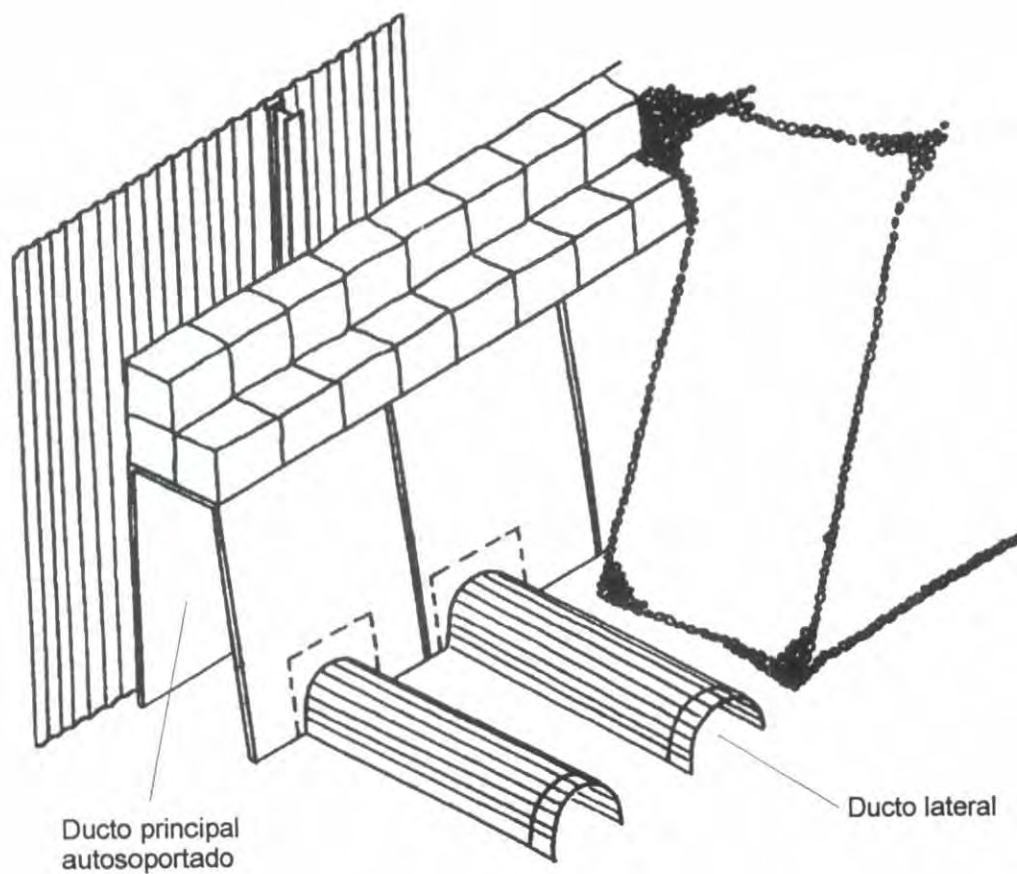
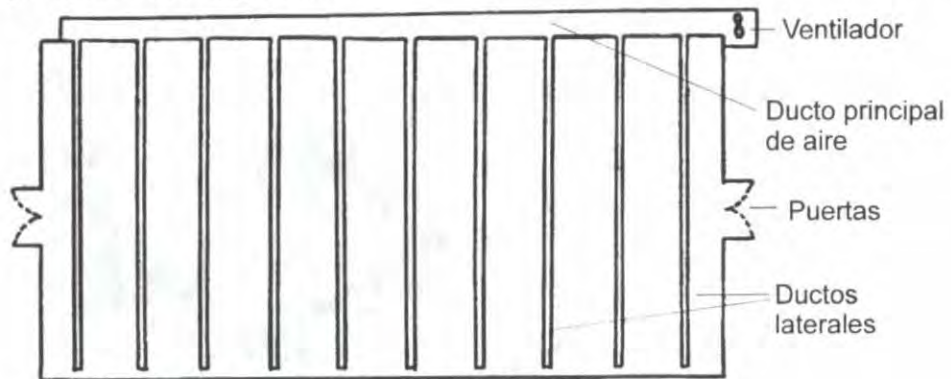


Figura 8.11

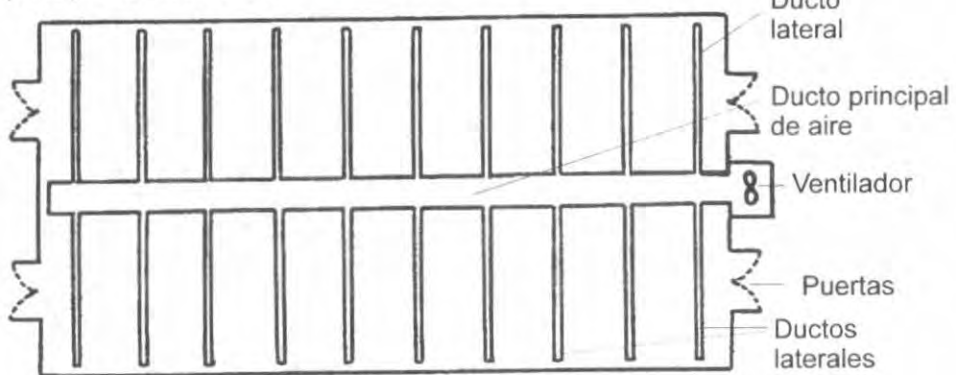
Shipway, M.R. 1968. The refrigerated storage of vegetables and fruits. Ministry of Agriculture Fisheries and Food U.K. 324, 148 pp.

Figura 8.12
Sistemas de ventilación para bodegas

A. Ducto principal de aire longitudinal



B. Ducto principal de aire central



C. Ducto principal de aire lateral

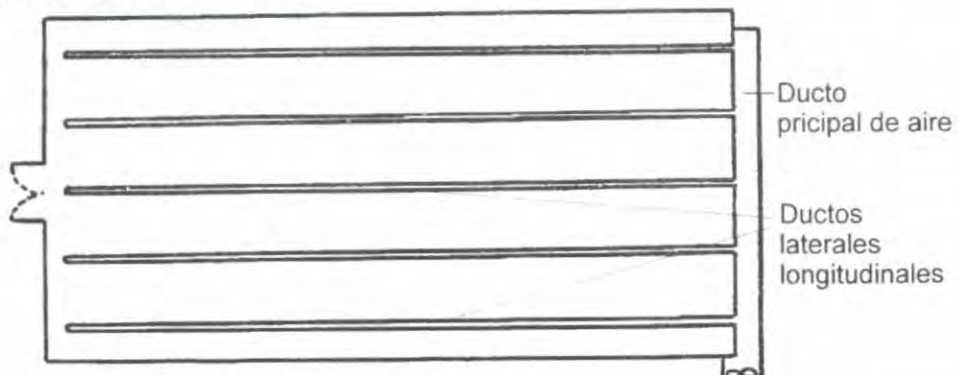


Figura 8.12

Shipway, M.R. 1968. The refrigerated storage of vegetables and fruits. Ministry of Agriculture Fisheries and Food U.K. 324, 148 pp.

Figura 8.13
Ventilación de cajones en almacén

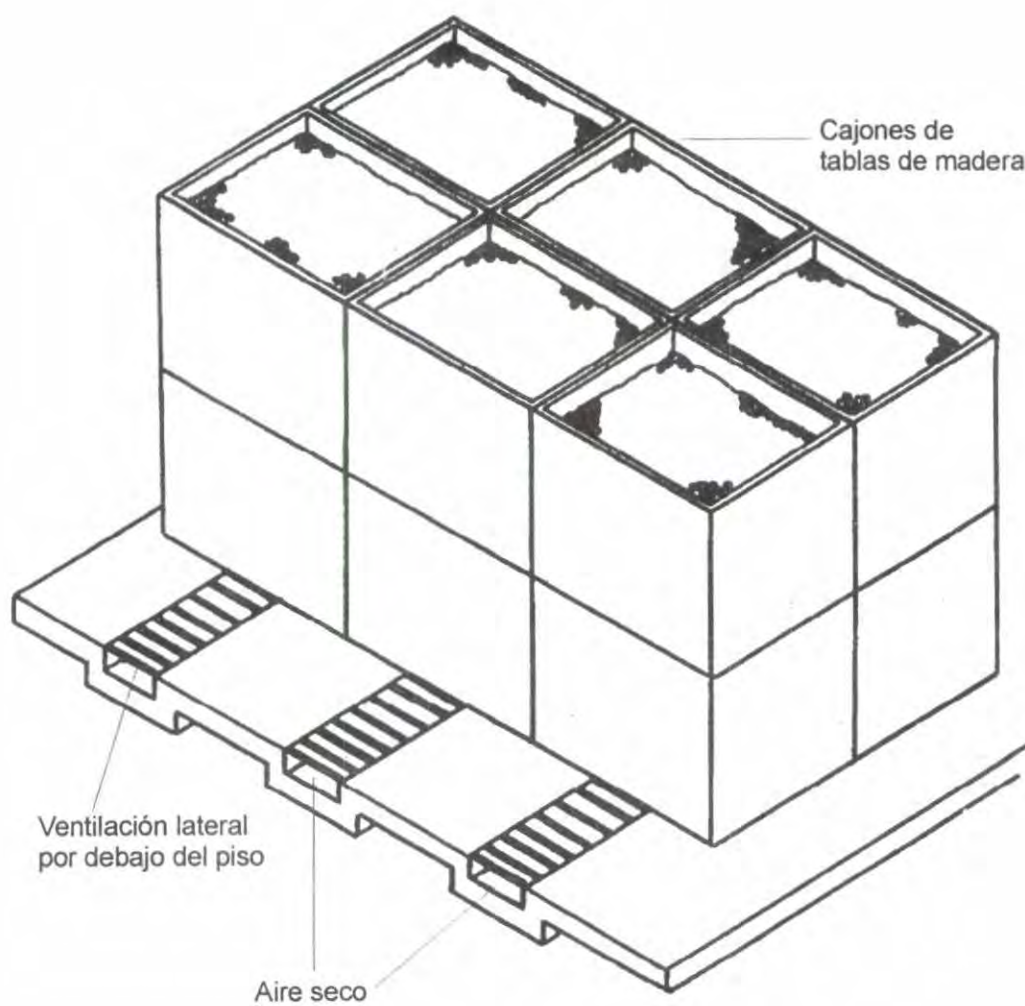


Figura 8.13

Shipway, M.R. 1968. The refrigerated storage of vegetables and fruits. Ministry of Agriculture Fisheries and Food U.K. 324, 148 pp.

8.3.3 ALMACENAMIENTO REFRIGERADO

BAJA TEMPERATURA

El punto de congelación de frutas y hortalizas está cerca y por debajo del punto de congelación del agua. Esto se debe a la presencia de los sólidos solubles disueltos en la savia y en los componentes líquidos de las células. Cuando los productos hortofrutícolas son expuestos a temperaturas por debajo del punto de congelación de los líquidos intracelulares, las células de sus tejidos son dañadas, y este daño es llamado "daño por congelación". Generalmente, se puede disponer para almacenar desde la temperatura ambiental hasta la temperatura en la cual el producto se congelará, entre más baja la temperatura más vida útil tendrá. Sin embargo, ciertos productos están sujetos a lo que se conoce comúnmente como "daños por frío" y para éstos lo anteriormente mencionado debe ser modificado.

En los daños por frío los productos desarrollan desórdenes o anomalías fisiológicas asociadas con la temperatura cuando se exponen a temperaturas por encima de aquellas que les causaría el congelamiento. El daño por frío puede manifestarse por la incapacidad de maduración en frutas climatéricas, las diferentes formas de decoloración externa e interna o sensibilidad a la infección microorgánica. Esto está influenciado por factores como tiempo de exposición, y las condiciones en las cuales el producto fue sembrado. El mecanismo exacto por lo cual los daños por frío afectan el producto aún no han sido determinados. Se ha mostrado la relación con la pérdida de iones de las células pero exactamente el porque algunos productos son susceptibles y otros resistentes aún es un tema de investigación. Otros efectos causados a los productos por la temperatura post-cosecha se relacionan con efectos en el metabolismo de los carbohidratos, efectos en la brotación y efectos en los niveles de pigmentación.

Para lograr el almacenamiento máximo de un producto, o para reducir las pérdidas durante su vida de mercadeo es esencial mantenerlo en la temperatura más apropiada, y ésta usualmente está encima de la que le causará daños por frío o congelación. Para optimizar la vida de almacenamiento de las frutas y hortalizas frescas es esencial un control constante de la temperatura. Generalmente mientras más cercana esté la temperatura de almacenamiento de frutas y hortalizas a su punto de congelación, más larga será su vida útil. El incremento en la tasa de deterioro está relacionado con los procesos metabólicos del producto.

En el rango de temperaturas fisiológicamente adecuadas para el producto éste incrementa exponencialmente sus actividades fisiológicas con los incrementos de la temperatura, de manera que por cada aumento de 10°C en temperatura el incremento en el metabolismo está en el orden de dos o tres veces. (Diapositiva/fotografía 8.13).

Muchos productos sufren daños por frío a temperaturas muy por encima de su punto de congelación, por lo tanto es esencial definir claramente la temperatura sobre la cual se hace el pronóstico. Esto varía no sólo entre las diferentes especies de productos sino aún entre variedades de la misma especie. En el almacenamiento de algunos productos a temperaturas por encima de su punto de congelación se puede lograr extender su vida de mercadeo comparado con el almacenamiento a 0°C. Esto se ha visto en productos como las peras y el brócoli. En el Japón esta tecnología de baja temperatura está siendo desarrollada para el mercadeo de frutas y hortalizas, buscando mantener una cadena de

frío para el producto entre 0°C y 3°C en la red de distribución y aún hasta el refrigerador del consumidor.

Generalmente entre más baja esté la temperatura de almacenamiento de un producto más larga será su vida útil. Sin embargo, muchos productos sufren daños por frío, lo que significa que serán dañados a temperaturas por encima del punto de congelación. Un ejemplo es el banano, el cual sufre de daños por frío y se torna negro después de ser expuesto a temperaturas por debajo de 13°C. La temperatura óptima para la papa es de más o menos 5°C, por debajo de esto la tasa de respiración del producto se incrementará y las pérdidas serán más grandes. En la cebolla la temperatura de almacenamiento óptima es aproximadamente 0°C. Comparando las pérdidas en almacenamientos en un rango de temperatura 0°C a 30°C, las mayores se presentaron en temperaturas alrededor de 20°C, ya que el brotamiento se redujo entre los 20°C y 30°C (Figura 8.14).

Muchos productos son susceptibles a daños por frío, pero esta susceptibilidad variará con:

- La variedad de una misma especie: las variedades del mango Indio pueden ser almacenadas de 9°C a 10°C, mientras que las variedades Florida pueden sufrir daños por frío a temperaturas por debajo de 13 °C.
- La interacción entre la temperatura y el tiempo de sometimiento : entre más baja sea la temperatura por debajo del valor crítico menos tiempo necesitará ser sometido el producto
- El clima bajo el cual el fruto es producido: la naranja Valencia es más susceptible a los daños por frío cuando se produce en la Florida que cuando se cultiva en California
- El grado de madurez del producto: entre menos madura sea una fruta climatérica más susceptible será al daño por frío, por ejemplo tomates y mangos.

Entre los productos que son susceptibles a los daños por frío se incluyen los ya mencionados y ñame, piña, algunas variedades de manzana, maracuyá y batata.

HUMEDAD

La forma más efectiva para lograr el control de la temperatura es a través de la refrigeración de una estructura aislada (Figura 8.15). El equipo de refrigeración funciona al tener unos serpentines metálicos que contienen un líquido o gas, llamado refrigerante, dentro del almacenamiento. El amoníaco o el clorofluoruro de carbono son refrigerantes comunes. Una unidad de refrigeración sencilla consiste de un evaporador, un compresor, un condensador y una válvula de expansión.

El evaporador son los serpentines que contienen el refrigerante, la mayor parte del cual está como un gas líquido a baja temperatura y baja presión. Es la parte del sistema que está en el interior del almacenamiento. El calor es absorbido por el evaporador y esto causa que el refrigerante se gasifique. El vapor es llevado al compresor el cual comprime el gas convirtiéndolo en un vapor de alta presión caliente. Este se pasa al condensador en donde el gas es enfriado al pasarlo por un radiador o serpentín exterior. El radiador es usualmente una red de tuberías que están en contacto con la atmósfera. Este gas se licúa y pasa al depósito de líquido a alta presión. El líquido de alta presión es pasado por una pequeña tubería lo cual hace el flujo del líquido. El líquido luego pasa por una válvula de expansión que controla el flujo de refrigerante y reduce su presión. La vaporización depende del refrigerante que demanda calor el cual lo toma del ambiente del refrigerador. Esta mezcla

enfriada de vapor y refrigerante líquido pasa hacia el evaporador completando, así, el ciclo de refrigeración.

Figura 8.14

Respiración de muestras de papa después de un mes de almacenamiento a diferentes temperaturas

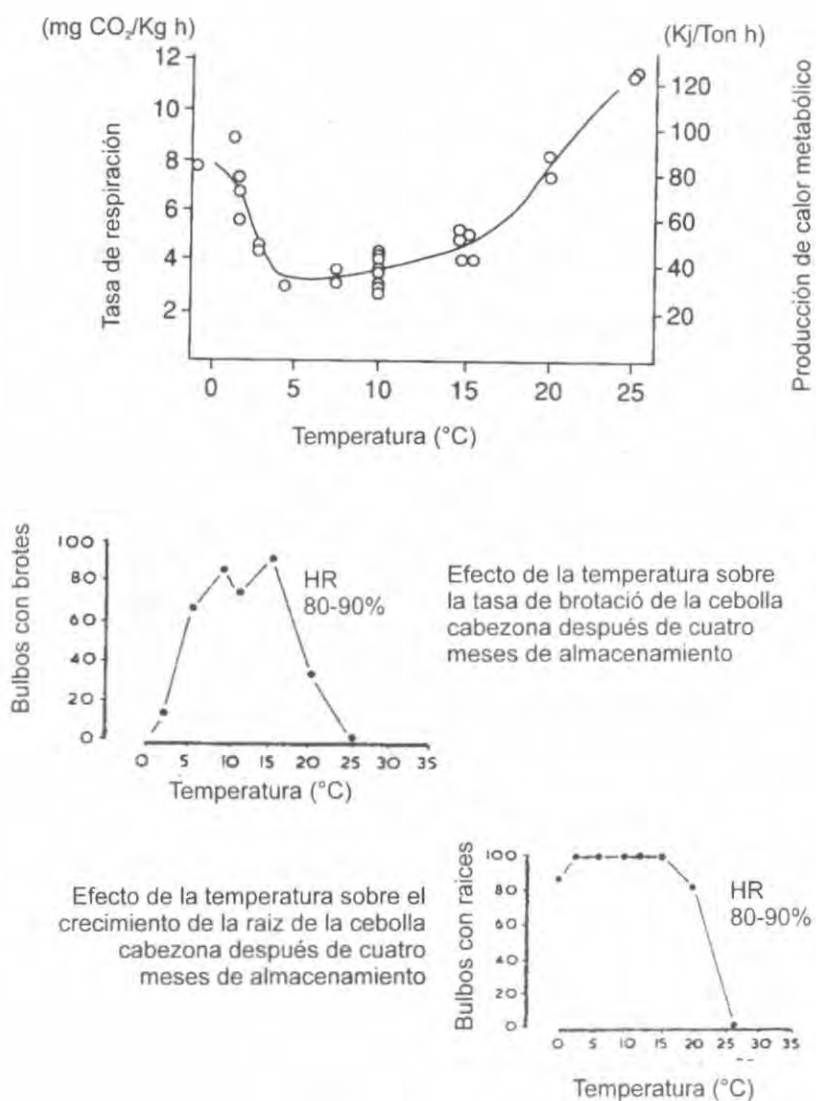
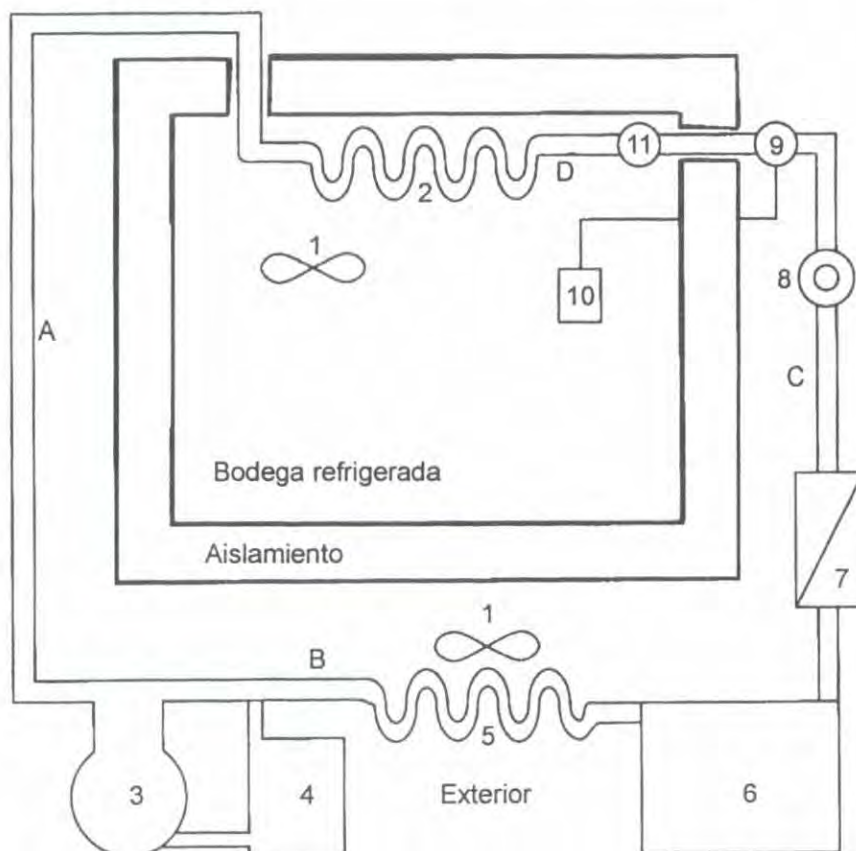


Figura 8.14

Thompson, A.K., Booth, R.H. and Proctor, F.J. 1971. Onion storage in the tropics. Tropical Science 14 19-34.

Figura 8.15

Cuarto de almacenamiento refrigerado



- | | |
|------------------------|--------------------------|
| 1. Ventilador | 7. Filtro - secador |
| 2. Evaporador | 8. Visor de vidrio |
| 3. Compresor | 9. Válvula de cierre |
| 4. Separador | 10. Termostato |
| 5. Condensador | 11. Válvula de expansión |
| 6. Depósito de líquido | |

- A. Fluido con baja temperatura y baja presión
 B. Fluido con alta temperatura y alta presión
 C. Fluido con alta temperatura y alta presión
 D. Fluido con baja temperatura y baja presión

Figura 8.15

Thompson A.K. 1996. Postharvest technology and fruit and vegetable. Blackwell Science.

En la mayoría de los almacenamientos un ventilador pasa el aire almacenado por encima de los serpentines que contienen el refrigerante y ayuda a enfriar el aire rápidamente y lo distribuye por todo el almacén. El ventilador produce calor, lo que no es deseable, y estudios de métodos para eliminar el ventilador en almacenamientos fríos se están llevando a cabo. La base de estos estudios es la de usar corrientes de convección causadas por el calor dado por el producto y el aire enfriado del evaporador para mantener una temperatura a través de todo el almacenamiento. La cantidad de calor absorbido por los serpentines enfriadores está relacionada principalmente con la temperatura del refrigerante y el área de los serpentines. Esta temperatura diferencial entre el evaporador y el aire almacenado determina el contenido de humedad de este mismo aire. Esto se puede observar en un típico evaporador.

Temperatura diferencial con convección natural (°C)	Temperatura diferencial con circulación de aire por ventilador (°C)	Humedad relativa (%)
7 a 8	4 a 6	91 a 95
8 a 9	6 a 7	86 a 90
9 a 10	7 a 8	81 a 85
10 a 11	8 a 9	76 a 80
11 a 12	9 a 10	70 a 75

Si la temperatura del refrigerante es baja comparada con la temperatura del aire almacenado se condensará el vapor de agua en el evaporador. Si el refrigerante está por debajo de los 0°C se formará hielo por encima de los serpentines enfriadores haciendo que estos sean menos eficientes en el enfriamiento del aire almacenado. Esta remoción de humedad del aire almacenado reduce su humedad relativa e incrementa su déficit de presión de vapor. Esto significa que el producto almacenado perderá agua más rápido, lo cual puede afectar adversamente su mercadeo.

Para poder reducir el desecamiento del producto la temperatura del refrigerante debe mantenerse cerca a la temperatura del aire almacenado, sin embargo, con el calor de respiración liberado por el producto, la pérdida de temperatura las entradas de calor por los aislamientos y puertas y el calor generado por los ventiladores puede que no sea posible mantener la temperatura del almacenamiento. Existe la posibilidad de incrementar el área de la superficie enfriadora y esto puede conseguirse al agregar artefactos tales como aletas a los serpentines. El área de la superficie evaporadora y la ocurrencia de pre-enfriamiento fueron los factores operacionales que tuvieron el mayor efecto en la humedad relativa del aire en el almacenamiento. La protección de la puerta y su manejo y el aislamiento del piso fueron los factores que les siguieron en significancia en el efecto sobre la humedad relativa. Pero el arrume junto de cajones en el almacenamiento pueden tener el efecto opuesto. Se le puede agregar humedad al aire a través de varios medios como los humidificadores (Figura 8.16)

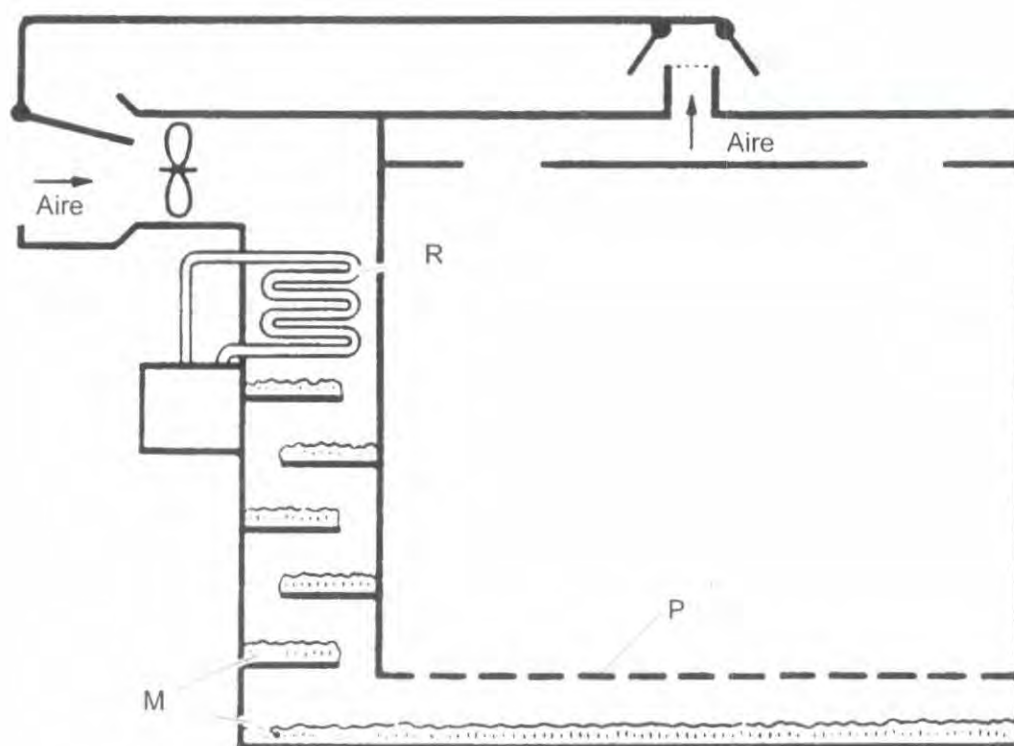
Otro sistema es tener enfriamiento secundario para que los serpentines enfriadores no entren en contacto directo con el aire almacenado. Estos almacenamientos tienen una pared interna de metal por dentro del aislamiento del almacenaje con los serpentines que enfrían el aire en ese espacio. Esto significa que una baja temperatura puede mantenerse en los serpentines sin causar deshidratación del producto y toda la pared del almacenamiento se convierte en una superficie enfriadora. El enfriamiento con bancos de hielo también es un

método secundario de enfriamiento, en donde las serpientes enfrían el agua y el agua es usada para enfriar el aire almacenado.

Figura 8.16

Incremento de la humedad relativa (HR)

El método más sencillo para incrementar la humedad relativa es humedecer el piso del cuarto con agua fría para permitir su evaporación.



Sistema un poco más eficiente y prolongado de humedad relativa alta. La humedad se agrega al aire refrigerado al fluir a través de la paja mojada e ingresando al cuato frío por el piso perforado.

- R Serpientes de refrigeración
- M Paja mojada
- P Piso perforado

Figura 8.16

Kitinoya, L and Kader, A.A. 1993. Small scale postharvest handling practices. Department of Pomology, University of California, Davis, California 95616, United States of America Postharvest Horticulture Series 8, 188 pp.

Almacenamiento de productos compatibles

Grupo	Condiciones	Productos Compatibles
1	T: 0 a 4.5°C HR: 90% a 95%	Manzana, durazno, uva, fresa, pera, higos, ciruela
2	T: 5°C a 10°C HR: 90% a 95%	Limón, mandarina, naranja, melón
3	T: 12°C a 16°C HR: 85% a 95%	Aguacate, melón, tomate, papaya, sandia, mango, piña, berenjena
4	T: 4.5°C a 13°C HR: 85% a 95%	Pepino, berenjena, pomelo, calabaza, lima, sandia
5	T: 10°C a 12°C HR: 95%	Pimentón, calabacín, tomate, sandia
6	T: 0°C a 1.5°C HR: 95% a 99%	Alcachofa, zanahoria, espinaca, uva, maíz tierno, berro, lechuga, perejil
7	T: 0°C a 1.5°C HR: 95% a 100%	Brócoli, apio, col de Bruselas, rábano, coliflor
8	T: 0°C a 1.5°C HR: 65% a 95%	Ajo, cebolla

8.3.4 ALMACENAMIENTO CON ATMOSFERA CONTROLADA

Los temas que se tratan para comprender la tecnología de atmósfera controlada son:

- Efectos de la baja concentración de oxígeno en la atmósfera del almacenamiento en los cambios de las frutas y las hortalizas frescas
- Efectos de niveles incrementados de dióxido de carbono en la atmósfera del almacenamiento en los cambios de las frutas y hortalizas frescas
- Recomendaciones para condiciones de almacenamiento con atmósfera controlada para el almacenamiento de manzanas en diferentes países
- Estructura para el almacenamiento con atmósferas controladas
- Controles de oxígeno y dióxido de carbono en almacenamientos con atmósferas controladas.

El almacenamiento de productos en atmósferas que contienen niveles reducidos de oxígeno y/o niveles incrementados de dióxido de carbono han sido usados comercialmente, en combinación con refrigeración, desde hace unos 70 años para prolongar la vida de ciertas frutas y hortalizas.

Efectos de la baja concentración de oxígeno:

- Reduce tasa de respiración
- Reduce oxidación de sustrato
- Retrasada maduración de la fruta climatérica
- La prolongada vida en el almacenamiento

- Retrasa la ruptura de clorofila
- Reduce la tasa de producción de etileno
- Produce cambios en la síntesis de ácidos grasos
- Reduce la tasa de degradación de pectinas solubles
- Produce la formación de sabores y olores indeseables
- Produce alteraciones de la textura
- Desarrolla desórdenes fisiológicos.

(Diapositiva/fotografía 8.14)

Si el nivel de oxígeno es muy bajo la fruta u hortaliza producirá energía de un ciclo respiratorio anaerobio en el cual se generan productos como alcoholes y acetaldehidos que producen sabores indeseables y pueden causar daño interno de la fruta.

Efectos de niveles incrementados de dióxido de carbono:

- Disminuyen las reacciones de síntesis en la fruta climatérica
- Retrasa la iniciación de la maduración
- Inhibe algunas reacciones enzimáticas
- Baja la producción de algunos volátiles orgánicos
- Modifica el metabolismo de algunos ácidos orgánicos
- Reduce la tasa de ruptura de sustancias pécticas
- Inhibe la ruptura del clorofila
- Produce "sin sabores"
- Induce desórdenes fisiológicos
- Retarda el crecimiento fungoso en el producto
- Inhibe el efecto del etileno
- Modifica el contenido de azúcar (papas)
- Afecta la brotación (papas)
- Inhibe el desarrollo en post-cosecha
- Retiene la ternura o frescura
- Produce niveles bajos de decoloración.

(Diapositiva/fotografía 8.15).

Sin embargo, si los niveles de dióxido de carbono están muy altos éstos dañarán el producto. El nivel en el cual causará daño varía de especie a especie e incluso dentro de variedades de la misma especie. (Diapositiva/fotografía 8.17). Los desórdenes fisiológicos asociados con altas concentraciones de dióxido de carbono incluyen:

Producto	Desorden
Manzanas	Corazón café, daño por frío
Haba	Picaduras
Brócoli	Ablandamiento acelerado y sin sabores
Repollo	Pardeamiento interno
Pimentones	Pardeamiento

Producto	Desorden
Fruta kiwi	Sin sabores
Lechuga	Mancha café
Champiñones	Decoloración
Papa	Inhibición de curación
Espinaca	Sin sabores
Fresa	Sin sabores
Tomate	Maduración desigual, manchas superficiales.

Las condiciones de almacenamiento en atmósferas controladas recomendadas para algunos productos varían considerablemente en diferentes países. Un ejemplo de esto es el siguiente:

Condiciones de almacenamiento en atmósferas controladas recomendadas para la manzana Golden Delicious en varios países (fuente Herrergods citado por Thompson 1995).

País	Temperatura	Dióxido de carbono	Oxígeno
Australia (Sur)	0 °C	2%	2%
Australia (Victoria)	0 °C	1%	1.5%
Australia (Victoria)	0 °C	5%	2%
Bélgica	0.5 °C	2%	2%
Brasil	1 °C a 1.5 °C	3% a 4.5%	1.5% a 2.5%
Canadá (Columbia Brit.)	0°C	1.5%	1% a 1.2%
Canadá (Ontario)	0°C	2.5%	2.5%
China	5°C	4% a 8%	2% a 4%
Francia	0°C a 2°C	2% a 3%	1% a 1.5%
Alemania (Saxony)	2°C	1.7% a 1.9%	1.3% a 1.5%
Alemania (Westphalia)	1°C a 2°C	3% a 5%	1% a 2%
Holanda	1°C	1%	1.2%
Israel	- 0.5°C	2%	1% a 1.5%
Italia	0.5°C	2%	1.5%
Eslovenia	1°C	3%	1%
Eslovenia	0°C	3%	1%
Sur Africa	- 0.5°C	1.5%	1.5%
España	0.5°C	2% a 4%	35
Suiza	2°C	5%	2% a 3%
Suiza	2°C	4%	2% a 3%
USA (Nueva York)	0°C	2% a 3%	1.8 % a 2%

País	Temperatura	Dióxido de carbono	Oxígeno
USA (Nueva York)	0°C	2% a 3%	1.5%
USA (Penn)	- 0.5 a 0.5°C	0% a 0.3%	1.3% a 2.3%
USA (Washington)	1°C	menor de 3%	1% a 1.5%

Estructura del almacenamiento

La estructura de los almacenamientos AC consisten en paredes, techo y piso herméticamente aislados. Muchos almacenamientos que aún existen fueron contruidos con ladrillo y un revestimiento contra la humedad, en el cual hay una capa de aislamiento. El aislamiento está cubierto con hojas de acero galvanizadas que están fijadas en el aislamiento y en las uniones entre las hojas y las paredes, en el techo están pintadas con resinas para hacerlas herméticas a los gases. La base de las paredes contra el piso, también es pintada con resinas. Almacenamientos más modernos poseen aislamientos contruidos en paneles prefabricados que tienen poliuretano o espuma polystereno puesto entre dos hojas de aluminio. También es posible aplicarles pintura hermética al gas a las paredes internas y el techo.

Una fuente potencial de mayores escapes de aire en el almacenamiento AC es la puerta, usualmente son contruidas con culatas de caucho en la puerta y en la chapa que rodea la puerta. Cuando la puerta está cerrada las culatas de caucho presionan entre sí para formar un sello. A menudo se coloca caucho adicional por dentro de las culatas después de que la puerta ha sido cerrada para reforzar el sellado. Para poder asegurarse de que un cuarto está suficiente y herméticamente sellado se coloca un manómetro, posteriormente se le extrae el aire con una bomba para producir vacío dentro del cuarto. El manómetro luego es monitoreado usando un cronómetro para determinar cuánto tiempo se sostiene el vacío en el cuarto. (Diapositivas/fotografías 8.17 a 8.19).

Equipo para el control de gases

En los almacenamientos modernos AC los niveles de O₂ y CO₂ son monitoreados constantemente por un analizador paramagnético para el primero y un analizador infrarrojo para el segundo. Estos normalmente son colocados dentro de límites aceptables de tolerancia, de más o menos 0.1%. Para el CO₂ esto significa que si el nivel requerido es de 5% el sistema de remoción CO₂ será activado cuando el nivel alcance el 5.1% y se apagará cuando alcance el 4.9%. Si el nivel requerido de O₂ es del 1%, entonces el almacenamiento será ventilado cuando el nivel O₂ caiga a 0.9% y se apagará cuando alcance el 1.1%.

Dióxido de carbono

El dióxido de carbóno se controla al removerlo de la atmósfera del almacenaje por "retención". Si se requiere un nivel bajo de CO₂ en el almacenamiento (más o menos 1%) ésto usualmente se logra colocando bolsas de cal hidratada (hidróxido de calcio) dentro del almacenamiento (Figura 8.17). El hidróxido de calcio reacciona irreversiblemente con el CO₂ para producir carbonato de calcio y agua (Figura 8.18). Si se requiere un nivel preciso de CO₂ las bolsas de cal pueden ser colocadas en un cuarto adyacente al almacenamiento. Cuando el nivel CO₂ en el almacenamiento esté por encima del requerido un ventilador hace circular la atmósfera del almacenamiento a través del cuarto que contiene las bolsas de cal

hasta que se logre el nivel requerido, más o menos 25 Kg. de cal son requeridos por cada tonelada de fruta para un almacenamiento de seis meses. (Diapositiva/fotografía 8.20). El carbonato de calcio resultante puede ser usado en la producción de productos después de que ha sido desechado en el almacenamiento, lo que hace que este método sea muy económico. Muchos almacenamientos usan retenedores renovables para remover el exceso de CO_2 (Figura 8.19). Estos tienen la ventaja de ser compactos y son particularmente adecuados para el uso en sistemas de transporte AC. Consta de dos recipientes de material que puede absorber el CO_2 . El aire del almacenamiento pasa a través de uno de estos recipientes cuando se requiere reducir el nivel de CO_2 de la atmósfera. Carbón activado o un filtro molecular (silicato de aluminio de calcio) son usados comúnmente para este propósito. Cuando han sido saturados con CO_2 una válvula cambia al segundo recipiente. Al primer recipiente entonces se le sopla aire fresco a través de él para disolver el CO_2 y para que éste esté disponible para usarse como retenedor cuando el segundo recipiente haya sido saturado. Cuando se usa un filtro es necesario calentarlo durante el ciclo de purga para desprendimiento del CO_2 . El carbón activado puede ser limpiado simplemente por aire fresco.

Figura 8.17
Retenedor de CO_2 con hidróxido de calcio

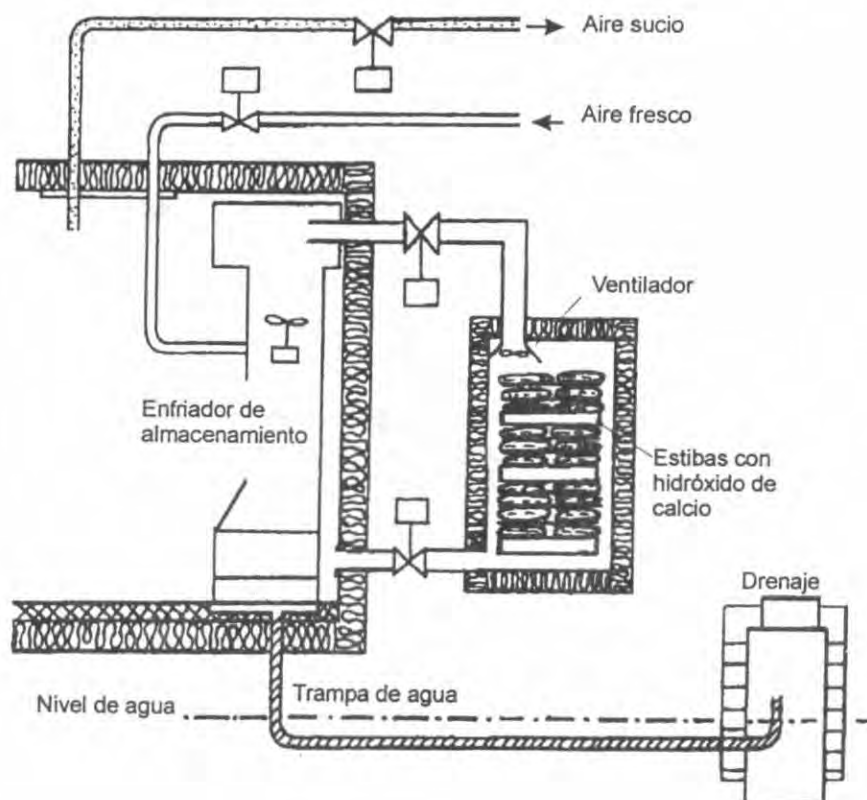


Figura 8.17

Sharples, R.O. Horticulture Research International, East Malling, U.K.

Figura 8.18

Tasa de absorción de CO_2 por bulto de 25 Kg de hidróxido de calcio a diferentes niveles de CO_2

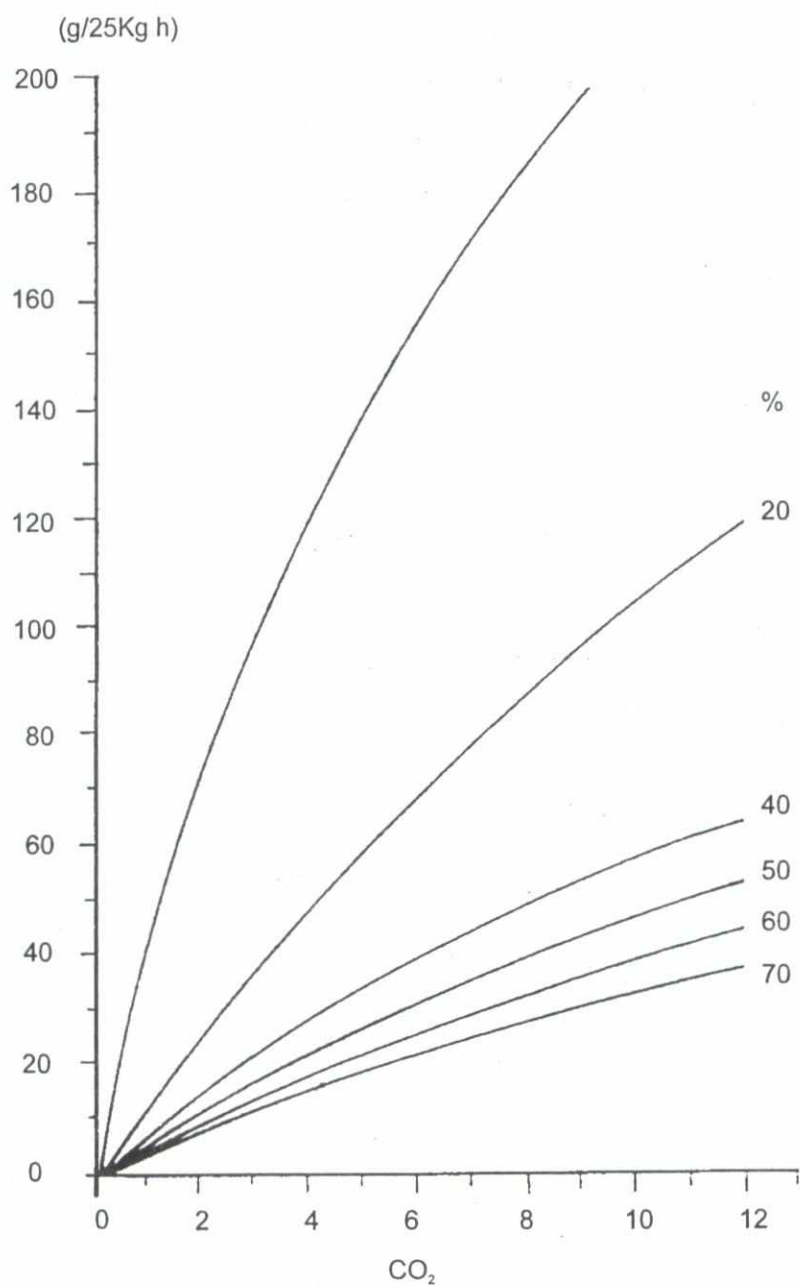


Figura 8.18

New J. Natural Resources Institute, Training notes

Figura 8.19
Retenedor físico de CO₂

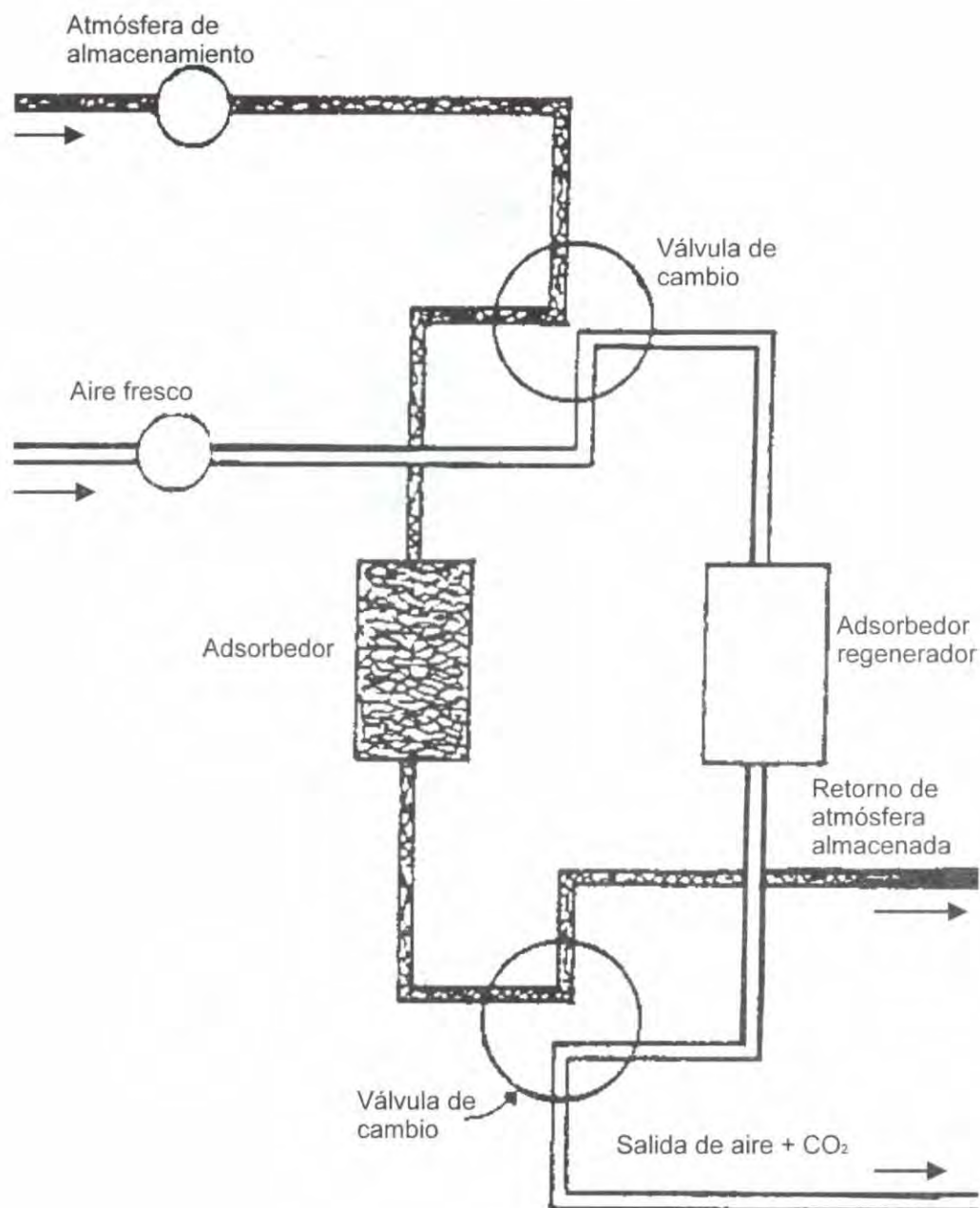


Figura 8.19

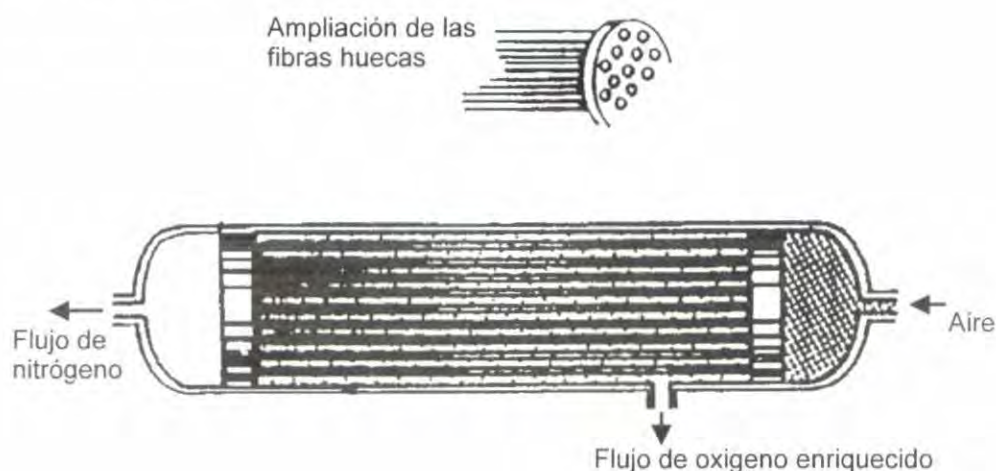
Sharples, R.O. Horticulture Research International, East Malling, U.K.

Figura 8.20

Separador de fibra hueca

Generadores de atmosferas pobres en oxígeno

Separador de fibra hueca. El aire presurizado fluye hacia el interior de las fibras. El oxígeno pasa la pared de la fibra más rápido que el nitrógeno, dejando un flujo de aire pobre en oxígeno el cual sale a alta presión y el flujo enriquecido de oxígeno sale a baja presión.



Generador de Atmósfera de Llama Abierta

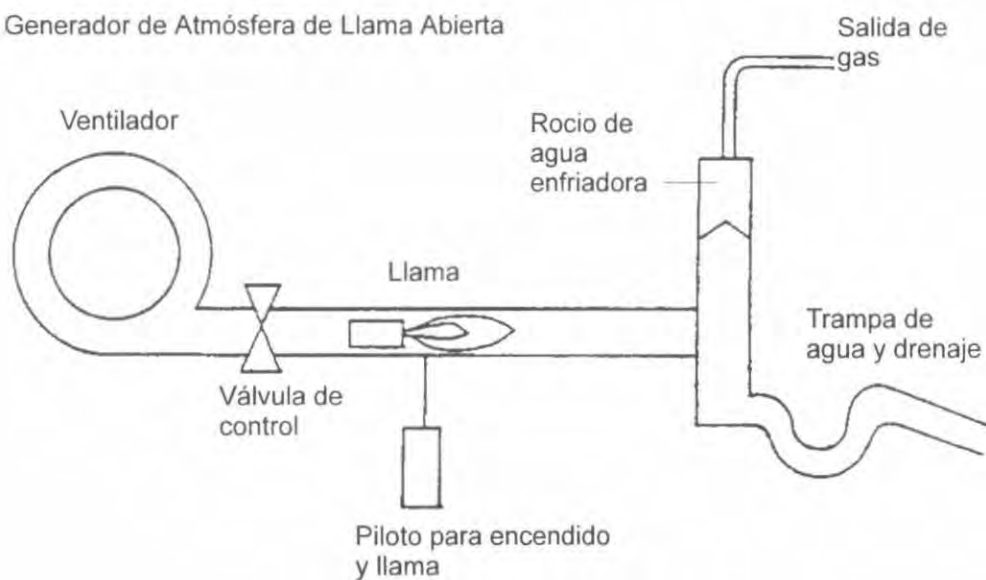


Figura 8.20

Sharples, R.O. 1989. Storage of perishables. In Cox S.W.R. Editor Engineering Advances for Agriculture and Food. Institution of Agricultural Engineers Jubilee Conference 1988, Cambridge, United Kingdom Butterworths 251-260.

Una solución al 40% etanolamino se usa también en este sistema y ésta puede ser regenerada al calentarla a 110°C . Sin embargo, es corrosiva para los metales y no es usada comúnmente en los almacenamientos AC. Otros tipos de CO_2 (retenedores de CO_2) han sido diseñados, como los retenedores de agua y los retenedores de hidróxido de sodio, pero no son usados comúnmente. Los retenedores de agua funcionan haciendo pasar el aire del almacenamiento por una torre de agua que es bombeada desde afuera del almacenamiento donde ésta es aireada para remover el CO_2 disuelto. Sin embargo, el CO_2 es disuelto en el agua mientras la atmósfera del almacenamiento esta siendo circulada a través de la columna de agua. El sistema suministra unas condiciones de almacenamiento con unas concentraciones de más o menos 5% de O_2 y 3% de CO_2 . Los retenedores de hidróxido de sodio funcionan al burbujear el aire del almacenamiento por una solución saturada, a más o menos 50 litros por minuto, cuando hay exceso de CO_2 en el almacenamiento. Este método requiere más o menos 14 kilogramos de NaOH para cada nueve metros cúbicos de manzanas por semana, ya que la relación química que absorbe el CO_2 no es reversible, este método es costoso.

Los niveles de CO_2 son controlados por ventilación. Cuando los niveles están por encima de lo requerido una válvula solenoide es activada por los analizadores que abren un ventanilla a la parte externa del almacenaje y un ventilador eléctrico es encendido para introducir aire fresco al almacenamiento hasta que la atmósfera al interior haya retornado al contenido requerido de CO_2 . El ventilador debe estar ante los serpentines enfriadores del almacenamiento para asegurar que una temperatura se mantenga constante en toda la fruta. Se guardan registros cuidadosos de los niveles de dióxido de carbono y de oxígeno en el almacenamiento. Sin embargo, con equipo moderno de control computarizado ésto es normalmente registrado automáticamente y almacenados en el disco duro del computador.

La velocidad a la cual se logra el contenido óptimo de gas en el almacenamiento puede tener un efecto sustancial en la calidad de la fruta después que éste haya terminado el almacenamiento. Tradicionalmente las concentraciones altas de CO_2 y bajas de O_2 en los almacenamientos se logra al permitir que los niveles evolucionen como producto del metabolismo de la fruta. Esto es llamado AC generada por el producto. Para acelerar el proceso, el nitrógeno puede inyectarse al almacenamiento directamente después de que éste haya sido cargado. El N_2 puede obtenerse en grandes cilindros de nitrógeno líquido. Tecnología de filtros moleculares también es usada para generar N_2 para inyectarlo en el almacenamiento (Figura 8.20). Las paredes de estas fibras son diferencialmente permeables al O_2 y al N_2 . El aire comprimido es introducido a estas fibras. Al variar la presión es posible regular la pureza del N_2 que viene saliendo del equipo.

Para lograr una reducción rápida en el nivel O_2 el nivel N_2 debe estar tan alto como sea posible, también es posible usar este sistema para mantener, muy precisamente, las condiciones requeridas de AC en el almacenaje. Esto puede lograrse al ventilar constantemente el almacenamiento con el generador N_2 y ajustando la presión operante para producir la mezcla requerida de O_2/N_2 . Este sistema sólo sería adecuado para almacenamientos bajos en O_2 y CO_2 éste es el caso para muchos sistemas modernos de AC. En algunos almacenamientos comerciales los niveles requeridos de O_2 , CO_2 y N_2 son mezclados e inyectados en el almacenamiento directamente después de que éste haya sido llenado. Otro tipo de generador de nitrógeno es llamado "Absorción depresión balanceada". Este tiene un compresor de aire que pasa el aire comprimido a través de un filtro molecular

que atrapa el O_2 en el aire y permite que pase el N_2 . Es un sistema de circuito dual para que cuando un circuito esté entregando N_2 para el almacenaje, el otro circuito esté siendo renovado. El contenido O_2 en la salida del equipo variará con la entrada. Para una pequeña máquina con una entrada de $4 \text{ mm}^3/\text{hr}$ el contenido O_2 será de 0.1% a $10 \text{ mm}^3/\text{hr}$ y a $13 \text{ mm}^3/\text{hr}$ será del 2% (Diapositiva/fotografía 8.21).

Almacenaje hipobárico

Los diseños de almacenamientos que permiten mantenerse en condiciones de vacío han sido utilizados para el almacenamiento de atmósferas controladas. La reducción en presión reduce la presión parcial del CO_2 y, por lo tanto, su disponibilidad para el producto que está en el almacenamiento. La reducción en la presión parcial del O_2 es proporcional a la reducción en presión. Sin embargo, en el almacenamiento de productos la humedad relativa debe mantenerse alta y este vapor de agua en la atmósfera del almacenamiento tiene que tenerse en cuenta cuando se calcula la presión parcial del O_2 en el almacenamiento. Para lograr esto la humedad relativa debe ser medida y mediante una carta sicrométrica se calcula el déficit de presión de vapor. Esto está incluido en la siguiente ecuación:

$$\frac{P_1 - VPD \times 21}{P_o} = \text{presión parcial del } O_2 \text{ en el almacenamiento}$$

En donde:

- P_o = Presión externa bajo temperatura normal (760 mmHg)
 P_1 = Presión dentro del almacenamiento
 VPD = Déficit de presión de vapor dentro del almacenamiento

Ya que el producto en el almacenamiento hipobárico está respirando constantemente es esencial que la atmósfera del almacenamiento esté siendo cambiada constantemente. Esto se logra mediante una bomba de vacío que extrae el aire del almacenamiento. La atmósfera del almacenamiento está siendo constantemente renovada desde afuera. La entrada y evacuación del aire del almacenamiento están balanceados de tal forma que se logre la baja presión requerida dentro del almacenamiento.

Hay dos consideraciones importantes para desarrollar y aplicar esta tecnología para el almacenamiento de productos: La primera es que el almacenamiento necesita ser diseñado para soportar bajas presiones sin colapsar. La segunda es que la baja presión dentro del almacenamiento puede resultar en una pérdida rápida de agua por parte del producto. Para obviar la primera los almacenamientos deben ser contruidos de acero grueso con un interior cóncavo. Para la segunda, el aire que se introduce al almacenamiento debe estar saturado (100% de HR), si ésta es menor se puede presentar una seria deshidratación en el producto.

El nivel de O_2 en el almacenamiento se puede controlar fácilmente con gran precisión simplemente midiendo la presión interna del almacenamiento con un calibrador de vacío. Este método tiene además la ventaja de remover constantemente el gas etileno del almacenamiento, con lo cual se evita su incremento a niveles que puedan ser detrimentales para el producto. Hay varias publicaciones que muestran prolongaciones extensas en la vida útil de los productos en condiciones hipobáricas. En otros trabajos estas prolongaciones en la vida útil bajo condiciones hipobáricas no han sido confirmadas. Los

pimentones almacenados a 8.8°C, a presiones de 150, 76 o 38 mmHg no tuvieron una vida útil incrementada comparada con aquellos almacenados en aire bajo las mismas condiciones. Los pimentones almacenados hipobáricamente también tuvieron una pérdida de peso significativamente más alta durante el almacenaje que los almacenados en aire.

8.4 TRANSPORTE

8.4.1 TRANSPORTE NACIONAL

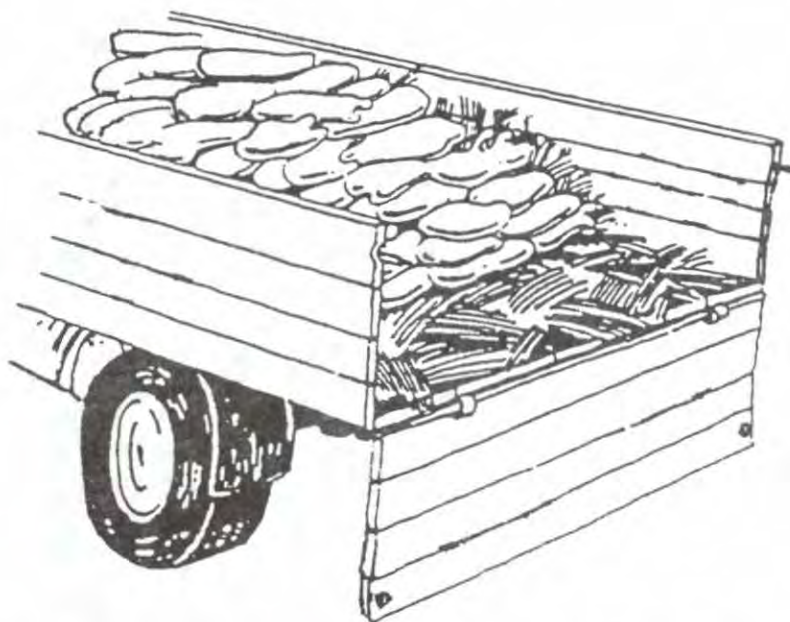
Esto varía tanto en los países menos desarrollados como en los países industrializados, desde simplemente empacar el producto en alguna clase de vehículo para transportarlo (Figura 8.21), hasta tener control ambiental alrededor del producto. La razón por la cual se selecciona un tipo de transporte en particular puede ser por las características del producto, por el valor del producto, por su disponibilidad.

Cuando los productos se mueven en distancias cortas, rápidamente desde el campo hasta el mercado o directamente al consumidor, usualmente es innecesario condiciones controladas para los productos.

Figura 8.21

Transporte a granel

Los productos a granel deben cargarse cuidadosamente para no ocasionar daño mecánico



El sitio de carga debe estar acolchado con una capa de paja, esteras o sacos que pueden ser usados como camas en pequeños vehículos.

No se debe apilar a gran altura ni colocar encima otros tipos de carga.

Figura 8.21

Kitinoya, L. and Kader, A.A. 1993. Small scale postharvest handling practices. Department of Pomology, University of California, Davis, California 95616, United States of America Postharvest Horticulture Series 8, 188 pp.

8.4.2 TRANSPORTE INTERNACIONAL MARITIMO

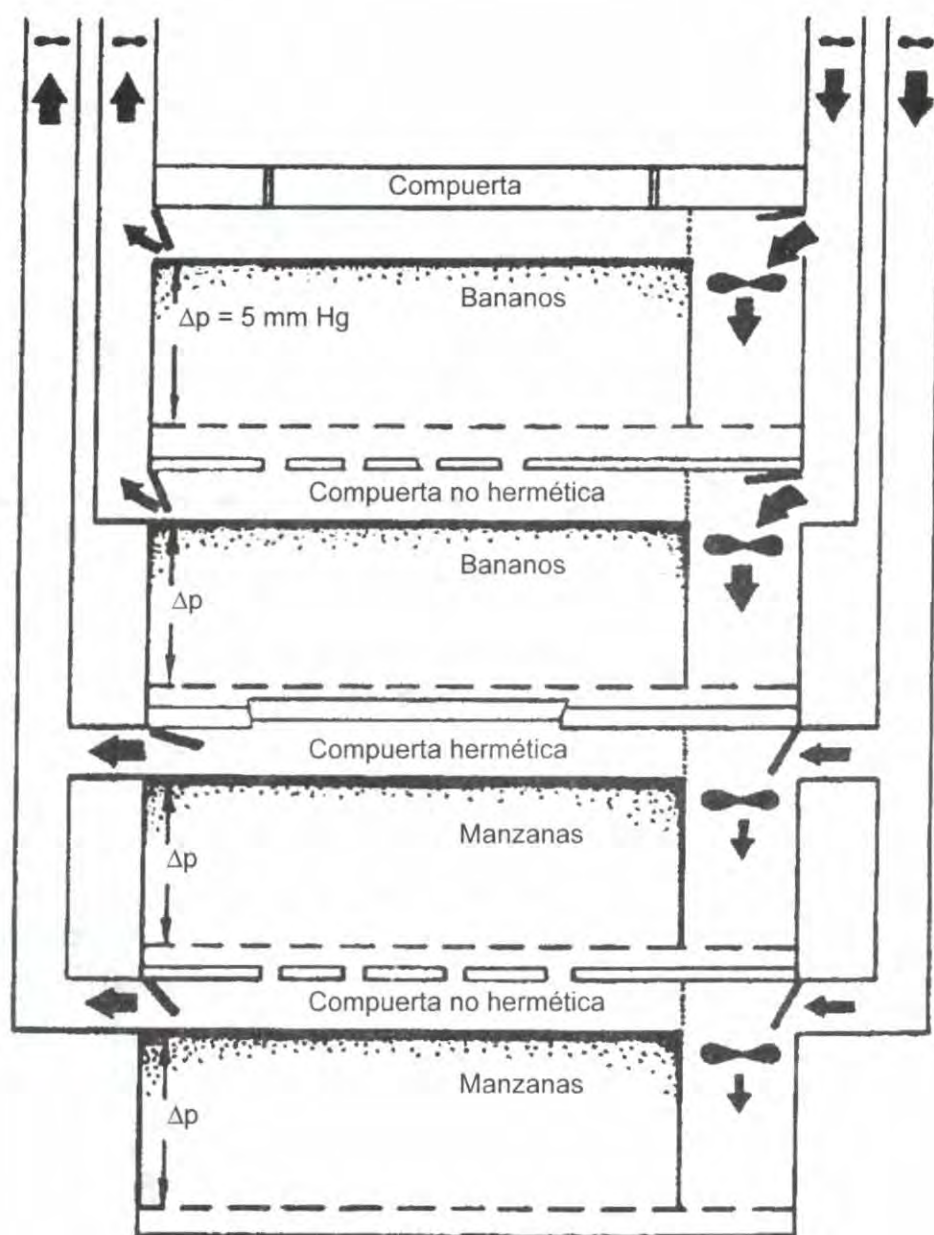
En su mayoría se transportan bajo temperaturas controladas para los productos de carga, así sea a granel (Figura 8.22) o "reefers". En 35% del producto fresco es transportado de esta forma. La mayoría de los productos son estibados antes del envío y mantenidos en esta condición durante la cadena de mercadeo, en algunos casos, esto se extiende hasta el minorista. La estibación reduce el manejo y por lo tanto los costos de mano de obra y los daños al producto. La estiba estándar internacional es de 1000 mm x 12000 mm, en los cuales el producto es arrumado hasta unos 2100 mm de alto. Las bodegas en los barcos comúnmente son de 2250 mm de alto y los contenedores son iguales y más altos para que las cargas de estibas puedan acomodarse con un espacio que permita la circulación del aire. Las cajas deben asegurarse en la estiba con esquineros para que no se muevan durante el transporte. Durante el invierno, cuando los mares están alterados, hay un incremento considerable en el nivel de daño a las cajas y a las frutas que contienen. Bolsas inflables pueden colocarse entre las estibas para mejorar la circulación del aire y el control de temperatura.

Contenedores reefer. Estos son construidos de acuerdo con las especificaciones ISO (Figura 8.23), las cuales especifican que deben poder contener 30 toneladas y soportar una carga vertical de hasta nueve contenedores amontonados. Los contenedores aislados y refrigerados tienen más o menos 70 mm de aislamiento en las paredes, generalmente una espuma de poliuretano. Un contenedor nuevo con aislamiento tendrá un escape de calor de más o menos 22 WK^{-1} pero algunos contenedores diseñados solamente para llevar frutas en fresco tendrán aislamiento con un escape de calor de más o menos 35 WK^{-1} . La materia aislante casi siempre contiene halocarburos de baja conductividad para mejorar su comportamiento. La eficacia del aislamiento se reduce con el tiempo debido a la pérdida de halocarburos y el ingreso de humedad, a aproximadamente 3% a 5% al año.

La ventilación de los contenedores es de arriba o de abajo (Figura 8.24). La segunda es la más conveniente por los patrones de flujo del aire, porque éstos son mejores, se pueden arrumar más productos en cada contenedor y es menos probable que la carga se mueva durante el transporte.

Contenedores "Conair". Los contenedores "Conair" son contenedores aislados que no tienen su propia unidad de refrigeración. Tienen dos orificios de 10cm. de diámetro que pueden ser conectados a un sistema de refrigeración externo por vía de una manguera flexible. Se usan en barcos en donde los contenedores son conectados al sistema de refrigeración del barco. También pueden conectarse a una unidad en el puerto para enfriar el producto mientras espera el transporte. La ventaja de este tipo de sistema es que los costos de alquiler de los contenedores son más bajos y las unidades pueden enfriarse mucho más rápido por la capacidad más amplia de refrigeración del sistema de barco. Las desventajas son que se necesitan sistemas especiales tanto en el contenedor como en el barco. La refrigeración sólo puede empezarse cuando el contenedor ha llegado al puerto y no en la empacadora en donde es cargado. Con los contenedores reefers un generador Diesel puede fijarse o atarse al contenedor para que su contenido pueda enfriarse inmediatamente después de que éste haya sido cargado.

Figura 8.22
Circulación y cambios de aire

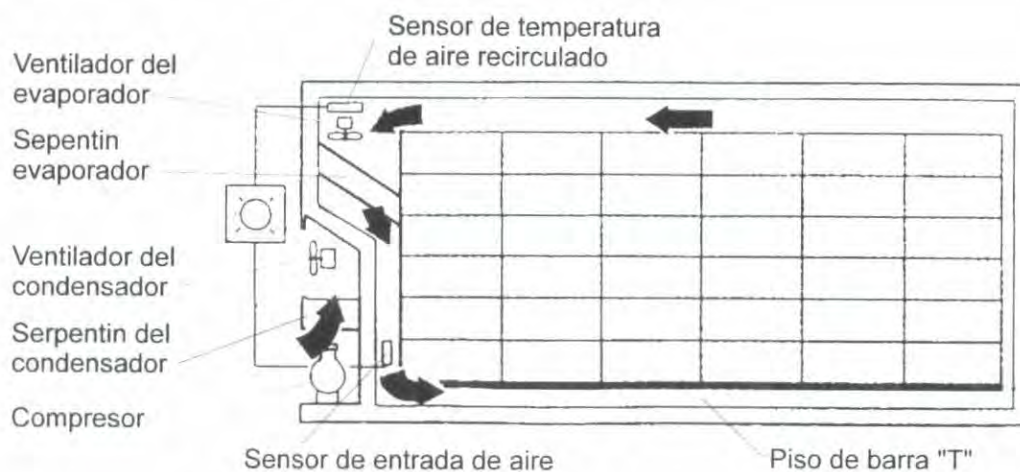


La presión es mayor en las compuertas de bananos

Figura 8.23

Contenedor marítimo, refrigerado y ventilado

Contenedor marítimo Refrigerado



Contenedor marítimo ventilado

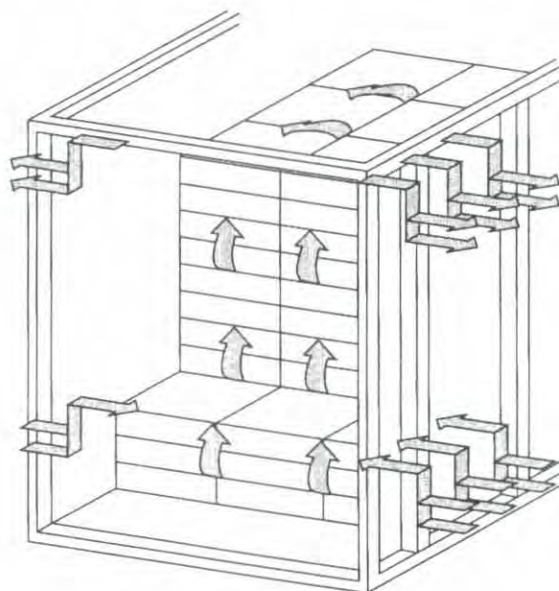
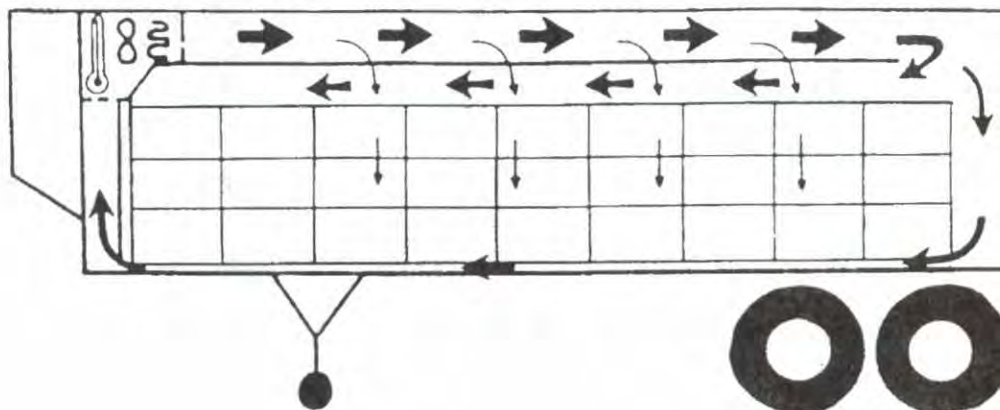


Figura 8.23

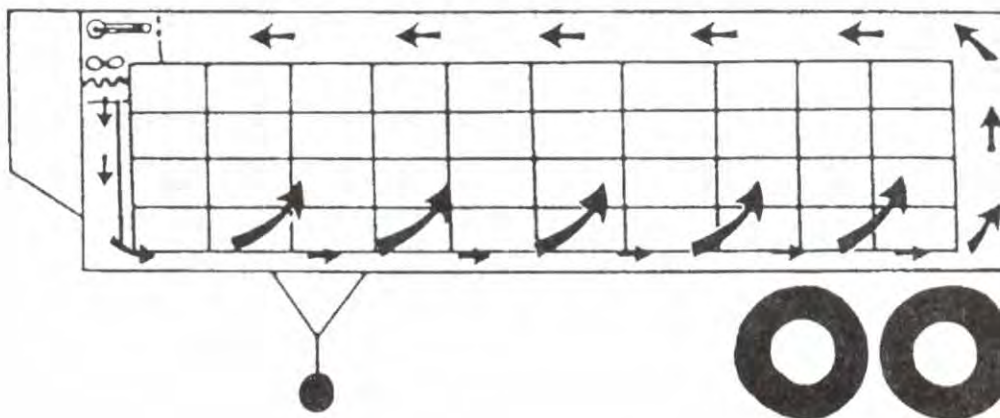
Thompson A.K. 1996. Postharvest technology and fruit and vegetables. Blackwell Science.

Figura 8.24
Movimiento de aire en contenedores

Envío de aire desde arriba



Envío de aire hacia abajo



Tamaños y capacidades de los contenedores (fuente Seaco reefers)

Tipo	Dimensiones externas	Dimensiones internas
20 Pies (RM2)		
Longitud	6.096 mm	5.501 mm
Ancho	2.438 mm	2.264 mm
Alto	2.591 mm	2.253 mm
Capacidad		28.06 m ³
Tara		3.068 kg
Carga máxima		21.932 Kg
Carga ISO		17.252 kg
40 Pies (RM4)		
Longitud	12.192 mm	11.638 mm
Ancho	2.438 mm	2.264 mm
Alto	2.591 mm	2.253 mm
Capacidad		59.81 m ³
Tara		4.510 Kg
Carga máxima		27.990 Kg
Carga ISO		25.970 Kg
40 Pies (RM5)		
Longitud	12.192 mm	11.638 mm
Ancho	2.438 mm	2.264 mm
Alto	2.896 mm	2.57 mm
Capacidad		68.03 m ³
Tara		4.620 Kg
Carga máxima		27.880 Kg
Carga ISO		25.860Kg

Contenedores ventilados. Los contenedores ventilados son contenedores de metal estándar que no tienen aislamiento o unidad de refrigeración. Tienen alguna clase de sistema de ventilación (figura 8.23). Estos pueden ser aberturas cuadradas a lo largo de cada uno de los costados con persianas apuntando hacia abajo. Una hilera se sitúa cerca de la parte superior y otra hilera cerca de la parte inferior cada una a lo largo de los costados del contenedor. La ventilación es pasiva usando corrientes de convección natural. Un sistema más elaborado tiene ventiladores extractores instalados en la parte superior de las puertas de los contenedores. Estos usualmente tienen el mismo diseño del sistema pasivo, pero con sólo una hilera de aberturas hacia la parte inferior del contenedor a lo largo de los costados. El atractivo de este tipo de contenedores es su bajo costo de alquiler, comparado con los reefers. El Sealand usó un contenedor ventilado pasivo lleno con 17.5 Tons de café verde, con extremos de temperatura y humedad relativa en una prueba simulada de condiciones que serían enfrentadas durante el transporte de los trópicos a Europa. Se encontró que el café estaba en perfectas condiciones y este método se está usando ahora a una gran escala comercial por todo el mundo. También son usados para el transporte en

productos como papa y cebolla, incluso para largas distancias como desde Australia hasta el Reino Unido.

8.4.3 TRANSPORTE CON ATMOSFERA CONTROLADA

Los niveles de control de algunos de los gases en contenedores reefers ha sido usado por muchos años para incrementar la vida del producto fresco durante el transporte y en el mercado. El grado de control sobre los gases en un contenedor es afectado por lo herméticamente sellado que esté el contenedor, algunos sistemas anteriores tenían una tasa de escape de $5 \text{ m}^3/\text{hora}$ o más, pero los sistemas actuales pueden estar por debajo de 1 m^3 . La mayoría del escape de aire se da por la puerta, el colocarle cortinas plásticas por dentro de la puerta podría reducir el escape, pero son difíciles de fijar y mantener en práctica. Los sistemas introducidos en 1993 tienen una sola puerta en vez de dos y son más fáciles de cerrar herméticamente. Varios han sido usados incluyendo el almacenamiento hipobárico. Los sistemas usados para generar atmósfera en los contenedores son de tres categorías:

- Los gases que se requiere controlar en la atmósfera son cargados con el contenedor en formas líquida o sólida
- La tecnología de membrana es usada para generar gases por separación molecular
- Los gases son generados en un contenedor y reciclado con presión y tecnología de absorción balanceada.

El primer método requiere la inyección de nitrógeno al contenedor para reducir el nivel de oxígeno con algo de incremento de CO_2 . Se dijo que este sistema podría cargar el producto refrigerado por 21 días comparado con un modelo anterior usando inyección de N_2 únicamente, el cual podía usarse en viajes que no excederán una semana. Los gases fueron cargados en líquido comprimido en cilindros de acero en la parte frontal del contenedor, con acceso desde afuera. Los niveles de oxígeno se mantuvieron a través de la inyección de nitrógeno si el escape hacia el contenedor era más que la utilización de oxígeno a través de la respiración por parte de un producto almacenado. Si la respiración del producto estuviese alta el oxígeno podría disminuirse por ventilación.

En contenedores que usan tecnología membrana, el dióxido de carbono es generado por la respiración del producto y el nitrógeno es inyectado para reducir el nivel de oxígeno. El nitrógeno es producido al pasar aire por tubos porosos hechos de polisulfones o poliámides a una presión de más o menos cinco o seis bares. Estos filtrarán la mayoría del oxígeno por las paredes de los tubos dejando pasar principalmente el nitrógeno el cual es inyectado al almacenamiento.

Un contenedor reefer que tiene controles que pueden ser más preciso sobre la atmósfera gaseosa fue introducido en 1993.

Especificaciones para un contenedor de atmósfera controlada refrigerado (Contenedor Freshtainer INTAC 401).

	Dimensiones externas	Dimensiones internas	Puerta
Longitud	12.192 mm	11.400 mm	
Ancho	2.438 mm	2.280 mm	2.262 mm
Alto	2.895 mm	2.562 mm	2.519 mm
Capacidad		66.6 m ³	
Tara		5.446 Kg.	
Carga máxima		24.554 Kg.	

Atmósfera controlada

Alcance de temperatura a ambiente de 38°C es - 25 a + 25°C ($\pm 0,25^{\circ}\text{C}$)

Oxígeno reducción a 1% (+ 1% 0 - 0.5%) hasta 20 litros h⁻¹ de remoción

Dióxido de carbono de 0 a 80% (+ 0.5% o -1%) hasta 180 litros h⁻¹ remoción

Humedad 60 a 98% ($\pm 5\%$)

Tasa de remoción de etileno 120 litros h⁻¹ (11.25 mg h⁻¹)

Agua reciclada para mantener humedad alta.

Los contenedores que usan ventilación para controlar los niveles de oxígeno tienen un filtro molecular patentado. El filtro molecular también absorberá etileno y tiene dos circuitos distintos que se encienden a intervalos para que mientras un circuito está absorbiendo, el otro está siendo regenerado. La regeneración del filtro molecular, puede lograrse cuando se calienta a 100 °C para alejar (LIBERAR) el dióxido de carbono y el etileno. Este sistema de regeneración se le refiere como un balance de temperatura en donde los gases son absorbidos a baja temperatura y liberados en alta temperatura. La regeneración también puede lograrse reduciendo la presión alrededor del filtro molecular que se llama presión balanceada. Durante el ciclo de regeneración los gases atrapados usualmente se evacúan hacia afuera, pero se pueden dirigir de regreso al contenedor si se requiere. Los niveles de gas, temperatura y humedad dentro del contenedor son todos controlados por un computador que es una parte integral del contenedor. Monitorea los niveles de oxígeno con un analizador paramagnético y el dióxido de carbono con un analizador de gas infrarrojo, y ajusta los niveles a aquellos que han sido seleccionados por el computador.

8.4.4 TRANSPORTE INTERNACIONAL AEREO

Varios tipos y tamaños de contenedor son usados para transporte aéreo (Figura 8.25). Estos son arrumados en el cuerpo del avión normalmente en espacio justos. Las condiciones a las cuales el producto es expuesto durante el transporte fueron observadas en el Japón (Figura 8.26). Los contenedores que son usados en el avión pueden tener algo de control sobre la temperatura y los gases. La Envirotainer Worldwide de los Estados Unidos es una compañía que produce este tipo de equipos. Esta empresa produce tres tamaños de contenedores aislados los cuales son refrigerados mediante un ventilador que hace circular el aire que pasa por hielo seco (dióxido de carbono sólido) y luego por el contenedor y el producto.

Tipo	Capacidad interna	Peso tara	Peso máximo	Capacidad de hielo seco
LD3	3.5 m ³	190 Kg.	1.591 Kg.	56 Kg.
LD7/9	8.6 m ³	499 Kg.	6.033 Kg.	56 Kg.
LD5/11	6.0 m ³	408 Kg.	3.175 Kg.	90 Kg.

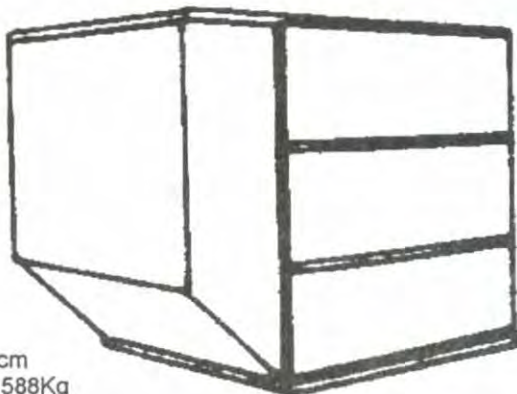
Figura 8.25

Contenedores para transporte aéreo

Contenedores aéreos para ser cargados en: B-747 Pasajeros
B-747 Combi
B-747 Carguero
B-767
A 300

Contenedor LD3

DVE/DKE
RC 8



TARA (PESO) 80Kg
VOLUMEN 4.3m³
DIMENSIONES 153x156x162 cm
PESO MAXIMO DE CARGA 1.588Kg

Contenedor LD9

AAP
RC 5



TARA (PESO) 200Kg
VOLUMEN 10.3m³
DIMENSIONES 223x317x162 cm
PESO MAXIMO DE CARGA 6.033Kg

Figura 8.25
Trade literature.

Figura 8.26

Condiciones monitoreadas en la sección de carga de un avión

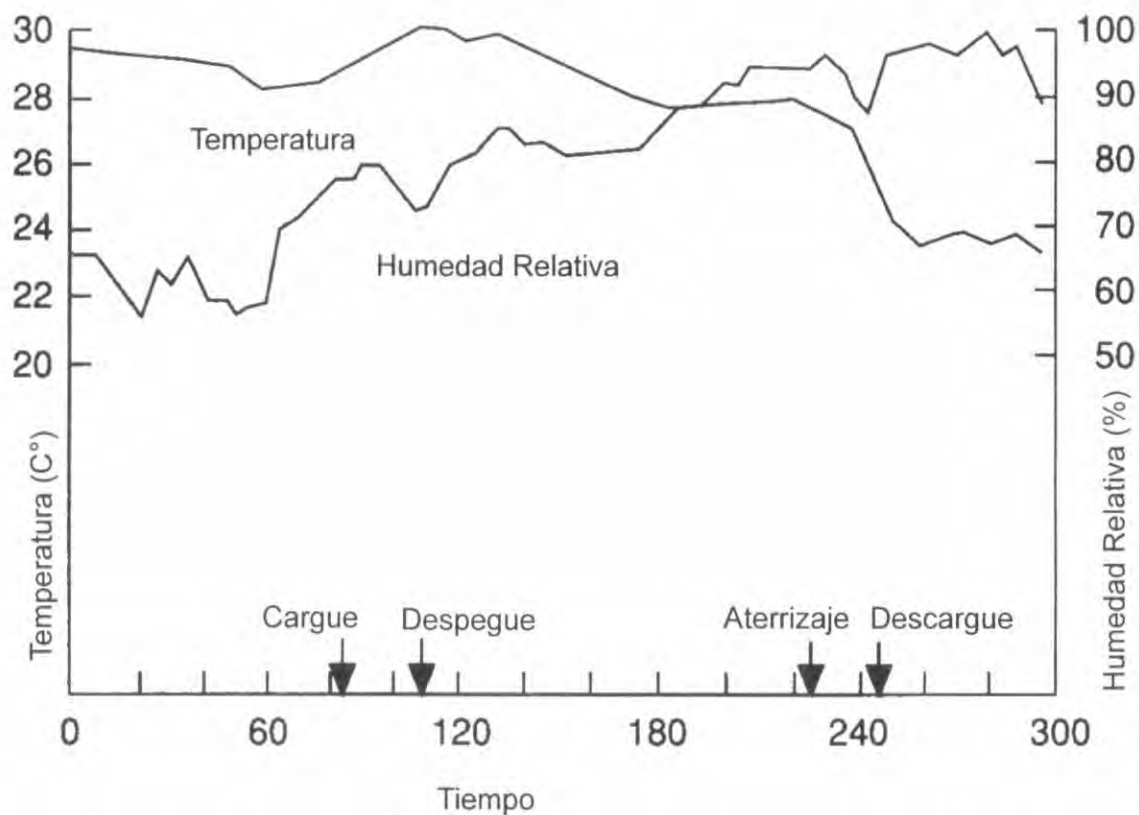


Figura 8.26

Akinaga, T. and Kohda, Y. 1993. Environmental condition during air shipment of horticultural products from Okinawa to Tokyo. Proceeding of ICAMPE '93 October 19-22 KOEX, Seoul, Korea, The Korean Society for Agricultural Machinery 413-422.

CAPITULO IX

EJEMPLOS DE SISTEMAS DE MERCADEO

Objetivo de la capacitación:

- Describir el abastecimiento de los sistemas de mercadeo disponibles para frutas y hortalizas en fresco.

Objetivos del aprendizaje:

- Poder comparar el abastecimiento de los métodos que pueden usarse en el mercadeo de frutas y hortalizas en fresco y poder evaluar los varios métodos y relacionarlos a varias circunstancias de mercadeo que son aplicables en Colombia.

Temas a considerar:

Casos de:

- La Corporación de Comercialización Agropecuaria en Jamaica
- La Dirección de Desarrollo de Exportación de Sri Lanka
- El Programa de Promoción de Exportación a nivel de Aldeas de Sri Lanka
- El Programa de Desarrollo y Diversificación de Federación Nacional de Cafeteros de Colombia.

CAPITULO IX

EJEMPLOS DE SISTEMAS DE MERCADEO

El sistema más simple es cuando el agricultor le vende directamente al consumidor para esto, el consumidor puede llamar directamente a la finca. En muchos países esto ha llevado al desarrollo de la tienda-finca en donde el agricultor cosecha el producto y lo vende. Esto a menudo se suple al comprar productos de los mercados mayoristas para incrementar el abastecimiento de los productos ofrecidos. "Escoja el suyo" es cuando el agricultor produce algo y los consumidores lo cosechan y le pagan al agricultor la cantidad que han cosechado.

9.1 LA CORPORACION DE COMERCIALIZACION AGROPECUARIA EN JAMAICA

Oficinas de comercialización de productos han sido establecidas en muchos países desarrollados. En las Islas Commonwealth del Caribe se han creado oficinas que proveen acuerdos de comercialización para toda una variedad de productos agrícolas. En Jamaica la Corporación de Comercialización Agrícola fue creada como un cuerpo estatutario del gobierno en 1967. Se desarrolló en la oficina de Comercialización del Ministerio de Intercambio e Industria y una de las razones principales para su establecimiento fue controlar y estabilizar los ingresos de los agricultores y el precio de los productos en el mercado minorista de Jamaica, en ese entonces se sentía que los agricultores estaban obteniendo un precio bajo e inconstante por su producto y los consumidores estaban pagando un alto precio. La razón principal de esta situación se pensó que era porque la comercialización estaba en manos de intermediarios (llamados hygglers en Jamaica) quienes compraban el producto directamente al agricultor y lo vendían en el mercado o al borde de la carretera.

Para poder limitar las ganancias de estos intermediarios, la Corporación de Comercialización Agropecuaria competiría directamente con ellos, proveyéndole una salida alternativa a los agricultores para sus productos e integrar verticalmente el mercadeo. La Corporación de Comercialización Agropecuaria estableció un gran mercado mayorista en Kingston con seis grandes bodegas de frío, dos cuartos para la maduración del banano e instalaciones para el empaque y manejo. También estableció ocho sucursales en diferentes partes de la Isla, las cuales contaban también con instalaciones para el almacenamiento en frío. Una instalación grande de almacenamiento en frío para la papa fue establecida en el área principal de producción de papa de Christiana.

En 1969 la Corporación para la Comercialización Agropecuaria estableció puestos minoristas en varias partes del país que vendían frutas y hortalizas frescas y algunos productos procesados. La Corporación para la Comercialización Agropecuaria publicó normas de calidad para la aceptación de los productos cultivados en la Isla y una lista de precios mínimos garantizados para los productos que lograban esos requisitos mínimos. Camiones alquilados se enviaban cada semana en rutas predeterminadas a las áreas productoras del cultivo y estos paraban en los puntos de compra establecidos, cada uno de estos puntos de compra se visitaba en un día determinado cada semana. Los agricultores traían sus productos a los puntos de compra y siempre y cuando éste estuviera

dentro de un estándar aceptable éste era comprado en efectivo y cargado en el camión. Cuando el camión había terminado su ruta de entrega el producto recogido en la sucursal más cercana o en la oficina principal de la Corporación para la Comercialización Agropecuaria en Kingston. Estos serían almacenados o reclasificados y empacados para los mercados mayoristas o minorista o para exportación. La Corporación para la Comercialización Agropecuaria también fue responsable de la importación de frutas y hortalizas a Jamaica. La Corporación para la Comercialización Agropecuaria continuó operando por varios años, pero siempre con pérdidas hasta que fue cerrada. Un problema mayor con este sistema de comercialización fue que la Corporación para la Comercialización Agropecuaria tuvo que comprar productos para los cuales no había mercado y a menudo los almacenaba con la esperanza de que esta situación mejorara. Esto usualmente no sucedía y el producto se perdía o se vendía con pérdidas. También cuando un producto en particular tenía una oferta baja los intermediarios a menudo ofrecían un precio un poco más alto lo que resultaba en una escasez en sus puestos de minoristas que proveía la Corporación.

9.2 LA DIRECCION DE DESARROLLO DE EXPORTACION DE SRI LANKA

La dirección de Desarrollo de exportaciones de Sri Lanka es financiada por el gobierno y tiene la función estatal de facilitar y proveer apoyo a aquellos involucrados en exportaciones. Ellos apoyan toda una variedad de productos pero una gran parte de su esfuerzo está en el apoyo a la agricultura. El apoyo que suministra a este sector incluye:

- Dar fondos para la investigación y desarrollo de trabajos orientados a proveer soporte a la industria.
- Suministra información sobre las variedades de frutas y hortalizas que deben ser cultivadas por los agricultores para exportaciones a mercados específicos.

La dirección de Desarrollo de Exportación de Sri Lanka trabaja muy cerca de las organizaciones de envío y transporte para tratar los retos a que están enfrentando los usuarios de las diferentes infraestructuras de transporte. Constantemente están investigando nuevos métodos que pueden ser usados para la exportación de frutas y hortalizas. Han estado involucrados en negociaciones con transportadoras nacionales en términos de tasas especiales de flete para exportadores de frutas, hortalizas y flores.

Están involucrados en el entrenamiento de representantes del sector privado y público, para el cultivo de productos, manejo post-cosecha, transporte, procesamiento y empaque de frutas, hortalizas y flores.

El Centro Nacional de Empaque está trabajando sobre los requerimientos de empaque de frutas, hortalizas y flores para el mercado local y de exportación. El objetivo es apoyar a la Industria con asesorías sobre el diseño de empaques adecuados y materiales a ser usados para el empaque. La Dirección de Desarrollo de Exportación de Sri Lanka ha financiado el entrenamiento del sector privado y público, y a través del Centro Internacional de Intercambio (UNCTAD/GATT) en Ginebra, ha proveído consultores internacionales para que trabajen con la industria.

La Dirección de Desarrollo de Exportación de Sri Lanka ha llevado a cabo cursos de entrenamiento sobre el mercadeo de productos y ha realizado audiencias para mejorar su actividad de comercialización exportador.

La Dirección de Desarrollo de Exportación de Sri Lanka actúo y actúa como secretariado para la Asociación de Exportadores de Frutas y Hortalizas de Sri Lanka. Esta organización suministra un espacio para la discusión por parte de las organizaciones comerciales involucradas en problemas de exportación y oportunidades en el campo. También permite acciones de colaboración y concertación en temas como tarifas de flete y provisiones de materia prima.

Las misiones de intercambio han sido patrocinadas en conjunto por el Centro Internacional de Intercambios (UNCTAD/GATT) y la Dirección de Desarrollo de Exportación de Sri Lanka. Grupos de exportadores visitan países que están importando productos de Sri Lanka o que puedan estar interesados en hacerlo. Las visitas son estructuradas y apoyadas por el Representante de Intercambio de Sri Lanka en ese país. Estas misiones de intercambio han permitido que los exportadores desarrollen contactos y que incrementen su negocio exitosamente.

9.3 EL PROGRAMA DE PROMOCION DE EXPORTACION A NIVEL DE ALDEAS EN SRI LANKA

La dirección de Desarrollo de Exportación de Sri Lanka implementó un programa que fue iniciado por el ministerio de transporte y envío de Sri Lanka. Este se llama el Programa de Exportación a Nivel de Aldeas de Sri Lanka. Fue establecido por Acta del Parlamento bajo el acto de Compañías número 17 de 1982 y registrada en el Departamento de Compañías Registradas como Compañías del Pueblo. El propósito principal era el de incrementar la participación de la población rural en las exportaciones. Esto fue orientado particularmente a los pequeños agricultores para darles algún grado de acceso a mercados de exportación lucrativos. Son manejadas por una Junta Directiva elegida por los accionistas. Hay un mínimo de tres y un máximo de diez Directores. Los accionistas son miembros de la aldea y ninguna persona o familia puede tener más del 10% de las acciones de esa compañía.

Los objetivos del Programa de Promoción de Exportación a Nivel de aldeas en Sri Lanka fueron:

- Incrementar las exportaciones actuales y generar exportaciones a través de la producción rural
- Mejorar la empresa, eficiencia en producción y conciencia de la buena calidad en el producto rural
- Crear mercados regulares para los productos exportables de la aldea y asegurar un precio justo para el productor
- Llevar los beneficios de la exportación directamente a la aldea
- Crear nuevos empleos y oportunidades de ingreso en las aldeas y por lo tanto, mejorar el nivel de vida de la comunidad.

Los Programas de Promoción de Exportación a nivel de Aldea se han creado para los productos frescos, productos (AGROPECUARIOS - PROCESADOS) y productos ensamblados. La Dirección de Desarrollo de Exportación de Sri Lanka toma acción para unir los Programas de Exportación a nivel de Aldea con compañías exportadoras, también ayudan a resolver problemas que provienen de estas asociaciones. Ejemplos de productos desarrollados por este programa son: piña, chilies, yuca y papaya.

9.4 EL PROGRAMA DE DIVERSIFICACION DE LA FEDERACION NACIONAL DE CAFETEROS DE COLOMBIA

Este programa fue iniciado en 1970 para mejorar el nivel de vida de los productores de café colombianos. En ese momento hubo una gran sobre-producción de café por todo el mundo lo que bajó los precios. Colombia tenía grandes cantidades de café almacenado que no pudo vender. Algunos productores de café trabajaron otros productos para complementar su ingreso del café. El propósito del programa era estimular a los productores de café especialmente aquellos cuya producción en términos de cantidad o calidad no era la mejor, para que incrementaran su producción de otros productos. Varias acciones se tomaron para facilitar esto, como el establecimiento de un Departamento de Mercadeo. El propósito del Departamento de Mercadeo era desarrollar mercados locales y en el exterior para estos productos alternativos que podían producirse en las zonas cafeteras, para lograr:

- Generar información de comercialización sobre temas como oferta, demanda, precios, y la temporada de disponibilidad del producto
- Desarrollar tecnologías post-cosecha para lograr una alta calidad y bajar las pérdidas del producto cuando éste llegaba al mercado
- Poner a los agricultores y a los grupos de agricultores en contacto con mayoristas y minoristas (especialmente en el sector de supermercados) para poder desarrollar nuevos mercados
- Facilitar el mercado al facilitar el transporte del campo (carreteras pavimentadas de penetración a la zona rural).

El programa se probó exitoso en 1970, sería de gran utilidad evaluar su impacto actualmente. El programa se terminó en 1993 al reestructurar la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia debido a la crisis nacional y mundial.

CAPITULO X

TECNOLOGIA POST-COSECHA DE PRODUCTOS ESPECIFICOS

Objetivo de la capacitación:

- Describir las características y la tecnología básica de post-cosecha de determinadas frutas.

Objetivos del aprendizaje:

- Poder aplicar los conocimientos adquiridos sobre tecnología post-cosecha en forma práctica a algunos productos importantes en Colombia.

Temas a considerar:

- Mango
- Piña
- Papaya
- Batata
- Melón
- Ñame
- Yuca
- Aguacate
- Plátano
- Maracuyá
- Granadilla
- Mora
- Tomate
- Berenjena.

CAPITULO X

TECNOLOGIA POST-COSECHA DE PRODUCTOS ESPECIFICOS

10.1 MANGO - *Mangifera indica*, *Anacardiaceae*

La fruta es una drupa carnosa. La madurez de cosecha se juzga en base al color de la piel, la firmeza, el tamaño, el aroma y la forma. Esta última es de particular importancia en muchas de variedades, debido a que la fruta a medida que va creciendo se va engrosando y la unión de los hombros con el pedúnculo produce un hundimiento. Cuando no es posible su determinación por color o por los hombros se utilizan métodos de análisis físicos y químicos de muestras de fruta y también clasificación en diferentes maduraciones, basado en su peso específico.

Condiciones recomendables de almacenamiento:

- 5.6°C a 7.2°C y 85% a 90% HR (alphonso, Raspuri, semilla)
- 7.2°C a 10°C y 85% a 90% HR durante 17 a 24 días con pérdidas de 5.1% (Carabao), 17 días con 6.2% de pérdida (Pico)
- 18.3°C y 85% a 90% HR durante cuatro semanas con 6.8% en pérdidas (Raspuri) 7°C a 9°C y 85% a 90% HR durante cuatro a siete semanas (Bangalora, Khuddus, Neelum, Pedda, Raspuri, Safeda)
- 8°C a 10°C y 85% a 90% HR durante cuatro semanas (alphonso).
- 10°C durante tres semanas (Julie, Ceylon)
- 12.8°C y 85% a 90% HR durante dos a tres semanas (Haden, Keitt)
- 10°C y 85% a 90% HR durante tres semanas (Irwin, Zill).

Las frutas almacenadas individualmente en bolsas de poliestireno demora más en madurar a 21°C y tienen casi de doble de vida de almacenamiento que las frutas sin envolver. Este efecto es menor entre más baja sea la temperatura, el empaque en bolsas de poliestireno no tuvo efecto durante el almacenamiento a 7°C. Las pérdidas de peso y marchitamiento fueron más bajas en las frutas envueltas en bolsas poliestireno.

La antracnosis causa en la fruta infecciones producidas por el hongo *Collectotrichum gloeosporioides*, que ataca en el árbol, se detecta en la cosecha y desarrolla manchas negras en la fruta cuando está madura. Se constituye en el factor que más influye en la reducción de vida de almacenamiento de mango en la India. Otros hongos que ocasionan la pudrición de la fruta son: *Aspergillus niger*, *Rhizopus orrhizus*, *Fusarium*, *Diplodia natalensis*, *Glomerella cingulata* y *Pestalatis mangifera*. Fumigaciones, durante cinco horas a 27°C con 32 mg/ L, de bromuro de metilo, formiato de metiol u óxido de etileno, logró reducir la incidencia de daños causados por infecciones de hongos; también se retardó la maduración durante el almacenamiento posterior en condiciones de 23-30°C de temperatura y 45 a 65% de HR. Las aplicaciones de TBZ o benomyl (100 ppm) son efectivas en la post-cosecha mediante baños. El uso de estos fungicidas en el campo a intervalos de 14 días, reduce las pudriciones en el almacenamiento.

Ciertos factores como el control de atmósferas de almacenamiento y el almacenamiento hipobárico han demostrado extender la vida del producto, se encontró que atmósferas con 5% de CO₂ y 5% de O₂ son óptimas en el almacenamiento CA.

10.2 PIÑA - *Ananas comosus*, *Bromeliaceae*

Esta planta produce una fruta partenocarpica múltiple llamada sincarpio. Es un fruto compuesto por 100 a 200 bayas infructuosas fijadas a un pedúnculo central. La maduración y cosecha dependen de los requerimientos de vida mercadeable y varían desde aquellas frutas totalmente desarrolladas pero verdes para la exportación, hasta un 25% amarillas para consumo local. La piña hawaiana se cosecha medio madura y puede conservarse durante dos semanas de 7.5 a 12.5°C con una semana de vida de góndola.

La fruta verde sin señales amarillas en las cáscaras puede sufrir daño a temperaturas por debajo de 10°C. Los síntomas de daños ocasionados por frío se producen en la variedad cayena lisa almacenándola durante una semana a 45°C y seguida por una semana a 21°C. El daño se nota en la discontinuidad del color de la cáscara verde que se torna amarilla, si la cáscara es amarilla se vuelve café o de un color oscuro. Otros síntomas son el debilitamiento, la descomposición de la pulpa, el secamiento y decoloración de las hojas. El almacenamiento durante seis días, entre 1.7°C y 4.4°C no la imposibilita. Algunas decoloraciones internas se observaron en frutas en Australia después de cuatro semanas a temperaturas entre 7.2°C a 8.3°C.

Otras condiciones recomendables de almacenamiento:

- 10°C y 90% durante dos a cuatro semanas (verde)
- 4.5°C a 7°C y 90% durante dos a cuatro semanas (maduro)
- 8.3°C a 10°C y 85% a 90% HR durante cuatro a seis semanas con pérdidas del 4% (toda verde)
- 4.4°C a 6.7°C y 85% a 90% HR durante una a dos semanas (25% amarillo).

Mayor uniformidad de sabor y color se alcanzan a 18.3°C con 1,000 ppm de etileno durante tres a cuatro días. Los tratamientos de fruta cosechada con 2,4,5-T con concentración baja de 1 ppm. prolongan la vida de almacenamiento. La cayena lisa a medio madurar, tratada con 100 ppm. de 2,4,5-T, tienen una vida de góndola de catorce días a temperatura ambiente, en comparación con la fruta no tratada que obtuvo sólo seis días de vida. Después del tratamiento con 500 ppm. de 2,4,5-T, las frutas pintonas Kew tuvieron una vida de góndola de treinta días comparables a doce días en las frutas no tratadas. El Hawaiian Pineapple Research Institute, obtuvo patente para la utilización del 2,4,5,-T en post-cosecha. Con control atmosférico de almacenamiento con 2% de O₂ y 0% CO₂, aumentó la vida de almacenamiento a temperatura de 7.2°C. La fruta madurada en el campo tiene una vida de 9 a 12 días en almacenamiento en frío, en almacenamiento hipobárico se logró extender su vida a 40 días.

La enfermedad que más se presenta en el almacenamiento de la piña es la pudrición negra causada por el hongo *Thielaviopsis paradoxa*, que ataca el tallo y el corazón de la fruta, se extiende sobre la pulpa que se torna blanda y negruzca. Se controla en almacenamiento a 7°C. Los tratamientos a base de TBZ, SOPP (2.5%) de sodio, lactato (1,000 ppm), y Benomyl (3,000 ppm), han demostrado ser efectivos en control de enfermedades,

especialmente cuando se aplican en la superficie de la fruta inmediatamente después de la cosecha. Los hongos *Penicillium* y *Fusarium*, se presentan con regularidad en la fruta demasiado madura.

10.3 PAPAYA - *Carica papaya*, *Caricaceae*

La fruta es una baya carnosa, la cavidad interna de la fruta contiene pequeñas semillas blandas redondas y de color negro brillante. La cosecha debe efectuarse cuando empieza a aparecer el color amarillo en la fruta verde. El producto muy verde no madura apropiadamente, mientras que el producto maduro tiene una vida mercadeable más corta, pero no mejor calidad de consumo. El corte del pedúnculo de la fruta es preferible, al arrancarlo de la planta el fruto, reduce los daños mecánicos debido a la presión ejercida por el dedo pulgar y demás dedos para partirlo, lo cual es suficiente para magullar la papaya. El manejo cuidadoso después de la cosecha, como el empaque en cajas acolchonadas directamente en el campo, es esencial en la reducción de daños.

Condiciones recomendables de almacenamiento:

- 10°C y 85% a 90% HR durante tres a cuatro semanas con pérdidas del 5.8% (verde)
- 8.3°C y 85% a 90% HR durante dos a tres semanas (madura)
- 4°C a 5.5°C y 85% a 90% HR durante cinco semanas
- 7.2°C y 85% a 90% HR durante una a tres semanas
- 13°C durante 21 días con maduración posterior normal a 26°C.

La maduración óptima se alcanzó en temperaturas entre 21.1°C a 26.7°C. Los daños por frío, según informes, en almacenamiento se produjeron en temperaturas de 10°C y a 7°C, manifestándose en el exterior de la fruta con pequeños huecos, se frena la maduración y se aumenta la sensibilidad (vulnerables) a ataques de hongos. Las frutas almacenadas individualmente en bolsas de poliestireno perforadas, pierden menos peso durante el almacenamiento y el transporte, y mantienen una apariencia más atractiva que la de la fruta sin recubrir y sin que la afecten otros factores.

En atmósferas de almacenamiento controladas con contenido de 1% de O₂ y 5% de CO₂ las frutas conservan su calidad mercadeable durante 21 días.

El daño más frecuente de la fruta en almacenamiento es la antracnosis causada por el *Collectotrichum gloesporioides*, aunque los *Rhizopus*, *Penicillium*, *Mucor*, *Volutella*, *Guignardia* y *Phomopsis* han sido encontrados en daños ocasionados durante el mismo. El desarrollo de la antracnosis se reduce considerablemente mediante aplicaciones de Maneb en el campo cada 10 días o tratamientos con agua caliente directamente después de la cosecha. Las aplicaciones de TBZ o diclorano en baños reducen los niveles del daño del producto en almacenamiento.

La sustancia papaina se extrae de la planta, sus semillas son consideradas como una posible fuente de obtención de aceite.

10.4 BATATA - *Ipomoea batatas*, *Convolvulaceae*

Produce tubérculos fusiformes y de forma globosa, su color varía en blanco, café, rojo o púrpura. La pulpa generalmente es de color amarillo o blanco aunque puede ser rojiza. En

Norte América la cosecha se efectúa antes de la primera helada o después de la primera helada ligera. Se dejan en la tierra el tiempo que más se pueda para aumentar la duración, pero si se dejan expuestas a las heladas la pudrición rápida de las raíces es factible durante el almacenamiento. En los trópicos, la planta es perenne y la maduración de las raíces aptas para la cosecha se juzga mediante la experiencia y un lapso de cierto número de días después de la siembra. Los tubérculos maduros tienen un alto contenido de almidón que puede conocerse en muestras del producto cortado en pedazos, si esta madura se seca rápidamente al ponerlo en contacto con el aire.

Los tubérculos que se intenta almacenar deben curarse lo más rápido posible después de la cosecha para sanar los golpes o heridas y hacerlos más resistentes al deterioro en el almacenamiento. Las condiciones recomendables de curado son:

- 29.4°C y 85% HR durante cuatro a siete días con un promedio de pérdidas de peso entre el 2 % y el 6%.
- 29.4°C y 90% HR durante diez días
- 32.8°C y 95% a 97% HR
- 28.9°C a 32.2°C y 90% HR
- 32°C a 36°C y 96 a 100% HR durante cuatro días con un 1.5% en pérdidas de peso.

El curado reduce el porcentaje de pérdidas de peso en el almacenamiento posterior. Con el curado se reducen los niveles de desarrollo de hongos y se retarda la necrosis del tejido, dando un 97% de tubérculos mercadeable durante 113 días en almacenamiento en frío en comparación al 20% de tubérculos no curados.

Las condiciones recomendables de almacenamiento son:

- 12.8°C a 15.6°C y 85 a 90% HR durante cuatro a seis meses con un 2% de pérdidas en peso por mes
- 11°C a 13°C y 85 a 90% HR durante 13 semanas
- 10°C a 12.8°C y 80 a 90% HR durante 13 a 20 semanas con pérdidas de peso de 8.5% o durante cuatro a seis semanas.

Los brotes durante el almacenamiento deben controlarse con aspersiones de CIPC, 190 g./m³ aspersión. El daño por frío ocurre a temperaturas de 8.9°C o a la exposición a bajas temperaturas por cortos períodos. Provoca una decoloración interna y aumenta la susceptibilidad del producto a ataque de microorganismos, especialmente después de que se aumenta la temperatura. Durante el almacenamiento a 12 y 13°C se producen brotes después de dos meses, esto es contrario a otros informes en los que se reportó que los retoños no se presentan durante el almacenamiento a temperaturas inferiores a los 15°C. Durante el mercadeo, los tubérculos empacados en bolsas perforadas de película de poliestireno para el consumo, tienen un promedio de pérdidas de peso inferior, se desarrollan menos hongos en su exterior y tienen menos tejido necrótico que aquellos tubérculos mercadeados sin recubrimiento de poliestireno.

La principal enfermedad que se presenta en el tubérculo durante el almacenamiento es la pudrición causada por el *Rhizopus nigricans*, el *R. stolonifer* y el *R. tritici* que provocan pudriciones blandas y acuosas que eventualmente se tornan necróticas y profundas con desarrollo de micelio blanco cubierto por una masa mucilaginosa de esporas negras. El

hongo penetra a través de las áreas dañadas. Las infecciones causadas por el *Ceratocystis fimbriata* producen una pudrición negra formada por moteados negros en la superficie de la raíz que se hacen más grandes hasta fusionarse en una sola mancha. El hongo puede observarse en los moteados en forma de pequeñas frutificaciones de color negro. La Java negra es otra pudrición causada por infección del hongo *Diplodia tubericola* o *D. theobromae* que en la etapa inicial de desarrollo produce una pudrición firme pero eventualmente desarrolla un tejido esponjoso conformado por una masa de esporas en la superficie, finalmente pudre completamente la raíz. Otros organismos que afectan los tubérculos durante el almacenamiento son: *Botryodiplodia theobromae*, *Diaporthe batatitidis*, *Fusarium oxysporum*, *Macrophomina phaseoli*, *Botrytis cinerea*, *Mucor bacemosus* y *Penicillium sp.* Los tratamientos con dicloran controlan con efectividad el *Rhizopus spp.* y con frecuencia se aplica en la post-cosecha en baños o formulaciones de cera. En Estados Unidos los niveles de residuos máximos permitidos son de 10ppm. Las aplicaciones de TBZ (500ppm) y benomil según informes referido, reducen el nivel de daño del producto en almacenamiento. El tratamiento a base de una combinación de SOPP, dicloran y cera reducen las pérdidas de peso de 14% a 0.7%, y el deterioro de 17% a 3% durante 30 días de almacenamiento 1°C a 1.5°C y 65% HR. Muchas de estas infecciones se asocian al deterioro, en consecuencia el acopio cuidadoso, desecho de raíces infectadas en el campo y el curado eficiente y rápido proporcionan normalmente un control efectivo.

10.5 MELON - *Cucumis melo*, *Cucurbitacea*

La fruta es una baya carnosa indehiscente de forma redondeada con una cavidad central hueca y gran contenido de semillas. El tamaño, color de la cáscara, reticulaciones y matiz de la pulpa varía considerablemente. Diferentes formas de melones han sido agrupados en variedades o clases. Para mayor claridad en este informe el melón será tratado como Cantalupe o Honeydew e incluyen las variedades Casaba o Winter melón, Crenshaw y Persian.

La madurez de cosecha se juzga generalmente en la etapa de abscisión de la fruta en la unión al tallo.

- No quebradizo, cuando la fruta está completamente desarrollada, adherida a la planta y firme
- Medio quebradizo cuando la etapa de abscisión apenas empieza a desarrollarse, presentándose una hendidura normal en la unión
- Completamente quebradizo, y verde, cuando la agrietación está bien definida alrededor de tallo, pudiéndose separar la fruta con suave presión
- Completamente quebradizo, y amarillo, cuando la fruta comienza a ablandarse y a cambiar de color, con desarrollo de aroma y abscisión completa.

Se reconocen períodos intermedios, de tal forma que las clases de maduración para la variedad Honeydew pueden definirse de la siguiente manera:

Fruta verde madura, cuando la fruta está ligeramente matizada de color blanco o verde claro y la superficie cubierta con finas vellosidades. Esta cosecha, es la más temprana, por lo tanto exige que la fruta sea tratada con etileno para lograr la maduración requerida.

La maduración se nota en el matiz de fondo, principalmente blanco con la superficie

levemente encerada, una pequeña área ligeramente agrietada con posible aromatización. Los tratamientos con etileno son benéficos pero no esenciales para lograr la madurez propia.

Cuando la fruta esta madura la superficies es de color cremoso a blanco encerado con el capullo completamente formado y agrietado. Se percibe un aroma característico de la fruta. En los melones Persian la cáscara es verde gris a café.

En la primera senectud la superficie vá de blanco cremoso a amarillo, bastante encerada y el capullo blando. El aroma es fuerte. Se considera aún comestible aunque tenga partes reblandecida alrededor de la cavidad.

En la fase de la senectud la cáscara es de color amarillo y la fruta entera se reblandece y desarrolla un fuerte aroma, su textura es fibrosa y tiene un sabor desagradable.

En Estados Unidos los melones embarcados de California tienen un mínimo de 10% en contenido de sólidos solubles para las clase Honeydew y de 8% para el Cantalupe.

Se obtiene una óptima calidad cuando se dejan las frutas en la planta durante el mayor tiempo posible aunque de esta manera el producto tiene una vida de estante más corta. La variedad Cantalupe para exportación deben cosecharse medio o completamente verde.

Las condiciones recomendable de almacenamiento son:

Tipo Cantalupe

- 1.7°C a 3.3°C y 85% a 90% HR durante diez días con pérdidas de 7.2%
- 0°C a 1°C y 85% a 90% HR durante siete semanas
- 2.2°C a 4.4°C y 85% a 90% HR durante quince días (3/4, a quebradiza)
- 0°C a 1.1°C y 85% a 90% HR durante una semana
- 0°C a 1.7°C y 85% a 90% HR durante cinco a catorce días (quebradizo)
- 0°C y 85% a 90% HR durante dos semanas
- Tipo Honeydew
- 7.2 a 10°C y 85 a 90% HR durante dos semanas (Crenshaw, Persian) durante tres a cuatro semanas (Honeydew), cuatro a seis semanas (Casba)
- 7.2°C y 85% a 90% HR durante dos a tres semanas (Honeydew)
- 7.2°C y 85% HR durante cuatro a cinco semanas (Honeydew).

Los daños por frío pueden ocurrir en la variedad Cantalupe de 0°C a 1.1°C y en la honeydew de 3.3 a 4.4°C. Algunas variedades de Cantalupe sufren daños por frío a 7.2°C. Períodos de más de quince días a temperatura de 2.2°C a 4.4°C causan daños por frío en los Cantalupes. Estos daños se relacionan a la maduración de cosecha y la fruta quebradiza, puede conservarse por 5 a 14 días a temperaturas entre 0 a 1.7°C. Los síntomas de daños por frío son el deterioro de la corteza, el ablandamiento, debilidad y la producción de malos sabores después de ser colocadas en temperaturas más altas. El *Cladosporium cucumerinum* es una causa común de pudriciones y se asocia a los daños por frío.

Afecta el tallo cicatrizado y otras partes de la superficie y las corteza de la variedad Honeydew. En las áreas infectadas aparece micelio de color verde a negro, éste afecta la carne que se torna esponjosa. *Fusarium spp* produce lesiones en la cáscara con asociación de micelio rosado o blanco dando a la pulpa interna un sabor amargo. Las infecciones de

Rhizopus stolonifera produce pudriciones blandas y acuosas con micelio moteado blanco en la corteza. Las infecciones de *Alternaria tenuis* produce áreas parduzcas en la corteza de las variedades Honeydew y en la cáscara o en el área de absorción del Cantalupe, se asocian al desarrollo de micelio negro. Producen tejido necrótico con demarcación clara entre el tejido dañado y el sano.

Los tratamientos a base de TBZ y benomyl han sido aplicados para reducir la cicatrización de los tallos y la presencia de hongos de la corteza. Las infecciones en el campo con mildews causada por el *Erysiphe cichoracearum* pueden producir el debilitamiento de la fruta durante su mercadeo y almacenamiento.

Las frutas puestas en atmósferas de etileno en concentraciones de 500 ppm, 1000 ppm o 5,000 ppm durante 18 a 24 horas al menos a 21.1°C en la pulpa maduraron con uniformidad. La fruta verde sometida en estas condiciones no madura. Para las variedades Honeydew las condiciones óptimas de maduración se dan entre 21.1 a 26.7°C.

10.6 ÑAME - *Disocorea rotundata*, Leguminosa

Los tubérculos son, generalmente, de forma cilíndrica pero pueden ser bifurcados de forma de palma, la cáscara es de color café y la pulpa blanca, tienen un peso promedio de cerca de 2 kg. Los tubérculos se encuentran listos para la cosecha después de tres a diez meses de sembrados, cuando el tallo y las hojas se marchitan y se doblan. En el África Occidental se almacenan en galpones especiales techados en paja ya sea amarrando individualmente con cuerdas y suspendiéndolos en postes o colocándolos en anaqueles para lograr una buena circulación de aire alrededor de cada tubérculo. En estas condiciones, las pérdidas de peso son del orden del 1 a 1.5% por semana, presentándose brotes en un período de 8 semanas, mientras a temperatura ambiente de almacenamiento, en Jamaica, los primeros brotes se presentaron un mes después de cosechados. Las pérdidas de peso a temperaturas ambiente en Jamaica a 32°C y 54 a 68% HR fueron del 17% en 25 días pero se redujeron al 7% cuando se aumentó la humedad relativa entre el 90 y 94%, aunque estos últimos tubérculos resultaron rápidamente cubiertos de moho que no se presenta a condiciones ambientales de humedad relativa. Los tubérculos guardados individualmente en bolsas de poliestireno tuvieron un porcentaje muy bajo de pérdidas de peso y menos tejido necrótico después del almacenamiento en comparación a los registros obtenidos en los tubérculos almacenados sin embolsar, pero los mohos observados en la cáscara demeritaron su comercialización. La proliferación de hongos en la superficie del tubérculo se presentó en aquellos almacenados en bolsas de poliestireno pero si las bolsas hubieran sido perforadas hasta un 0.15% de su superficie esto no hubiera ocurrido.

En almacenamiento entre 3°C y 12°C los deterioros fisiológicos totales de los tubérculos ocurrieron a los diez días y los daños por frío fueron observados en los tubérculos almacenados a 12.5°C. En almacenamiento a 11.7°C se obtuvieron menos pérdidas de peso pero al removerlos del almacenamiento éstos perdieron peso rápidamente, tornándose blandos e infectados con hongos y necrosis. El efecto aumento al exponer los tubérculos a bajas temperaturas durante un mayor período de tiempo. Las pérdidas iniciales de peso a temperatura de 12.5°C y 95% de HR fueron menores a temperatura ambiente pero resultaron rápidamente infectados con hongos y la rata de pérdidas de peso aumentó hasta alcanzar grandes cifras.

El curado de los tubérculos a 40°C y 100% de HR por 24 horas dió excelentes resultados en la reducción de pérdidas durante el almacenamiento. Este tratamiento fue efectivo tanto en los tubérculos almacenados a temperatura ambiente como en los almacenados en frío, pero en éste último se observó un desarrollo fungoso, sin embargo, si los tubérculos se hubieran sometido a tratamientos de inmersión en una solución de 1000 ppm de TBZ durante tres minutos antes del almacenamiento se hubieran logrado eliminar casi totalmente los hongos. Los tubérculos tratados con TBZ, secados e individualmente empacados en bolsas de poliestireno fueron almacenados entre 12 y 10°C durante 25 días aproximadamente con sólo 3% de pérdidas de peso, sin brotes, proliferación de hongos, daños superficiales significantes o necrosis interna. Todos los tubérculos dieron brotes a las tres semanas de removidos del almacenamiento.

Los hongos identificados en los tubérculos almacenados fueron *Penicillium*, *Aspergillus*, *Fusarium*, *Botryodiplodia*, *Diplodia*, *Geotrichum*, *Alternaria*, *Sterophyllum*, *Cladosporium*, *Cylindrocarpon* y *Rhizopus*.

Las infecciones causadas por parásitos nemátodos en el campo produjeron tejidos necróticos que aumentaron durante el almacenamiento a temperatura ambiente. En almacenamiento en frío el número de nemátodos disminuyó rápidamente.

10.7 YUCA - *Manihot esculenta*, *Liliacea*

Existen numerosas variedades, muchas de las cuales contienen glicocidos cianogénicos en sus raíces tuberosas que se elimina al lavarlas o hervirlas antes de consumirlas. La madurez de cosecha está basada en la experiencia de cultivo, de la variedad en particular y en ciertas áreas generalmente se determina a los 9 o 10 meses después de la siembra. Si existe alguna duda se arruina una muestra. Si la cosecha se retarda las raíces se tornan leñosas y de mal sabor. Las raíces se deterioran a los pocos días de cosechadas con ennegrecimiento del tejido vascular seguido de pudrición. El tiempo de cosecha es de ocho a quince meses después de la siembra, este no tuvo efectos en la velocidad de deterioro de las raíces, pero las raíces sanas se deterioraron en un promedio más bajo. Si las raíces sufren daños mecánicos durante la cosecha o el manipuleo, en pequeña proporción, el deterioro es rápido.

En el almacenamiento a 3°C se obtuvieron pérdidas del orden de 6 a 7% por semana, mientras a temperaturas de 0 a 1.7°C, y 1.7 a 3.3°C y 80 a 90% de HR las raíces perdieron un 11% en peso en dos semanas; sin ennegrecimiento interno ni desarrollo fungoso. A más altas temperaturas o períodos prolongados de almacenamiento se observaron los dos efectos anteriores. Condiciones de 0 a 1.7°C y 85% de HR son recomendables durante 23 semanas. Las raíces transportadas de Puerto Rico los Estados Unidos durante 9 días a 13 y 14°C de temperatura llegaron en malas condiciones y con desarrollo considerable de hongos. En el almacenamiento posterior de las raíces sanas a 15°C y 65% de HR se obtuvieron pérdidas del 8% en peso y 23% de daños en 30 días. Si las raíces se hubieran tratado con SOPP (1%) más dicloran (900 ppm) las pérdidas hubieran sido de 5 y 10% respectivamente. En tratamientos con SOPP y adición de dicloran y cera las pérdidas hubieran sido del 0.9 y 19% respectivamente.

Otros métodos de conservación de raíces son los recubrimientos con parafina que proporcionan un almacenamiento de uno a dos meses a temperatura ambiente

pre-calentamiento con baños de agua caliente, almacenaje en inmersión de agua, y fumigación con bromuro de etilo. Existen algunos métodos preventivos de daños de productos en almacenamiento que han demostrado dar buenos resultados en la preservación de raíces como son los recubrimientos con barro y el almacenamiento bajo tierra o a granel.

Los hongos encontrados durante el almacenamiento del producto, se identificaron como, *Diplodia manihoti*, *Fusarium sp.*, *F. solani*, *F. roseola*, *Geotrichum candidum*, *Mucor sp.*, *Penicillium gladioli*, *Phomopsis sp.*, *Rhizopus sp.* y *Trichoderma sp.*, *Aspergillus flavus*, *Botryodiplodia theobromae*, *T. harzianum* y dos tipos de *Penicillium*.

10.8 AGUACATE - *Persea americana*, *Lauraceae*

La fruta es una baya carnosa la cual contiene una semilla de gran tamaño, contiene pulpa cremosa de color verde-amarillo y cáscara delgada y dura de color verde-oscuro o morada. Son de forma ovalada, redonda se textura en ocasiones es áspera. Hay una variación considerable de tamaños que alcanzan hasta 1.5 kg. de peso aunque las variedades más populares producen frutas con peso promedio entre 300 y 400 g.

Se han reconocido 3 razas:

- La Mejicana que tiene contenido grasoso del 30% en la pulpa es el más resistente al daño por frío
- La Guatemalteca contiene aceite con promedio del 8 al 15% y es menos resistente al daño por frío
- La de la India Occidental contiene muy poco aceite, del orden del 3% al 10%, y es altamente susceptible al daño por frío pero generalmente tiene mejor sabor.

Juzgar la madurez de cosecha es difícil en algunas variedades que se cultivan en el sub-tropical, se efectúa con análisis de muestras para registrar el contenido de aceite que al alcanzar un nivel aceptable se cosecha toda la fruta. En California se recomienda la cosecha cuando la pulpa contenga al menos 8% de aceite. Si la variedad morada cambia el color de verde a morado, la madurez se juzga cuando comienza el cambio.

Condiciones recomendables de almacenamiento:

- 15°C por dos semanas para algunas las variedades del Occidente de la India. 12.8°C y 85% a 90% HR por dos semanas (Fuchs, Pollock, Waldrin y otras las variedades del Occidente de la India)
- 12.8°C y 85 a 90% HR por un mes o más (Lula, Booth)
- 5.6 °C a 7.2°C y 85 a 90% HR durante cuatro por con pérdidas del 10% (variedades Guatemaltecas)
- 5°C a 10°C y 90% HR durante dos a cuatro semanas
- 5.5°C a 8°C y 85% a 90% HR durante tres a cuatro semanas (Fuerte Hass).

En la maduración de la variedad fuerte se observó el inconveniente de estar a temperaturas tanto de 5°C como a 30°C, la fruta no pasó por un período climático. Los daños por frío se presentan por exposiciones durante tiempos prolongados a temperaturas que pueden variar considerablemente dentro de una variedad en particular. Los síntomas son decoloración grisácea-café de la pulpa, escaladura y depresiones de la cáscara y

suspensión de la maduración o reblandecimiento al removerlos del almacenamiento. En Dominica las frutas conservadas entre 7.2°C a 10°C de temperatura por seis a diez días se maduraron bastante rápido cuando se pasaron a temperatura ambiente aunque se identificó ennegrecimiento interno.

En atmósferas controladas a 7.2°C de temperatura con 4% a 5% de CO₂ y no más de 4% a 5% de O₂ la variedad fuerte se conservó en buenas condiciones durante dos meses, en comparación con sólo un mes en almacenamiento en frío. A temperaturas entre 5°C a 6.7°C y 3% a 5% de O₂ y CO₂ durante 40 días. A 7.2°C y 2% de CO₂ se observaron menos síntomas de daños de enfriamiento en las variedades Taylor, Booth 8 y Lula; se lograron reducir los daños de antracnosis. El almacenamiento hipobárico de la variedad Lula obtuvo una vida de 90 a 110 días en comparación a 23 o 30 días en cuartos de almacenaje convencionales. La vida de almacenamiento se prolongó de tres a ocho días a varias temperaturas mediante el empaque individual de la fruta en bolsas de poliestireno con maduración normal. Las frutas de la variedad fuerte se empacaron individualmente en bolsas de poliestireno de 0.025 mm con un contenido de 8% de CO₂ y 5% de O₂, después de 23 días a temperatura de 14 a 17°C. La fruta madura normalmente en exposición posterior a altas temperaturas. Las frutas empacadas en bolsas de poliestireno perforadas maduraron a la misma velocidad que aquellas almacenadas sin empaque.

Las principales enfermedades en el almacenamiento son la Antracnosis causada por el *Colletotrichum gloeosporoides*, contaminación que proviene del campo de cultivo y la pudrición lenticular causada por el *Dothiorella gregaria*. Las dos son bastante latentes pero pueden causar lesiones en el tejido a medida que la fruta madura. Las infecciones contraídas con *Cercospora purpurea* ocasionan manchas superficiales con necrosis que pueden controlarse con rociado de fungicidas a base de cobre en el campo. Las infecciones con *Rhizopus stolonifera* se presentan cuando hay daños mecánicos en el tejido, causando pudriciones blandas con asociación de micelio blanco grisáceo que se desarrolla a medida que la fruta madura. El *Diplodia*, *Dothiorella*, *Colletotrichum*, *Fusarium*, *Phomopsis* y *Alternaria*, causan pudriciones en el pie del pedúnculo mediante infecciones a través del tallo floral. Las infecciones fungosas se encontraron en áreas de daños primarios, excepto en las frutas que estaban demasiado maduras en donde se observaron organismos como el *Botryodiplodia theobromae*.

10.9 PLATANO - *Musa AAA cvs, Musasea*

La fruta es una baya patenocárpica semejante al banano, excepto que esta tiene un alto contenido de almidón: cerca de un 30% al momento de la cosecha y un 5 a 10% cuando están maduras, pero igual contenido de azúcar. Se cuecen antes de consumirlos y se emplean tanto en su forma verde como madura, se consideran no comestibles en la etapa fresca. La madurez se juzga en la angulosidad de los dedos, al igual que en los bananos. A temperatura ambiente, en regiones tropicales, la fruta se madura completamente en un período de 25 días, tornándose completamente amarilla con pecas negras fusionadas.

Condiciones recomendables de almacenamiento:

- 10°C y 85% a 90% HR por cinco semanas con pérdidas del 6% (fruta verde)
- 7.2°C a 10°C y 85% a 90% HR por diez días (fruta madura).

Las condiciones óptimas de maduración son 22.2°C y 85% a 100% HR con 1.000 ppm de

etileno por cuatro a cinco días, durante este período de tiempo todo el almidón se convierte en azúcar. La baja humedad relativa activa la maduración pero aumenta el ennegrecimiento y el marchitamiento del producto. Las frutas a temperatura ambiente, cambian progresivamente su color a verde claro y luego a amarillo. Los dedos almacenados en aserrín húmedo o envueltos individualmente en película de poliestireno pueden conservarse verdes durante 20 días. Luego cambian rápidamente su color a amarillo con una maduración normal. En aserrín húmedo, los dedos aumentan de peso pero se produce cuarteamiento en la fruta.

10.10 MARACUYA - *Passiflora edulis*, *Passifloraceae* (y *P. Flavicarpa*)

Las frutas son de forma globosa u ovoide, su cáscara es brillante y contiene numerosas semillas cubiertas con pulpa gelatinosa y aromática de color amarillo, las cuales constituyen la parte comestible. Las frutas maduras poseen el mejor sabor pero tienen una vida de góndola más corta, por lo tanto, se recomienda la cosecha cuando éstas tengan : de su piel color púrpura o amarillo. Las frutas verdes no maduran apropiadamente después de cosechadas. La variedad *edulis* se torna rojiza y arrugada en vez de tomar color púrpura variedad *flavicarpa*.

Condiciones recomendables de almacenamiento:

- 5.5 a 7°C y 80 a 85% HR por cuatro a cinco semanas
- 5.6 a 7.2°C y 85 a 90% HR por tres semanas con 32% de pérdidas de peso.

Las principales enfermedades o desórdenes de las frutas en almacenamiento son la fermentación de la pulpa, el marchitamiento y daños causados por hongos. El almacenamiento a temperaturas inferiores a 10°C produce daños por frío que se manifiestan en forma de decoloraciones rojas en la cáscara que rápidamente son atacadas por hongos.

10.11 BADEA - *Passiflora quadrangularis*, *Passiflocea*

La fruta es una baya alargada y oblonga, alcanza hasta 30 cm. de longitud y 15 cm. de diámetro, es de color amarillo pálido o amarillo verdoso, cuando está madura aparece algunas veces con matices rosados. La cáscara es blanda, cubre la pulpa de color blanco y jugosa, ésta tiene hasta 4 cm. de grueso. En el interior de la fruta hay una cavidad central que contiene semillas cubiertas por arillos jugosos de color blanquecino.

Las frutas verdes, pintonas o amarillas pueden almacenarse a 10°C por 17 días. Las frutas verdes tienen una maduración normal a temperaturas de 21.1°C por 7 a diez días, pero la fruta completamente amarilla se encontraba totalmente madura después de siete días a 10°C. Se hicieron otros descubrimientos en las frutas maduras, en los cuales estas pueden almacenarse durante largos períodos de tiempo a temperaturas de 8.3°C. El almacenamiento en frío de frutas verdes trajo como resultado que éstas no se pudieran consumir.

10.12 MORA - *Rubus spp*, *Rosacea*

La fruta es una colección de drupas que se cosechan normalmente con la mano. Existen diferentes especies, tanto de clima tropical como templado, que en principio incluyen: *R. glaucus* Blenth. denominada Andes Berry, Black Berry, Mora o Zarzamora azul, *R. villosus*, cultivo Dewberry, *R. loganbaccus*, el Loganberry, un híbrido triespecífico llamado

Boysenberry, R. fruticosus, la mora o zarza común, R. florulentus Focke, la fresa de montaña y muchas otras.

Condiciones recomendables de almacenamiento:

- 0.6 a 0°C y 90% a 95% HR por dos a tres días (Blackberry, Dewberry, Loganberry)
- 0.6 a 0°C y 85% a 90% HR por cinco a siete días (Blackberry, Loganberry, Dewberry)
- 0.6 a 0°C y 85% a 90% HR por 5 a 7 días (Blackberry, Loganberry, Dewberry) por dos a cuatro días (Boysenberry, Youngberry).
- 1 a 0°C y 90% HR por cinco a siete días (Blackberry)
- 0°C y 85% a 90% HR por una a dos semanas (Mora).

Algunas moras almacenadas en frío pueden cambiar su color de negro a rojo.

Si se someten a enfriamiento rápido y se almacenan en atmósferas con 40% de CO₂ por dos días las frutas retienen su sabor.

10.13 TOMATE - *Lycopersicon esculentum*, *Solanacea*

La fruta es una baya. Se cosecha en todas sus etapas de maduración, desde verdes pero completamente desarrollados. El criterio para la selección de la madurez de cosecha se basa principalmente en la vida de góndola del producto; el tomate más rojo tiene mejor calidad de consumo pero más corta vida de góndola.

Condiciones recomendables de almacenamiento:

- 12.8 a 21.1°C y 85 a 90% HR por dos semanas
- 1.5 a 3°C y 85 a 90%HR por seis semanas
- 12.8 a 15.6°C y 85 a 90% HR por dos a seis semanas
- 8.9 a 10°C y 85 HR por cuatro a cinco semanas con 5.2% en pérdidas (VC lines)
- 1.7 a 3.3°C y 85 a 90% HR por 6 semanas con 4.8% en pérdidas (Oxheart, Hybrid 6, Marthi)
- 7.5 a 8°C y 85% HR por diez días (Para el Moneymaker con un cuarto de maduración).

Las recomendaciones anteriores son recomendables para el almacenamiento de fruta verde madura.

El tomate Manalucie verde almacenado a 12°C y 95 a 100% HR se comportó de la siguiente manera: 89% de tomate maduro y 6% de tomate muy maduro, con un promedio de pérdidas de peso de 3.8% durante 36 días. Fruta con buen sabor y color aunque reblandecida y con poco contenido de sólidos solubles en comparación a aquella fruta que se madura a temperatura ambiente (unos 28°C y 85% HR)

Condiciones recomendables de almacenamiento para fruta roja:

- 0°C y 85 a 90% HR por una a tres semanas
- 7.2 a 10°C y 85 a 90% HR por varios días
- 2 a 4°C y 85 a 90% HR por 2 a 4 semanas
- 7.2°C y 90% HR por 1 semana (VC lines)
- 0 a 1.7°C y 85 a 90% HR por 2 semanas (Sioux)

- 1 a 4°C y 90% HR por 19 días (Manalucie) si se mercadea rápidamente.

Las bajas temperaturas tienden a inhibir la reducción de la acidez, de manera que el almacenamiento de fruta verde primero a 10°C durante diez días, luego la maduración a 21°C durante dos a seis días y luego someterlo a temperatura de 10°C durante ocho a diez días es recomendable para producir fruta de más alta calidad.

Almacenamiento de atmósferas controladas en condiciones de 12.8°C de temperatura, 3% de O₂ y sin CO₂, mantienen el color y sabor de la fruta con características aceptables durante seis semanas. En otros ensayos a temperaturas de 12.8°C la fruta roja con 4 a 8% de O₂ con 1 a 2% de CO₂. En atmósferas con más de 4% de CO₂ o menos de 4% de O₂, el producto presentó una maduración desigual. Las condiciones óptimas de almacenamiento se encontraron a 12°C de temperatura con 5% de O₂ y 5% de CO₂ para frutas cosechadas en grado de madurez amarilla o pintonas. La fruta verde que pudo conservarse durante 14 a 21 días, en almacenamiento en frío, prolongó su vida de almacenamiento a 60 días. En almacenamiento hipobárico duro más de 100 días. Para fruta pintonas las cifras tomadas fueron de 10 a 12 días y 28 a 42 días respectivamente. La maduración después del almacenamiento hipobárico fue normal a excepción del aroma de la fruta que era inferior.

El enriquecimiento de la atmósfera con 200 ppm de etileno redujo el período maduración de la fruta verde en 2 días a temperaturas entre 18.3 y 20°C, con poco o nada de efecto sobre la fruta madura.

Los daños por frío se manifiestan en el producto en numerosas manchas o áreas de la superficie hundidas. Las frutas con una apariencia vidriosa y color rojo y que a su vez presenten un desarrollo atrofiado se consideran afectadas por daños por frío, estas se deterioran rápidamente al trasladarlas a temperaturas más altas.

Los hongos que producen desórdenes en almacenamiento del tomate se identifican como: *Colletotrichum phomoides* que causa la antracnosis; *Alternaria tenuis*, *Cladosporium herbarum*, *Curvularia Lycopersici*, *Drechslera austiliense*, *Fusarium spp.*, *Botrytis cinerea*, *Geotrichm candidum*, *Oospora lactis parasitica*, *Phoma destructiva*, *Phytophthora spp.*, *Pleospora herbarum* y *Holminthosporium spp.* Otros como *Erwinia carotovora* y *Xanthomonas viscarioria* son bacterias que también causan pérdidas en almacenamiento. Debido a que la presencia de estos cuerpos infecciosos dañan la fruta, se deben aplicar fungicidas en el campo. Así mismo debe tenerse cuidado en el acopio para evitar las magulladuras de la fruta. Los tratamientos de fruta en baños con fungicidas en la post-cosecha han sido recomendables, no se hace necesaria la aplicación de estos cuando se han efectuado fumigaciones en el campo o cuando la fruta ha sido acopiada con esmero.

10.14 BERENJENA - *Solanum melongena*, *Solanacea*

La fruta es una baya de forma ovoide oblonga, es colgante, muchas variedades son de color púrpura oscura, también se produce fruta de color blanco-amarillo veteado. La cosecha se efectúa cuando alcanzan un tamaño aceptable para el mercado; si ésta se retarda por mucho tiempo la fruta tiende a volverse insípida, semillosa y fibrosa.

Condiciones recomendables de almacenamiento:

- 7.2 a 10°C y 90% HR durante una semana
- 10 a 12.8°C y 93 % HR durante dos semanas con 9.6 en pérdidas

- 8.3 a 10°C y 85 a 90% HR durante cuatro semanas con 17.7% en pérdidas
- 0 a 4.4°C durante dos a cuatro semanas
- 10 a 15.6°C y 80 a 85% HR durante diez días
- 10°C y 75% HR durante cinco a ocho días con 3.1 a 3.6% en pérdidas.

A 7.2°C pueden presentarse daños por frío en forma de coloraciones internas oscuras, después de 32 días. Tanto los daños de enfriamiento como los altos niveles de CO₂ en la atmósfera de almacenamiento causan escaldado en la corteza, coloración pardusca, depresiones y deterioro excesivo. Estos desórdenes no se notan hasta no remover la fruta del almacenamiento. El uso de bolsas de poliestireno perforadas se recomendó para reducir la deshidratación y el marchitamiento. En condiciones simuladas de mercadeo (21°C y 65% HR) la calidad de la fruta se conservó durante dos días con un promedio de pérdidas de 1.5 a 2%.

Las pudriciones de almacenamiento son causadas por infecciones del *Gloeosporium melongenae*, causa la antracnosis y áreas hundidas de color amarillento. El *Phytophthora paradisitica*, produce áreas circulares embebidas de agua, y el *Diaporthe vexans*, que ocasiona la pudrición seca.

CAPITULO XI

PROCESAMIENTO DE FRUTAS y HORTALIZAS

Objetivo de la capacitación:

- Describir la variedad de procesos que pueden ser utilizados en los procesamientos de frutas y hortalizas.

Objetivos del aprendizaje:

- Entender la variedad de procesos que están disponibles para convertir la fruta fresca y hortalizas en una forma que prolonga su disponibilidad.
- Entender los principios involucrados en el procesamiento de frutos y cómo éstos se pueden lograr en la práctica.

Temas a considerar:

- Definición de procesamiento
- Causas de deterioro
- Ventajas del procesamiento
- La industria procesadora
- Técnicas de procesamiento
- Calidad de los productos procesados
- Deshidratación
- Jugo
- Tostado
- Procesamiento mínimo de la fruta.

CAPITULO XI

PROCESAMIENTO DE FRUTAS y HORTALIZAS

Las formas en las cuales las frutas y las hortalizas son comercializadas son:

Frescas

Es la forma en que éstas son cosechadas, son muy perecederas, es decir tienen una vida mercadeable corta, ejemplo: la fresa. O menos perecederas es decir pueden almacenarse y mercadearse, ejemplo: manzanas, papas. Estas pueden ser tratadas con químicos, lavadas, cepilladas o enceradas, pero aún retienen su característica de respiración.

Procesadas

El procesamiento se puede referir a cambios en la forma del producto vivo de tal manera que éstos pueden almacenarse durante algunos períodos de tiempo determinado o bien colocándolos en un ambiente en donde se deteriorará con menos rapidez. El procesamiento también puede considerarse como el cambio de la forma de un alimento de tal manera que éste sea más conveniente para el consumidor.

Minimamente procesadas

Esta etapa se halla entre las dos anteriores, en la cual las frutas y las hortalizas son limpiadas y preparadas para el consumo o cocción y luego empacadas de tal manera que tengan la suficiente vida útil para que puedan comercializarse.

11.1 CAUSAS DE DETERIORO

Los factores involucrados en el deterioro de las frutas y hortalizas son:

- Cambios químicos, principalmente las reacciones enzimáticas que se pueden presentar en las frutas frescas y hortalizas procesadas, aunque algunos procesos, pueden desactivar los sistemas de enzimas ejemplo: como el procesamiento térmico; le suministra a la fruta y hortaliza un ambiente que causa que los sistemas de enzimas funcionen lentamente o que no funcionen en absoluto y otros, ejemplo: deshidratación y el congelamiento.
- Organismos vivos que se hospedan en los alimentos, principalmente las bacterias y los hongos, pero los insectos, roedores, aves, virus y otros organismos pueden contribuir al deterioro.
- La contaminación ambiental y la aplicación de pesticidas bien sea durante la producción de la fruta u hortaliza o durante la post-cosecha pueden hacer que éstas se tornen no mercadeables o inaceptables, pero éstas no son formas de deterioro.

11.2 VENTAJAS DEL PROCESAMIENTO

Las principales razones para procesar frutas y hortalizas son las siguientes:

- Para almacenarlas por períodos más largos y prolongar el período de disponibilidad para los frutos de producción estacional

- Reducir pérdidas físicas
- Economía de escala, para que grandes cantidades puedan cultivarse y procesarse en el mismo lugar
- Seguridad, destruir las bacterias, etc., aunque lo inverso puede ser el caso en donde el procesamiento es ineficaz o inapropiado
- Mejorar sabor y/o apariencia, pero lo opuesto también puede ocurrir cuando el sabor y apariencia, especialmente la textura, se pierden durante el procesamiento
- Alimentos de conveniencia
- Extractos estabilizantes (café, etc.)
- Valor agregado.

11.3 LA INDUSTRIA PROCESADORA

Al conformar una industria procesadora es necesario considerar varios aspectos. Ello se debe a que se necesitan considerables cantidades de tiempo y dinero si se quiere que el negocio tenga éxito. Los costos involucran tecnología y mercadeo. Dentro de los factores a considerarse antes de establecer una empresa procesadora están los siguientes:

- Establecer la demanda potencial (disponibilidad y voluntad por parte del mercado para la compra del producto)
- Qué estándares y calidades del producto son aceptados
- Tipo de procesamiento que es más conveniente (enlatado, etc.)
- Abastecimiento de la materia prima - integración vertical con el cultivo
- La planeación de la producción que abarque todo el año (48 - 50 semanas)
- Contratación de mano de obra calificada
- Cómo afecta la empresa el abastecimiento local de productos frescos
- Sistema adecuado y apropiado para el depósito de basuras
- Conocimiento de riesgos y los factores de seguridad involucrados.

11.4 TECNICAS DE PROCESAMIENTO

Los mecanismos utilizados en la conservación de frutas y hortalizas son:

- Secado
- Congelado
- Salado
- Cristalizado
- Térmico
- Irradiación
- Fermentación
- Químico
- Empaque.

11.5 CALIDAD DEL PRODUCTO PROCESADO

La calidad es regida por la legislación y la aceptación del consumidor. La calidad del

producto procesado se ve afectada en gran parte por la materia prima utilizada para su producción.

Los factores que están involucrados en la calidad son: sabor, textura, apariencia, nutrición y contaminación. Estos se miden subjetivamente teniendo en cuenta la opinión del analista o paneles de degustación con los consumidores. Los métodos objetivos requieren técnicas analíticas de los alimentos que involucran:

- Medida física
- Medida química
- Bancos
- Rompevientos
- Sótanos
- Bodegas
- Enfriamiento evaporativo
- Ventilación nocturna
- Valoración microscópica.

El control de calidad es llevado a cabo en empresas procesadoras de frutas y hortalizas con los siguientes propósitos:

- Asegurar que las especificaciones dadas para las materias primas cumplan con los requerimientos
- Monitorear constantemente la calidad del producto para asegurar que éste permanezca constante o mejore
- Asegurar el mantenimiento de los estándares de higiene
- Asegurar la confianza por parte del consumidor con respecto a la seguridad y calidad del producto.

Los factores que pueden afectar la calidad incluyen:

- Manejo cuidadoso e higiénico de la materia prima para asegurar que haya un mínimo de contaminación con microorganismos. Esto incluye elementos como los contenedores que se utilizan para cosechar y transportar las frutas y hortalizas los cuales deben estar limpios y hechos de materiales que no sean susceptibles al ataque de microorganismos, por ejemplo el plástico. El manejo cuidadoso también puede afectar la calidad, como en el caso de los champiñones (hongos) que pierden color debido a la acción enzimática entre la cosecha y el blanqueo. Las naranjas que son cosechadas mecánicamente para jugos pueden perder sabor si no son procesadas rápidamente
- La velocidad del procesamiento después de la cosecha también puede ser un factor cuando se presenta un retraso, se debe utilizar el pre-enfriamiento y la refrigeración para reducir la tasa de deterioro de las frutas y hortalizas. Debe ser un objetivo general el reducir el período entre la cosecha y el procesamiento, por ejemplo los espárragos se pueden tornar fibrosos si hay un retraso después de la cosecha
- La maduración puede ser necesaria antes del procesamiento de una fruta, por ejemplo en mangos, bananos y peras para asegurar que sean de óptima calidad antes de procesarlas

- Las condiciones del almacenamiento pueden afectar la calidad del producto; por ejemplo, en papa, bajo condiciones no convenientes de almacenamiento, pueden afectar impidiendo la hidrólisis del almidón, pero puede ser posible reconvertir los almidones de los tubérculos a 20°C por dos semanas del almacenamiento y antes del procesamiento para reducir el contenido de azúcar
- La madurez de cosecha afecta la composición química de las frutas y hortalizas y por lo tanto puede ser un factor importante en el procesamiento, especialmente con frutas y hortalizas no climatéricas, tal es el caso de la arveja en donde un probador de firmeza (tenderómetro) es utilizado para valorar el momento de cosecha
- Las condiciones de crecimiento pueden afectar la calidad, especialmente cuando se utilizan altos niveles de irrigación o de fertilizante. El clima en el cual se produce un fruto puede afectar su composición química y por lo tanto varía su calidad
- La variedad del cultivo es a menudo seleccionada por atributos particulares de procesamiento, por ejemplo tomates (Roma); cebolla cabezona para deshidratación; papa tostada (Récord); papa frita (Russet Burbank), por la forma - piña (*Cayena lisa*); los cítricos por el contenido de jugos
- Refrigeración - si hay un retraso en el procesamiento se utiliza la refrigeración para prevenir los cambios químicos, por ejemplo la pérdida de azúcar en el maíz dulce o la proliferación de esclerénquima en los espárragos.

11.6 EJEMPLOS DE METODOS DE PROCESAMIENTO APLICADOS A LAS FRUTAS Y HORTALIZAS

11.6.1 SECADO

Los principios de secado utilizados en la industria alimenticia se dan en tres categorías:

- Evaporación, cuando la energía es colocada en el material que se va a secar y el agua interna es convertida de su fase líquida a su fase de vapor
- Osmosis, cuando el agua es removida mientras aún está en su fase líquida
- Sublimación, cuando la energía es colocada en el material para congelarlo y luego se expone a más energía en forma de calor que convierte el agua de su fase sólida a su fase de vapor sin pasar por la fase líquida.

Evaporación

El secado con aire caliente ha sido utilizado durante siglos y van desde secadores solares hasta máquinas sofisticadas y complejas. La velocidad del secado puede afectar la calidad de la fruta y las hortalizas y es proporcional con:

- Temperatura
- Humedad
- Flujo de aire
- Turbulencia del aire
- Presión
- Tamaño de la partícula.

Los secadores solares van desde colocar el producto sobre una superficie, en una sola capa expuesta al sol y conectado a secadores que tienen colectores solares de energía para

incrementar la temperatura del aire y chimeneas para incrementar la velocidad del aire que pasa por la fruta u hortaliza que se está secando. El color del producto deshidratado puede verse afectado por causa de la exposición al sol de tal manera que algunos diseños de secadores solares exigen que la fruta u hortaliza se mantenga bajo sombra. (Diapositivas/fotografías 11.1, 11.2, 11.3).

Los secadores de cama profunda son recipientes que tienen como base una malla por la cual pasa el aire caliente a velocidades relativamente lentas, por ejemplo 0,5 m/s. Son secadores de bajo costo, a menudo utilizados para productos terminados (reducir el contenido de humedad a 3% o 6%) que han sido secados por otros medios. La mayoría de los secadores son aislados para reducir la pérdida del calor, tienen una recirculación de aire controlado e incluso tienen intercambiadores de calor para recuperar calor del escape.

Los secadores de gabinete constan de un gabinete que tiene unas bandejas no muy profundas (de 2 a 6 cm) con una malla en su parte inferior. El aire circula por el gabinete de 0,5 a 5 m/s a través del área de la bandeja. Son secadores de bajo costo utilizados a pequeña escala. (Diapositiva/fotografía 11.4).

Los secadores con banda transportadora son unas correas con malla en donde se coloca los alimentos a deshidratar con una profundidad de 5 wcm. a 15 cm. y se pasan por un fluido de aire que va hacia arriba y luego por un fluido de aire que va hacia abajo. También se utilizan secadores de segunda y tercera fase, lo que pueden dar un secado más uniforme. El secado con lecho de espuma se efectúa de la misma manera con excepción de que se le agrega un estabilizador al producto y éste es agitado para agregarle aire al producto. Usualmente se coloca en la banda transportadora en capas muy delgadas (6mm) para que el secado pueda ser más rápido.

Los secadores con lecho fluidizada son similares a los secadores con lecho profundo, con la diferencia que el aire pasa por éstos a altas velocidades. El producto se clasifica cuidadosamente antes de introducirse en la base y la velocidad del aire se controla para mantener el producto en suspensión. Los productos se comportan como un fluido.

Los secadores por atomización (rocío) éstos son utilizados para secar líquidos o purés y consisten de una torre alta con una boquilla atomizadora por la cual se introduce el líquido a la torre. El goteo debe ser de la forma más reducida posible para lo cual se han diseñado atomizadores patentados. El diseño es un secador concurrente en el cual se introduce líquido por la parte superior de la torre y el aire caliente se introduce por la parte inferior de la torre de tal manera para que las gotas caigan y estén expuestas al aire caliente que se mueve hacia arriba. A medida que las gotas caen éstas son secadas para que cuando lleguen a la parte inferior tengan un contenido bajo de humedad. Si la torre es muy angosta o la boquilla atomizadora no está ajustada debidamente, o la velocidad del aire está muy alta, entonces el goteo puede depositarse en las paredes internas de la torre, lo que no es recomendable. Todos estos factores, incluyendo la temperatura y la altura de la torre tienen que planearse cuidadosamente y ajustarse para asegurar el logro de un producto conveniente.

Los secadores de tambor, se utilizan para purés espesos y consiste en mover lentamente los tambores calentadores por encima de la sección en donde se coloca el puré. Los tambores son hechos de metal y calentados a través de diversos medios. La temperatura

de la superficie del tambor y la velocidad de la revolución se ajustan al producto como también el contenido de humedad que se requiere al final. Tienen diferentes formas para suministro del puré : "alimentación por parte superior", "alimentación por parte inferior" o "alimentación por chapoteo", y pueden utilizar secadores de un sólo tambor o con doble tambor. Cuando el puré está seco éste se extrae utilizando cuchillos o raspadores. La mayoría de los productos se secan con presión atmosférica pero hay algunos diseños disponibles en donde todo el tambor es encerrado en una nave de presión y se aplica un sistema de vacío.

Deshidratación osmótica

Las frutas deshidratadas y secadas directamente utilizando los secadores de bandeja o sistemas de vacío convencionales son sanos, nutritivos y aceptables pero, en general, han carecido de aceptación popular ya que los productos no tienen el sabor, color y textura de la fruta original incluso después de la deshidratación. Sin embargo, el uso del principio osmótico para la deshidratación se dice que da como resultado productos con un mejor sabor y apariencia a un bajo costo comparativo con aquellos que fueron deshidratados, utilizando otros métodos. (Diapositivas/ fotografías 11.5, y 11.6).

La deshidratación osmótica es una técnica para la concentración de sólidos colocando trozos de frutas u hortalizas en una solución hipertónica deshidratante, compuesta por azúcares, cloruro de sodio, sorbitol y glicerol, en la que se observan por los menos dos flujos contra-corriente simultáneos, un fluido de agua importante que sale del alimento y va hacia la solución y el otro una transferencia simultánea de solvente de deshidratación que proviene de la solución y va hacia el alimento. La inmersión de los trozos de la fruta en soluciones acuosas concentradas, previene el contacto entre la fruta y el aire por lo que previene las reacciones de oxidación enzimáticas o no enzimáticas que causan la decoloración de la fruta.

Ejemplo del banano

- Madurar la fruta hasta que este totalmente amarilla
- Pelar
- Tasajear a un grosor de 6 mm
- Sumergir en jarabe de azúcar de 57 a 70° brix a temperatura ambiente (20°C)
- Remover después de 8 a 10 horas
- Dejar escurrir en la bandeja inclinada
- Rociar con agua potable para remover el exceso de azúcar
- Colocar en un horno al vacío durante cinco horas aproximadamente (65°C y 70°C y 10 mm Hg)
- Reducir la temperatura a 21°C o a 24°C y liberar lentamente el vacío
- El contenido máximo de humedad debe estar en 2.5%
- El empaque debe hacerse en un recipiente permeable o película plástica también permeable.

Tratamiento con glicerol para el apio

Cuando el apio es cortado transversalmente y equilibrado con soluciones de glicerol antes

de la deshidratación, se reportó que el tratamiento con glicerol, el cual es similar a la deshidratación osmótica, producía una calidad mejorada de producto rehidratado.

Liofilización (secado por congelación y sublimación)

Separa el agua de un alimento sometido a una congelación rápida que convierte el agua en hielo, el cual se elimina posteriormente mediante un ligero calentamiento al vacío que lo transforma directamente en vapor (sublimación), dejando el material sólido de la fruta u hortaliza, la que tendrá entonces buenas cualidades de rehidratación. Los factores que afectan este proceso son:

- La presión en la cámara de secado, la cual debe de estar a su nivel más bajo, desde el punto de vista económico. Las moléculas de vapor de agua constantemente abandonan el hielo, y a presión normal la mayor parte de estas moléculas chocan con el aire y retornan por rebote
- La temperatura del condensador a vapor debe de estar en su nivel más bajo, desde el punto de vista económico
- La temperatura del hielo en el punto de sublimación debe de estar en su nivel más alto. Sin embargo, si la temperatura del hielo está demasiado alta, los alimentos se derriten y restringen la transferencia a vapor. Por ejemplo : la temperatura a la cual se derrite un 25% de extracto de café es de 20°C. A medida que se reduce la temperatura del producto se pierden menos moléculas del punto de sublimación porque hay menos disponibilidad de energía. (Diapositivas/fotografías 11.7 y 11.8)
- El movimiento del aire alrededor del frente de sublimación para arrastrar las moléculas de agua al secador
- El grosor del material que se va a secar, pues los poros en los alimentos en donde el agua ha sido removida se llenarán rápidamente con vapor de agua. Entonces entre más corto sea el camino hacia la superficie, más corto va a ser tiempo de secado
- El método de calentamiento o entrada de energía en el producto
- La conducción depende de los gradientes y por lo tanto sólo es conveniente para las capas delgadas del producto. Duplicar el grosor del producto puede incrementar su tasa de secado hasta cuatro veces
- La radiación no tiene gradientes termales pero si puede quemar la superficie seca. Sin embargo, si la superficie seca se remueve constantemente por medio de raspado, entonces se pueden lograr altos promedios de secado.

En la práctica lo que se requiere es una cámara con un bombeo al vacío, un bombeo para remover el aire y el vapor de agua, y un sistema de calentamiento para proveer el calor latente durante la sublimación. Esto se logró inicialmente en sistemas de lotes (batches) pero en la práctica comercial se utilizan procesos continuos cuando el producto es congelado se pulveriza y pasa por un transporte neumático hasta una pantalla en movimiento que está dentro de una cámara de vacío. En algunos modelos el artefacto que saca los trozos se sitúa en la cámara al vacío. Finalmente los pequeños trozos pasan por camas de calor y el producto se evacua por transporte neumático.

11.6.2 CONGELACION

Hay varios métodos que pueden ser utilizados dependiendo del tipo de producto, calidad y economía.

Inmersión

Este fue el primer método de congelación que se utilizó, fue patentado en 1842. Involucró la inmersión del producto en una mezcla de hielo y sal o hielo y azúcar. Sin embargo, el último de estos dos casos puede ser viscoso, dependiendo de la concentración de azúcar que se utilice y la sal normalmente no se puede utilizar en las frutas debido a su sabor. Seguidamente se utilizaron el hielo y el glicerol. La temperatura mínima del producto congelado por inmersión es restringida y por lo tanto su vida máxima de almacenamiento también. (Diapositiva/fotografía 11.9).

Indirecto

La congelación se logra colocando el producto en contacto con una superficie metálica, el otro lado del metal se enfría con salmuera o con otro refrigerante. El producto normalmente se empaca antes de congelarse y comúnmente, se utilizan placas de congelación continuas. Una desventaja es que todo el producto se congela dentro del paquete y la única forma de separarlo, en caso de que sólo se requiera una parte de él es por medio del descongelamiento. El congelamiento tiende a ser lento. Cuando las frutas y las hortalizas se congelan lentamente (ej: reduciendo la temperatura del interior del producto a -18°C durante seis horas o más), se formarán grandes cristales de hielo en el producto. Estos cristales pueden romper las paredes de las células y cuando el producto se descongele perderá líquido (por goteo) y también perderá su textura, particularmente ocurre en productos blandos como la fresa.

Congelamiento por túnel

Se pasa aire frío (usualmente entre -30°C y -40°C) rápidamente por los serpentines del sistema de enfriamiento y luego por el producto. Este probablemente es el método comercialmente más utilizado actualmente, pero la deshidratación del producto puede ser un problema. Para reducir la deshidratación los productos pueden ser empacados en materiales como el plástico antes de congelarlos, pero esto puede incrementar el tiempo de congelamiento o incrementar la energía que se requiere para congelar el producto.

Congelamiento rápido e individualizado (IQF)

En este sistema el producto pasa por un lecho fluidizado. Las velocidades del aire dependen de la masa del producto, usualmente son altas (2000 m/min). El enfriamiento puede lograrse introduciendo aire por las resistencias o con nitrógeno líquido y en tal caso el vapor de nitrógeno se circula a temperaturas que llegan a -160°C . El sistema IQF tiene la ventaja de enfriamiento rápido, por lo que resulta un producto de alta calidad cuando se descongela (el enfriamiento rápido se obtiene como resultado de la formación de pequeños cristales de hielo que se originan en las células del producto y que no afectan la integridad de la celda), y cada partícula de producto que se congela por separado significa que sólo la parte que se necesita es sacada del empaque. También el producto se puede vaciar fácilmente del empaque.

Congelamiento de la yuca

Un ejemplo de un proceso de congelamiento se observa en la yuca, a continuación se describen los siguientes procedimientos:

- Variedad
- El mercado prefiere una variedad que posea una buena pulpa blanca
- Madurez para cosecha
- Normalmente se da a los nueve meses después de la siembra, pero el tiempo de la cosecha no es crucial siempre y cuando tenga el tamaño requerido
- Método de cosecha
- Si los tubérculos van a ser procesados el mismo día de la cosecha, no se necesita tener un cuidado especial para la cosecha. Pueden arrancarse del suelo y se pueden utilizar tubérculos enteros o quebrados
- Preparación.

Al llegar al sitio de procesamiento, los tubérculos deben ser lavados, pelados cuidadosamente y cortados en tamaños apropiados y especificados por el importador. Estos deben almacenarse en tanques de agua limpia. El período de almacenamiento debe minimizarse hasta una hora aproximadamente porque en esta fase puede ocurrir decoloración por oxidación.

- Escaldado o Blanqueado
- Las porciones ya preparadas deben sumergirse en agua caliente rápidamente (100°C) de 4 a 6 minutos, dependiendo en el tamaño de las porciones
- Sellado
- Después del escaldado coloque las porciones en un cedazo de alambre para eliminar agua y enfriar durante un minuto y luego colóquelas en bolsas plásticas de poliestireno de tamaño apropiado (que cumpla con la cantidad determinada por los requerimiento del importador) y séllelas
- Congelado
- Las bolsas ya selladas deben colocarse en bandejas y luego llevarse a un sistema de congelamiento por túnel. El intervalo entre el sellado y el congelamiento debe ser tan corto como sea posible, preferiblemente menos de una hora
- Empaque
- Inmediatamente después del congelamiento, los empaques deben colocarse en cajas de cartón de tamaño apropiado y almacenarse a una temperatura de - 20°C.
- Transporte
- El transporte debe realizarse en contenedores reefer a - 20°C.

11.6.3 PROCESAMIENTO DE JUGOS

El procesamiento de jugos se hace partiendo de una variedad de frutas y hortalizas. Los métodos de extracción y procesamiento varían con el tipo de fruta y el mercado. A continuación se describen los métodos más utilizados:

Jugo de naranja

Cuando la fruta llega a la fábrica éstas son descargadas y pasan por el siguiente proceso:

- Clasificación: Remoción de la frutas sobre maduras, verdes, dañadas y enfermas
- Se almacena durante el menor tiempo posible
- Sacar muestra y tomar grados Brix
- Lavado, fregando con un detergente en una lavadora rotatoria
- Enjuagar con agua potable
- Clasificar por tamaño
- Cortar cada fruta en dos
- Extraer jugo con exprimidor a presión. Estos deben ser rápidos y de un tamaño ajustable
- El acabado se hace al pasar por que es un tornillo sin fin con una malla cilíndrica con perforaciones de 0.5 mm. a 1.1 mm. El jugo pasa por este filtro dejando semillas y tejidos de la cáscara, etc.
- Se bombea el jugo hacia unos tanques de enfriamiento (4°C)
- Analizar los sólidos solubles totales y la acidez
- Mezcla el jugo con otras sustancias para garantizar una mezcla correcta de azúcar y ácidos. Si el jugo necesita dulzura, entonces se agrega el azúcar en este momento
- El jugo es aéreado para reducir el proceso de las enzimas oxidantes. Esto mejora la estabilidad y el sabor, pero puede reducir la vitamina C.
- Se extrae el aceite cuando sea necesario. El estándar de los Estados Unidos va hasta 0.03% aunque se necesitan pequeñas cantidades para dar sabor
- La pasteurización a 66°C es suficiente para destruir la mayoría de los organismos nocivos, pero se separa la parte de encima y el sedimento. Usualmente se utiliza 92°C durante 40 segundos para desactivar las enzimas
- El enlatado: Se logra a temperaturas que van desde 82°C hasta 92°C, durante dos o tres minutos luego se enfría a una temperatura aproximada de 35°C con un rocío de agua.

Jugo de limas

El método de extracción es diferente al de la producción de jugo de naranja o de toronja, porque es importante recuperar el aceite de la lima como también el jugo. Un proceso típico consiste en:

- La cosecha se realiza manualmente en cajas o canastillas. Esta es una operación que quita tiempo ya que la fruta es pequeña y se encuentra en todo el árbol. Los árboles tienen espinas lo que hace que el trabajo sea incómodo. La madurez preferida para la cosecha se conoce cuando la cáscara de las frutas estén al punto de tornarse totalmente amarillas
- Transporte: La fruta se carga en sacos de 25 kg. para su transporte a la fábrica
- Envío: Los sacos se colocan en un área de almacenamiento de la fábrica con piso de concreto hasta que se requiera su uso. El sistema debe garantizar que la primera

fruta enviada debe ser la primera en procesarse aunque las limas se pueden almacenar durante un día o más en condiciones ambientales tropicales sin causarle daño a la fruta

- Inspección: En algunas fábricas los sacos se descargan en un contenedor y pasan por una línea clasificadora en donde se descartan las frutas dañadas o enfermas, luego pasan por unos cepillos lavadores para limpiar con agua potable. En algunas fábricas la fruta únicamente se saca de los sacos de envío y se colocan en un piso de concreto para la inspección y no se lavan
- Trituración: La fruta se pasa por tres rodillos de granito en donde se extrae el jugo y el aceite y los residuos de la cáscara se separan
- Transferencia: El jugo, el aceite, etc., se bombea pasando por un filtro (malla tipo mosquitero, en muchos casos) hasta llegar a un tanque de sedimentación que está hecho tradicionalmente de madera
- Separación: La mezcla permanece en el tanque de 14 a 20 días y se separa en tres capas. La capa del medio es el jugo que luego sale al abrir una válvula
- Jugo: El jugo se introduce en unos barriles de 45 galones (usualmente de plástico) se llenan hasta un 95% (43 galones) para así permitir la expansión. Se agrega metabisulfito de sodio como preservativo y luego se almacena y exporta
- Extracción del aceite: El residuo que queda en los tanques de sedimentación se bombea hacia un sistema de destilación en donde se calienta y se condensa el vapor en frascos de Florentine. El aceite se separa en la parte superior del agua destilada, y luego se saca y se embotella
- Se pueden utilizar químicos para reducir la oxidación: ácido ascórbico, ácido cítrico.

Jugo de manzana

Los compresores de jugo deben remover una cantidad máxima de jugo con un mínimo de contenido de sólidos de piel o corazón.

Esto se logra reduciendo la compresión. También es importante incrementar la presión lentamente para evitar la formación de una masa impenetrable y densa.

Los factores que influyen en la producción del jugo son:

- Madurez de consumo de la fruta
- La ruptura estructuras de las células y el espesor de los sólidos prensados
- Resistencia de la fruta a la deformación mecánica al de incremento de presión
- Duración de la presión aplicada
- Máxima de presión aplicada
- Temperatura y viscosidad del líquido.

11.6.4 PAPAS FRITAS Y PAPAS A LA FRANCESA

El pasaboca más popular es la papa frita. También se hacen productos fritos de una amplia variedad de frutas y hortalizas incluyendo plátanos, zanahoria, batata, ñame y remolacha. El proceso básico es similar, y el siguiente es un método utilizado para la papa frita:

- La calidad de la materia prima debe ser uniforme y los tubérculos de forma regular,

(de más de 40 mm) con piel limpia y ojos superficiales; que no posea daños físicos, enfermedades internas, enverdecimiento, ablandamiento, la gravedad específica debe estar lo más alta posible (preferiblemente a un mínimo de $1.085 = 21\%$ materia seca) y la del contenido de azúcar reductores de 0.25% y preferiblemente 0.1% .

- Clasificación: Esta se realiza en la fábrica; pasando por una banda transportadora para la clasificación y remoción manual de desechos, luego pasan por un lavado/cepillado y van a un separador de gravedad para remover piedras
- Pelado: Este se hace aplicando unos chorros de vapor a la superficie del tubérculo seguido por una remoción abrasiva de la piel, luego cepillado y finalmente un rocío con agua. Los tubérculos luego pasan a lo largo de una banda transportadora para una inspección visual y un pulimiento manual. Los tubérculos pueden guardarse por periodos cortos en soluciones de SO_2 metasulfito de sodio
- Tasajeado: Este se hace buscando un grosor deseado, seguido por un lavado para remover el exceso de almidón en las superficies de las rodajas
- Escaldado: Se hace en vapor de agua de 71 a 93°C durante 3 a 4 minutos dependiendo del grosor de las rodajas, seguido por un secado y por agitación en un túnel de aire
- Frito: Se hace colocando el producto en una banda transportadora y pasándolo por un baño de aceite (usualmente se mantiene de 170 a 200°C). El aceite circula constantemente a través de un calentador y un filtro y el tiempo de cocción se controla cuidadosamente
- El escurrido de grasa de la papa frita se hace agitándolas en un túnel de aire caliente, pasándolas luego por un tambor mezclador en donde se pueden introducir sabores o sal espolvoreando y al mismo tiempo se enfrían
- Empaque: Este se lleva a cabo inmediatamente después de enfriar, y se hace en empaques laminados que son diseñados para evitar la entrada de oxígeno y humedad.

Estas papas fritas también se hacen de puré de papa de donde se pueden hacer papas fritas de forma circular, ovalada, etc.

El aceite se reduce durante y después del proceso para liberar los ácidos grasos que luego se tornan rancios, lo que afecta el sabor. La reducción de oxidantes del aceite se hace más rápida a temperaturas más altas, especialmente utilizando temperaturas de cocción (170 a 200°C). Sin embargo, cuando la papa se frita hay una capa de vapor que protege que el aceite entre en contacto con el oxígeno del aire y así el aceite no se reduce. Cuando el aceite se calienta o se enfría después de la operación, se coloca una tapa de cobre en la superficie lo que ayuda a reducir la oxidación. En una fábrica comercial de papa frita el cambio de aceite se hace entre 8 y 10 horas de tal manera que hay muy poco problema de oxidación.

El enranciamiento se puede presentar durante el mercadeo y el almacenamiento como una reacción oxidante no enzimática. Para solucionar este problema se pueden utilizar antioxidantes. Los más comunes son antioxidantes de calor estable. BHA butylated hydroxyanisole (E320). BHT butylated hydroxytoluene (E321).

Sin embargo, es posible con empaques herméticamente sellados purgar el empaque de oxígeno aplicando dióxido de carbono o nitrógeno y por lo tanto evitando la necesidad de

antioxidantes. Con el desarrollo de técnicas de empaque modernas el uso de aditivos antioxidantes es muy escasa.

Los factores que afectan el contenido de aceite de la papa frita son:

- La gravedad específica (o el contenido de materia seca) de la papa debe ser alta. Entre más alta menos se presentará absorción de aceite, por ejemplo con una reducción de $\pm 2.5\%$ de materia seca hay un incremento de consumo de 6 a 8 % de aceite como resultado. El alto contenido de materia seca en la papa también influye en el tiempo de cocción, reduciéndolo y ahorrando energía
- Secado parcial de las tajadas antes de freír. Esto es particularmente importante cuando las tajadas han sido lavadas para remover granos de almidón de la superficie o si han sido guardadas en un tanque antes de freír
- El lavado de las tajadas con agua caliente se hace para reducir el contenido de azúcar y para mejorar su color de cocción, pero este tratamiento puede incrementar la absorción de aceite. Sin embargo, el tratamiento con cloruro de sodio caliente redujo la penetración de aceite (2 minutos en 7.5% de cloruro de sodio a 85°C). Por lo que no hubo necesidad de agregarle sal a las papas después.
- El grosor de las tajadas afectan la absorción de aceite. Entre más gruesa sea la tajada menos contenido de aceite va a tener. Los efectos de los diferentes tipos de manteca (grasa) varían, pero en general, se puede concluir que la absorción de las grasas son similares a los diferentes aceites vegetales de diferentes tipos.
- La temperatura y el tiempo de cocción pueden afectar la absorción de aceite. Usualmente entre más alta esté la temperatura más corto va a ser el tiempo de cocción y va a haber menos absorción de aceite. Sin embargo, la adición de aceite no se incrementa hasta que la temperatura de cocción esté por debajo de 120°C, pero frente a este hecho se presentan diferentes opiniones. En otras investigaciones con temperatura de 200°C hasta 170°C algunas personas dice que no hay efecto, otras dicen que incrementa la absorción de aceite.

Banano frito (snack)

En escala comercial, este pasaboca se hace en una línea de procesamiento semiautomática. Los bananos o plátanos no maduros (duros y verdes) se pelan y se cortan tajadas de 1/15 a 1/30 pulgada de grosor (1.2 mm a 0.8 mm). Las tajadas necesitan tener una superficie suave con fracturas mínimas de las células o de maceración y deben tener un grosor homogéneo. Las tajadas que tienen superficie tosca pueden absorber más aceite, lo que no es deseado. Los cuchillos que son utilizados para el tasajeado deben permanecer con buen filo. Las tajadas se lavan luego bajo presión para remover el almidón y separar las tajadas unas de otras. Después del lavado, las tajadas se secan para quitar la humedad en la superficie y por lo tanto reducir el tiempo de cocción. Esto puede lograrse pasándolas por unos rodillos de caucho y aplicándoles aire comprimido. (Diapositivas/fotografías 11.10 a 11.12).

La cocción se hace continuamente o por tandas. Los aceites que se utilizan para la cocción pueden ser de soya, de maíz, palma de aceite o de semilla de algodón. Se pueden agregar antioxidantes al aceite para retrasar su ranciado. Las temperaturas iniciales en la fuente de calor son de 177 a 190°C y al terminar deben de estar entre 160 y 174°C. El sometimiento

de las tajadas a tiempo/temperatura del aceite se determina en la fábrica, pero el tiempo de cocción dura unos pocos minutos. Después de freír, las tajadas deben tener un contenido de humedad de 1.5 a 2%. La temperatura en la cual se fríen y el tiempo de fritura afectan su contenido de aceite, apariencia, textura y sabor. Esto se debe determinar por experimentación antes de comenzar el proceso comercial. El frito luego se empaca en bolsas anti-humedecedoras para evitar la entrada de humedad y por consiguiente que pierdan su crocancia.

Las especificaciones para la producción del frito, suministradas por una empresa procesadora fueron:

- De color blanco o de ámbar claro
- Sabor a limpio con olor típico del producto
- Contenido de humedad, 3% máximo
- Grosor de la tajada 2.5 a 3 mm
- Ningún material extraño
- Ninguna señal visible de infestación o daño de insectos
- Grasa máxima 40%
- Aditivos naturalmente puros y libres de preservativos, ácidos, azúcares, sabores y coloración
- Cumplimiento con los requerimientos de la UE y la USDA/FDA referentes a la contaminación ocasionada con los materiales tóxicos en los alimentos y residuos de plaguicidas
- Microbiológico
- Conteo de placa de contaminación estándar a 22°C <10,0001 g-1
- Coliformes <11g-1
- Colí <3 g-1
- Moho y levadura <11 g-1
- Salmonella ausente en 1 g
- Staphylococcus <10-1.

11.6.5 PURE

El puré se logra al mezclar o al pulverizar la pulpa de fruta u hortaliza para hacer una pasta espesa. Esta se puede consumir en fresco, procesarse por congelamiento o mediante temperatura, etc., o también se puede utilizar en la fabricación de otros alimentos como tortas y compotas.

Especificaciones para el puré de banana

Generales. El puré se produce en su totalidad del banana a una madurez óptima. Se obtiene por maceración y por homogeneización de la pulpa que luego se esteriliza y se empaca en bolsas, utilizando el sistema bolsa en caja de Scholle. Luego todos los grupos se codifican para su identificación.

Estándares físicos y características

- Deberá poseer un color crema claro característico del maduro libre de coloraciones rosadas o cafés
- Deberá tener un sabor característico del maduro libre de sin-sabores extraños o de malos olores
- Deberá estar libre de cáscara, ramas, hojas o cualquier otra materia extraña
- El peso neto de los contenidos no debe ser menos que el que se escribe en la parte externa del contenedor.

Estándares químicos

- Sólidos solubles totales 23% -26%
- Azúcar (invertido total) 16% -22%
- El producto tiene como garantía ser un puré natural libre de preservativos, sabores, azúcares, antioxidantes, ácidos y colores
- Cumplir con lo requerimientos actuales del Reino Unido referentes a sustancias tóxicas en los alimentos. Los residuos plaguicidas deberán cumplir con los límites existentes de la USA/FDA.

Estándares microbiológicos

- El conteo de moho Howard no debe exceder el 40% de campos positivos.
- El puré no debe contener ningún constituyente visible que sea nocivo para el producto
- Levadura y moho - ausente
- Empaque: El empaque estándar corresponde a una bolsa aséptica de 15 galones que se introduce luego en una caja; también se podrán producir empaques de 6 galones en el futuro.

11.6.6 FRUTAS Y HORTALIZAS SEMI-PROCESADAS

Hay una variedad de frutas y hortalizas frescas que se utilizan para esto, pero en la actualidad la fruta que más se utiliza es la piña. Las ventajas de este método son las de proveer un producto conveniente que no requiera de preparación y que la fruta que se utilice para este fin pueda cosecharse en su estado óptimo de maduración. Un método de preparación es el que se describe a continuación:

- Fruta: Seleccione únicamente frutas que tengan el grado de madurez apto para la cosecha
- Preparación: Pele la fruta y corte tajadas de 1 cm de grosor. No remueva el corazón
- Tratamiento vitamínico: Inmediatamente después del tasajeado, estas tajadas deben colocarse en vitamina C fría (2% solución de ácido ascórbico) durante dos minutos
- Preparación del tratamiento vitamínico: Esta solución se hace pesando 20 gr de ácido ascórbico por litro de agua potable. Esto se coloca en un tanque, junto con bolsas de poliestireno y con hielo para mantener la solución fría
- Empaque: Cuando se saquen del tratamiento vitamínico, se retira el exceso de humedad de la superficie de la fruta y las tajadas se colocan en bolsas de poliestireno de calibre 150, 20 x 20 cm e inmediatamente se sellan al vacío y luego se colocan en un hidrogenfriador para reducir la temperatura a 2°C. Esto debe tomar de 10 a 15

minutos

- Almacenamiento: Las tajadas empacadas deben colocarse en cajas de icopor sin tapa a una temperatura de 0°C.
- Transporte.

Para el mercado local. Es esencial que la fruta llegue al mercado a través de una cadena en frío. Después de que la fruta sea pre-enfriada ésta se mantendrá lo más cerca posible a esta temperatura, mientras se transporta o cuando se encuentra en las góndolas.

Exportación por avión. Se debe colocar hielo o hielo seco en cada caja con tapa aislada para que luego pasen al vehículo refrigerado para su transporte al aeropuerto, y que se carguen lo más pronto posible en el avión.

Exportación por vía marítima. Para el transporte marítimo las bolsas de fruta pueden empacarse cuidadosamente en cajas de cartón (5kg por caja) y, después del pre-enfriamiento se cargan en contenedores reefer. La temperatura debe mantenerse a 0°C durante el envío.

Vida útil. En algunos experimentos con tajadas de piñas éstas se han mantenido en buenas condiciones durante ocho semanas. Con otros experimentos el tiempo de almacenamiento sólo ha sido de una pocas semanas. Se necesita investigación para examinar la tasa de deterioro, calidad y seguridad de estos productos con diferentes variedades y en diferentes partes de la cadena de mercado.

Higiene. Es absolutamente importante mantener un alto nivel de higiene a lo largo de todas las fases de este proceso. La piña como todas las frutas es susceptible a contaminación bacterial de tal manera que se necesita mucho cuidado para evitar esta contaminación. Se deben remover las partes superiores e inferiores de la fruta y luego se lava en agua con cloro (75 ppm), antes de llevarse al área de procesamiento.

Las cajas que se utilizan para cargar la fruta al área de procesamiento, deben ser de material plástico y lavarse muy bien en agua con cloro antes de utilizarse.

Los trabajadores deben lavarse muy bien sus manos antes de entrar al área de procesamiento y utilizar overoles y gorros blancos y limpios.

Las superficies de preparación deben ser fabricadas de material plástico y mantenerse en estado limpio.

Los cuartos de preparación deben mantenerse con aire acondicionado, libres de moscas, polvo o cualquier otra contaminación.

Hidro-enfriador. Es esencial que se reduzca la temperatura de la fruta preparada tan pronto como sea posible. Estos hidro-enfriadores se pueden comprar o se pueden hacer con una bomba y una fuente de hielo.

Referencias

- Abdul-Karim, M.N.B., Nor L.M. and Hassan, A. 1993. The storage of sapadilla (*Manikara achras* L.) at 10, 15, and 20°C. *ACIAR Proceedings* 50, 443.
- Abdullah, H. and Pantastico, E.B. 1990. *Bananas*. Association Of Southeast Asian Nations-COFAF Jakarta Indonesia. 147 pp.
- Abdullah, H. and Tirtosoeotjo, S. 1989. *Association of southeast Asian Nations Horticulture Produce Data Sheets*. Association of Southeast Asian Nations Food Handling Bureau, Kuala Lumpur.
- Abe, Y. 1990. Active packaging - a Japanese perspective. In Day, B.P.F. Editor *International Conference On Modified Atmosphere Packaging Part 1 Campden Food and Drinks Research Association, Chipping Campden Gloucestershire G155 6LD United Kingdom*.
- Adamicki, F. 1989. Przechowywanie warzyw w kontrolowanej atmosferze. *Biuletyn Warzywniczy Supplement I* 107-113.
- Adesuyi, N. O. 1973. Advances in yam storage research in Nigeria. *Proceedings of the Third International Symposium on Tropical Root Crops*, Ibadan Nigeria.
- Aharoni, Y., Nadel-Shiffman, M. and Zauberman, G. 1968. Effects of gradually decreasing temperatures and polyethylene wraps on the ripening and respiration of avocado fruits. *Israel Journal of Agricultural Research* 18, 77-82.
- Ahrens, F.H. and Milne, D.L. 1993. Alternatieve verpakkingsmethodes vir see-uitvoer van lietsjes om SO₂-behandeling te vervang. *South African Litchi Growers' Association Yearbook* 5, 29-30.
- Akamine, E.K. and Goo, T. 1969. Effects of controlled atmosphere storage on Fresh papayas *Carica papaya* L. variety Solo with reference to shelf life extension of fumigated fruits. *Hawaii Agricultural Experimental Station, Honolulu, Bulletin* 144, 22 pp.
- Akamine, E.K. and Goo, T. 1973. Respiration and ethylene production during ontogeny of fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 98, 381-383.
- Akamine, E.K., Beaumont, J.H., Bowers, F.A.I., Hamilton, R.A., Nishida, T., Sherman, G.D., Shoji, K. and Storey, W.B. 1957. Passionfruit cultivars in Hawaii. *University of Hawaii Extension Circular*, 35 pp.
- Akinaga, T. and Kohda, Y. 1993. Environmental condition during air shipment of horticultural products from Okinawa to Tokyo. *Proceeding of ICAMPE '93 October 19-22 KOEX, Seoul, Korea, The Korean Society for Agricultural Machinery* 413-422.
- Al-Zaemey, A.B.S., Falana, I.B. and Thompson, A.K. 1989. Effects of permeable fruit coatings on the storage life of plantains and bananas. *Aspects of Applied Biology* 20, 73-80.
- Al-Zaemey, A.B.S., Magan, N. and Thompson, A.K. 1993. Studies on the effect of fruit coating polymers and organic acids on growth of *Colletotrichum musae* in vitro and on postharvest control of anthracnose of bananas *Mycological Research* 97, 1463-1468.
- Allen, F.W. 1953. The influence of growth regulator sprays on the growth, respiration and ripening of Bartlett pears. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 62, 279-298.
- Allsop, D.J. 1991. The non-destructive testing of apples for determination of harvest maturity. *MPhil thesis, Silsoe College, Cranfield Institute of Technology*. 104pp.
- Alper, Y., Erez, A. and Ben-Arie, R. 1980. A new approach to mechanical harvesting of fresh market peaches grown in a meadow orchard. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 23, 1084-1088.
- Amen, K.I.A. 1987 Effect of post-harvest calcium treatments on the storage life of guava fruits. *Assiut Journal of Agricultural Sciences* 18, 127-137.
- Amézquita García A. 1973. Almacenamiento refrigerado de frutas y hortalizas. *Departamento de Mercadeo, Prodesarrollo, Federacion Nacional de Cafeteros de Colombia, Bogota* 36pp.
- Amos, N.D., Cleland, D.J., Cleland, A.C. and Banks, N.H. 1993. The effect of coolstore design and operation on air relative humidity. *Proceeding of ICAMPE '93 October 19-22 KOEX, Seoul, Korea, The Korean Society for Agricultural Machinery* 433-442.
- Amuttirata, Doungporn and Passornsin, Walaiporn 1992. In Bhatti, M.H., Hafeez Ch., A., Jaggar, A. and Farooq Ch., M. Editors *Postharvest losses of vegetables*. A report on a workshop held between 17 and 22 October 1992 at the Pakistan Agricultural Research Council, Islamabad, Pakistan. Food and Agriculture Organization of the United Nations regional cooperation for vegetable research and development RAS/89/41.
- Anderson, R.E. and Hardenburg, R.E. and Vaught, H.C. 1963. Controlled atmosphere storage studies with cranberries. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 83, 416-422.
- Anon 1967. Recommended conditions for cold storage of perishable produce. *International Institute of Refrigeration, Paris Basic Publication* 100 pp.
- Anon 1968. Fruit and vegetables. *American Society of Heating, Refrigeration and Air-conditioned Engineering, Guide and Data Book* 361.
- Anon 1978. *Report of the steering committee for study on postharvest food losses in developing countries*. National Research Council, National Science Foundation, Washington D.C., United States of America 206pp.
- Anon 1980. Peaches, small is beautiful. *Economist*, May 24, 113.
- Anon 1987. Freshstainer makes freshness mobile. *International Fruit World* 45, 225-231.
- Anon 1987a. The role of the Potato Marketing Board in Great Britain. *Potato Marketing Board Leaflet* June 1987, 24 pp.
- Anon 1988. Shipping guide for perishables. *SeaLand Service Incorporated* PO Box 800 Iselin New Jersey, United States of America 26 pp.
- Anon 1988a. Standards for fresh fruits and vegetables. United Nations, New York vii + 398 + 5.
- Anon 1988b. Sanyo Technical Review, Japan 20 1 116
- Anon 1990. Solar-driven cold-store project. Final Report, Stork Product Engineering PO Box 379, 1000 AJ Amsterdam, The Netherlands. 44pp.
- Anon 1993. Future of Potato Marketing Scheme. Press release by the British Ministry of Agriculture Fisheries and Food 420/93, 30 November 1993.
- Anon 1993a. *The Fresh Produce Desk Book*. Lockwood Press Limited.
- Anthony, R.W.V. 1991. Electrostatic application of low volume sprays for postharvest treatment of bananas. *MPhil thesis Silsoe College, Cranfield Institute of Technology*.

- Apelbaum, A., Aharoni, Y. and Temkin-Gorodeiski, N. 1977. Effects of subatmospheric pressure on the ripening processes of banana fruits. *Tropical Agriculture Trinidad* 54, 39-46.
- Arjona, H.E., Matta, F.B. and Garner Jr., J.O. 1992. Temperature and storage time affect quality of yellow passionfruit. *Hortscience* 27, 809-810.
- Arpaia M.L., Mitchell, F.G., Kader A.A. and Mayer, G. 1985. Effects of 2 % oxygen and various concentrations of carbon dioxide with or without ethylene on the storage performance of kiwifruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 110, 200-203.
- Artes F Review: Innovaciones en los tratamientos físicos para preservar la calidad de los productos hortofrutícolas en la post-recolección. Pretratamientos térmicos. *Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 1995, 35: 1, 45-64
- Artschwager, E.F. 1927. Wound periderm formation in the potato as affected by temperature and humidity. *Journal of Agricultural Research* 35, 995-1000.
- Artschwager, E.F. and Starrett, R.C. 1931. Suberization and wound periderm formation in sweetpotato and gladiolus, as affected by temperature and humidity. *Journal of Agricultural Research* 43, 353-364.
- Asen, S., Parsons, C.S. and Stuart, N.W. 1964. Experiments aimed at prolonging Narcissus display life. *Florists Review* 134, 1-2.
- Askar, A., El-Nemr, S.E. and Bassionny, S.S. 1986. Aroma constituents in white and pink guava fruits. *Alimenta* 25, 162-167.
- Atkinson, D., Jackson, J.E., Sharples, R.O. and Waller, W.M. 1980. *Mineral nutrition of fruit trees*. Butterworths, London. 435 pp.
- Avissar, I., Marinansky, R. and Pesis, E. 1989. Postharvest decay control of grape by acetaldehyde vapors. *Acta Horticulturae* 258, 655-660.
- Banana Ripening Guide. 1972. Why Are Bananas Ripened Commercially? CSIRO Division of food Research circular 8, Food research Laboratory PO Box 52 North Ry Nsio 2113 Australia. 3-13.
- Bancroft, R.D. 1989. The effect of surface coating on the development of postharvest fungal rots of pome fruit with special reference to "Conference" pears. *PhD thesis, University of Cambridge*, 517 pp.
- Bandyopadhyay, C., Gholap, A.S. and Marmdapur, V.R. 1985. Characterisation of alkenyl resorcinol in mango *Mangifera indica* latex. *Journal of Agriculture and Food chemistry* 33, 377-379.
- Banks, N.H. 1984. Some effects of Tal prolong coating on ripening of bananas. *Journal of Experimental Botany* 35, 127-137.
- Banks, N.H. 1990. Factors affecting the severity of deflowering latex stain on banana bunches in the Winward Islands. *Tropical Agriculture Trinidad* 67, 111-115
- Barger, W.R. 1949. Further tests with vacuum precooling on fruits and vegetables. *United States of America Department of Agriculture Market Research Report* 244.
- Banger, W.R. 1961. Factors affecting temperature reduction and weight loss invacuum cooled lettuce. *United States of America Department of Agriculture Market Research Report* 469 20 pp.
- Banger, W.R. 1963. Vacuum precooling. A comparison of cooling of different vegetable. *United States of America Department of Agriculture Market Research Report* 600 12 pp.
- Barkai-Golan, R. and Phillips, D.J. 1991. Postharvest heat treatment of fresh fruits and vegetables for decay control. *Plant Disease* 75, 1085-1089.
- Barmore, C.R. 1987. Packing technology for fresh and minimally processed fruits and vegetables. *Journal of food Quality* 10, 207-217.
- Barnell, H. R. 1943. Studies in tropical fruits. Carbohydrate metabolism of the banana fruit during storage at 53°F. *Annals of Botany New Series* 9, 1-22.
- Batu, A. and Thompson, A.K. 1993. Effects of cross-head speed and probe diameter on instrumental measurement of tomato firmness. *Proceeding of ICAMPE '93 October 19-22 KOEX Seoul, Korea, The Korean Society for Agricultural Machinery* 1340.1345.
- Baumann, H. 1989. Adsorption of ethylene and carbon dioxide by activated carbon scrubbers. *Acta Horticulturae* 258, 125-129.
- Bautista, O.K. 1990. *Postharvest Technology for Southeast Asian Perishable Crops*. Technology and Livelihood Resource Center 302 pp.
- Been, B. O., Perkins, C. and Thompson, A. K. 1976. Yam curing for storage. *Acta Horticulturae* 62, 311-316.
- Been, B.O., Marriott, J. and Perkins, C. 1975. Wound epiderm formation in dasheen and its affects on storage. *Proceedings of the Caribbean Food Crop Society, Trinidad* 13.
- Been, B.O., Thompson, A.K. and Perkins, C. 1974. Effects of curing on stored yams. *Proceedings of the Caribbean Food Crops Society* 12, 38-42.
- Ben-Arie, R. and Guelfat-Reich, S. 1976. Softening effects of carbon dioxide treatment for the removal of astringency from stored persimmon fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 101, 179-181.
- Ben-Yehoshua, S., Kim, J.J. and Shapiro, B. 1989. Curing of citrus fruit, applications and mode of action. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 2 Other Commodities and Storage Recommendations* 179-196.
- Ben-Yehoshua, S., Kim, J.J. and Shapiro, B. 1989a. Elicitation of reistance to the development of decay in sealed citrus fruit by curing. *Acta Horticulturae* 258, 623-630.
- Berlage, A.G. and Langmo, R.D. 1979. Shake harvesting tests with fresh-market apples. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 22, 733-738, 745.
- Berwick, E.J.H. 1940. *Malayan Agricultural Journal* 28, 517.
- Best, R.A. 1993. The development of branding in the United Kingdom fresh fruit markets. *MSc thesis, Silsoe College, Cranfield University*.
- Biale J.B. and Young R.E. 1962. The biochemistry of fruit maturation. *Endeavour* 21, 164.174.
- Biale, J. B. 1950. Postharvest physiology and biochemistry of fruits. *Annual Review Of Plant Physiology*. I, 183-206.
- Biale, J.B. 1960. In Ruhland, W. Editor *Handbuch der Pflanzenphysiologie*. Springer Verlag, Berlin 12, 536.
- Biale, J.B. 1960. Respiration of fruits. *Encyclopedia of Plant Physiology* 12, 536-592.
- Biale, J.B. and Barcus, D.E. 1970. Respiratory patterns in tropical fruits of the Amazon basin. *Tropical Science* 12, 93-104.
- Birth, G.A. 1983. Optical Radiation. In Mitchell, B.W. *Instrumentation and measurement for environmental sciences*. American Society of Agricultural

Engineers Special Publication 13-82.

Birth, G.S. and Norris, K.H. 1958. An instrument using light transmittance for nondestructive measurement of fruit maturity. *Food Technology* 12, 592-595.

Birth, G.S., Dull, G.G., Magee, J.B., Chan, H.T. and Cavaletto, C.G. 1984. An optical method for estimating papaya maturity. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 109, 62-69.

Bishop, C.F.H. 1992. Energy efficiency of cooling systems for potato storage. *PhD thesis, Silsoe College, Cranfield University*.

Blackbourn, H.D., Jeger, M.J., John, P., and Thompson, A.K. 1990. Inhibition of degreening in the peel of bananas ripened at tropical temperatures. III changes in plastid ultrastructure and chlorophyll-protein complexes accompanying ripening in bananas and plantains *Annals of Applied Biology* 117, 147-161.

Blackbourn, H.D., John, P. and Jeger, M. 1989. The effect of high temperature on degreening in ripening bananas. *Acta Horticulturae* 258, 271-278.

Blankenship, S.M. and Sisler E.C. 1991. Comparison of ethylene gassing methods for tomatoes. *Postharvest Biology and Technology* 1, 59-65.

Blanpied, G.D. 1960. Guides used in determining maturity as an aid to picking, and the relative merits of each method. *105th Annual Meeting of the New York State Horticultural Society* 177-184.

Bleinroth, E.W., Garcia, J.L.M. and Yokomizo 1977. Conseracao de quatro variedades de manga pelo frio e em atmosfera controlada. *Coletanea de Instituto de Tecnologia de Alimentos* 8, 217-243.

Bliss, M.L. and Pratt, H.K. 1979. Effects of ethylene, maturity and attachment to the parent plant on production of volatile compounds by muskmelons. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 104, 273-277.

Blumenfeld, A. 1993. Maturation and harvesting criteria of avocado. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand July 1993*.

Blumenfeld, A. 1993. When to harvest - maturity standards versus harvesting indices. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand July 1993*.

Booth, R.H. 1975. Cassava storage. *The International Potato Centre, Lima, Peru. Series EE-16.*

Booth, R.H. 1977. Storage of fresh cassava *Manihot esculenta*. II simple storage techniques. *Experimental Agriculture* 13, 119-128.

Bowers, S.V., Dodd, R.B. and Han, Y.J. 1988. Nondestructive testing to determine internal quality of fruit. *The American Society of Agricultural Engineers. Paper 88-6569*.

Boyle, F.P., Seagrave-Smith, H., Sakata, S. and Sherman, G.D. 1957. *Hawaii Agricultural Experimental Station Bulletin* 111.

Brach, E. J., Phan, C.T., Poushinsky, B., Jasmin, J. J. and Aube, C. B. 1982. Lettuce maturity detection in the visible 380-720 nm far red 680-750 nm and near infrared 800-1850 wavelength band *Lactuca sativa. Agronomie Science Prod Veg. et de L'environ.* 2, 685-694

Brackman, A. 1989. Effect of different CA conditions and ethylene levels on the aroma production of apples. *Acta Horticulturae* 258, 207-214.

Bredmose, N. 1980. Effects of low pressure on storage life and subsequent keeping quality of cut roses. *Acta Horticulturae* 113, 73-79.

Brigati, S., Pratella, G.C. and Bassi, R. 1989. CA and low oxygen storage of kiwifruit: effects on ripening and disease. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 2 Other Commodities and Storage Recommendations* 41-48.

Broughton, W.J., Chan, B.E. and Kho, H.L. 1978. Maturation of Malaysian fruits. II. Storage conditions and ripening of banana *Musa sapientum* L. var "Pisang Emas". *Malaysian Agricultural Research and Development Institute, Research Bulletin* 7, 28-37.

Brown, G.E. and Albrigo, L.G. 1972. Grove application of benomyl and its persistence in orange fruit. *Phytopathology* 62, 1434-1438.

Buescher, R.W. 1977. Hardcore in sweetpotato roots as influenced by cultivar, curing and ethylene. *Hortscience* 12, 326.

Buescher, R.W., Sistrunk, W.A. and Brady, P.L. 1975. Effects of ethylene on metabolic and quality attributes in sweet potato roots. *Journal of food Science* 40, 1018-1020.

Burden, O.J. and Wills, R.B.H. 1989. *Prevention of Postharvest Food Losses : Fruits, Vegetables and Root Crops*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Training Series 17/2 157 pp.

Burg, S.P. and Burg, E.A. 1962. The role of ethylene in fruit ripening. *Plant Physiology* 37, 179-189.

Burg, S.P. and Burg, E.A. 1967. Molecular requirements for the biological activity of ethylene. *Plant Physiology* 42, 144-152.

Burg, S.P. 1973. Hypobaric storage of cut flowers. *Hortscience* 8, 202-205.

Burg, S.P. 1975. Hypobaric storage and transportation of fresh fruits and vegetables. In Haard, N. F. and Salunkhe, D. K. Editors. *Postharvest Biology and Handling of fruits and Vegetables*. A.V.I. Publishing Company Inc. Westpoint Connecticut United States of America 172-188.

Burg, S.P. 1993. Current status of hypobaric storage. *Acta Horticulturae* 326, 259-266.

Burg, S.P. and Burg, E.A. 1967. Molecular requirements for the biological activity of ethylene. *Plant Physiology*. 42, 144-152.

Burton, C.L. 1970. Diseases of tropical vegetables on the Chicago market. *Tropical Agriculture Trinidad* 47, 303-313

Burton, C.L., Tennes, B.R. and Levin J.H. 1974. Controlling market diseases of blueberries with a semi-commercial hot water treatment system. *Proceedings of the Third North American Blueberry Research Workers Conference*, Michigan State University, East Lansing, 189-202.

Burton, K.S. and Twynning, R.V. 1989. Extending mushroom storage life by combining modified atmosphere packaging and cooling. *Acta Horticulturae* 258, 565-571.

Burton, W.G. 1952. Studies on the dormancy and sprouting of potatoes. III. The effect upon sprouting of volatile metabolic products other than carbon dioxide. *New Phytologist* 51,154-61.

Burton, W.G. 1957 The dormancy and sprouting of potatoes. *Food Science Abstracts* 29: 1-12.

Burton, W.G. 1958 The effect of the concentration of carbon dioxide and oxygen in the storage atmosphere upon the sprouting of potatoes at 10 °C. *European Potato Journal* 1, 47-57.

Burton, W.G. 1961 The physiology of the potato: Problems and present status. *Proceedings of the first triennial conference of the European Association for Potato Research Braunschweig* 1960, 17-41.

- Burton, W.G. 1963. Concepts and mechanism of dormancy. In Ivins J.D. and Milthorpe, F.L. Editors. *The Growth Of The Potato*. Butterworth, London, 17-41.
- Burton, W.G. 1965 The sugar balance in some British potato varieties during storage. 1; Preliminary observations. *European Potato Journal* 8, 80-91.
- Burton, W.G. 1968 The effect of oxygen concentration upon sprout growth on the potato tuber. *European Potato Journal* 11, 249-65.
- Burton, W.G. 1972 The response of the potato plant and tuber to temperature. In A. R. Rees, K. E. Cockshull, D. W. Hand and R. G. Hurd Editors *Crop Processes In Controlled Environments*, Academic Press, London, 217-33
- Burton, W.G. 1973 Physiological and biochemical changes an the tubers as affected by storage conditions. *Proceedings of the Fifth Triennial Conference of the European Association for Potato Research, Norwich, England 1972*, 63-81.
- Burton, W.G. 1974. Some biophysical principles underlying the controlled atmosphere storage of plant material. *Annals of Applied Biology* 78, 149
- Burton, W.G. 1974. The oxygen uptake, in air and in 5 % oxygen, and the carbon dioxide out-put, of stored potato tubers. *Potato Research* 17, 113-37.
- Burton, W.G. 1982. *Postharvest Physiology Of food Crops*. Longmans Ltd London and New York, 339 pp.
- Burton, W.G. 1989 *The Potato*. Third edition, Longman Scientific and Technical, 742 pp.
- Burton, W.G. and Hannan, R.S. 1957. Use of gamma-radiation for preventing sprouting of potatoes. *Journal of the Science of food and Agriculture* 12, 707- 715.
- Butchbaker, A.F., Nelson, D.C. and Shaw, R. 1967. Controlled atmosphere storage of potatoes. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 10, 534.
- Cadiz, T.G. and Bautista, O.K. 1967. *Sweetpotato*. In Knott, J.E. and Deanon, J.R. Editors *Vegetable Production In South-East Asia*. University of the Philippines Press.
- Calara, E. S. 1969. The effects of varying carbon dioxide levels in the storage of "Bungulan" Bananas. *BS thesis, University of the Philippines*, Los Banos, Laguna.
- Cameron, A.C, Boylan-Pett, W and Lee, J 1989. Design of modified atmosphere packaging systems: modeling oxygen concentrations within sealed packages of tomato fruits. *Journal of food Science* 54, 1413-1421
- Campo, J.H. 1934. Studies on the storage requirements of chico. *Phillipine Agriculture* 23, 14
- Carlos, J. 1990. Hot water treatment for mango black spot. Spore 30, 11. Quoted by McIntyre, A.A. 1993. Optimizing hot water treatments for the control of fruit fly and anthracnose and the maintainance of quality in mango cultivars Julie and Long. *Mphil thesis University of the West Indies* 155 pp.
- Carrouche, P. 1991. The problem of temperature in palletised bananas. *MSc thesis, Silsoe College, Cranfield Institute of Technology*.
- Cayley, G.R., Hide, G.A., Lewthwaite, R.J., Pye, B.J. and Vojvodic, P.J. 1987. Methods of applying fungicide sprays to potato tubers and description and use of a prototype electrostatic sprayer. *Potato Research* 30, 301-317.
- Chachin, K. and Ogata, K. 1971. Effects of delay between harvest and irradiation and of storage temperatures on the sprout inhibition of onions by gamma radiation. *Journal of Food Science and Technology Japan* 18, 378.
- Chalutz, E. and Stahman, M.A. 1969. Induction of pisatin by ethylene. *Phytopathology* 59 1972-1973.
- Chalutz, E., Devay, J.E. and Maxie, E.C. 1969. Ethylene induced isocoumarin formation in carrot root tissue. *Plant Physiology* 44, 235-241.
- Chen, P. and Sun, Z. 1991. A review of non-destructive methods for quality evaluation and sorting of agricultural products. *Journal of Agricultural Engineering Research* 49, 85-98.
- Chen, P., Mccarthy, M.J. and Kauten, R. 1989. NMR for internal quality evaluation of fruits and vegetables. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 32, 1747-1753.
- Chen, P., Mccarthy, M.J., Kauten, R., Sarig, Y. and Han, S. 1993. Maturity evaluation of avocados by NMR methods. *Journal of Agricultural Engineering Research* 55, 177-187.
- Chen, P., Sun Z. and Huang, L. 1992. Factors affecting acoustic responses of apples. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 35 1915-1920.
- Chen, R.Y., Chang, T.-C., Liu, M.-S. and Tsai, M.J. 1989. Postharvest handling and storage of bamboo shoots *Bambuso oldhamii* Munro. *Acta Horticulturae* 258, 309-316.
- Chien Yi Wang and Zuo Liang Ji 1988. Absciscic acid and A.C.C. content of Chinese cabbage during low-oxygen storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 113, 881-883.
- Chien Yi Wang and Zuo Liang Ji 1989. Effect of low-oxygen storage on chilling injury and polyamides in Zucchini squash. *Scientia Horticulturae* 39, 1-7.
- Chien, C.Y and Kramer, G.F. 1989. Effect of low oxygen storage on polyamine levels and senescence in Chinese cabbage, zucchini squash and McIntosh apples. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 2 Other Commodities and Storage Recommendations* 19-28.
- Cho, S.I. and Krutz, G.W. 1989. Fruit ripeness detection by using NMR. *The American Society of Agricultural Engineers Paper* 89-6620.
- Choo, C.G. and Choon, S .C. 1972. Comparative evaluation of some quality aspects of banana *Musa acuminata* Colla. II. Juiciness and texture. *Malaysian Agricultural Research*. 1, 118.
- Choon S.C. and Choo, C.G. 1972. Comparative evaluation of some quality aspects of banana *Musa acuminata* Colla in flavour, sourness and sweetness. *Malaysian Agricultural Research*. 1, 54-59.
- Chuma, Y., Nakaji, K. and Okura, M. 1980. Maturity evaluation of bananas by delayed light emission. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 23, 1043
- Chuma, Y., Sein, K., Kawano, S. and Nakaji, K. 1977. Delayed light emission as a means of automatic selection of Satsuma oranges. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 20, 996
- Chuma, Y., Shiga, T. and Morita, K. 1980. Evaluation of surface color of Japanese persimmon fruits by light reflectance mechanized grading systems. *Journal of the Society of Agricultural Machinery* 42, 115-120.

of the American Society of Horticultural Science 60, 226-230.

Claypool, L.L., Maxie, E.C. and Esau, P. 1955. Effect of aeration rate on the respiratory activity of some deciduous fruits. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 66, 125-134.

Coates, L. and Gowanlock, D. 1993. Infection processes of *Colletotrichum* species in subtropical and tropical fruit. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand, July 1993*.

Coates, L.M., Johnson, G.I. and Cooke, A.W. 1993. Postharvest disease control in mangoes using high humidity hot air and fungicide treatments. *Annals of Applied Biology* 123, 441-448.

Cockburn J.T. and Sharples R.O. 1979. A practical guide for assessing starch in

Conference pears. *Report of East Malling Research Station for 1978* 215-216

Coffee, R.A. 1980. Electrodynamic spraying. Spraying systems for the 1980s. *British Crop Protection Council* 95-107.

Cohen, E., Lurie, S., Shalom, Y. 1988. Prevention of Red Blotch in degreened lemon fruit. *Hortscience*. 23, 864-865.

Cohen, E., Schiffmann Nadel, M. 1978. Storage capability at different temperatures of lemons grown in Israel. *Scientia Horticulturae*. 9, 251-257.

Coles, G.D., Lammerink, J.P. and Wallace, A.R. 1993. Estimating potato crisp colour variability using image analysis and a quick visual method. *Potato Research* 36, 127-134.

Cooke, R.D., Rickard, J.E. and Thompson, A.K. 1985. Nutritional aspects of cassava storage and processing. *Proceedings of the Sixth Symposium of the International Society for Tropical Root Crops*

Cooke, R.D., Rickard, J.E. and Thompson, A.K. 1988. The storage of tropical root and tuber crops - cassava, yam and edible aroids. *Experimental Agriculture* 24, 457-470.

Couey H.M. and Wells J.M. 1970. Low oxygen and high carbon dioxide atmospheres to control postharvest decay of strawberries. *Phytopathology* 60, 47-49.

Couey, H.M. and Uota, M. 1961. Effects of concentration, exposure time, temperature and relative humidity in the toxicity of sulfur dioxide to the spores of *Botrytis cinerea*. *Phytopathology* 51, 815-819.

Coursey, D.G. 1961. The magnitude and origins of storage losses in Nigerian yams. *Journal of the Science of food and Agriculture* 12, 574-580.

Coursey, D.G. 1967. Yams. Longmans, London.

Cox, M.A., Zhang, M.I.N. and Willison, J.H.M. 1993. Apple bruise assessment through electrical impedance measurements. *Journal of Horticultural Science* 68, 393-398.

Cox, S.W.R. 1988. Robotics in agriculture. In Reznicek, R. Editor *Physical Properties of Agricultural Materials and Products* Hemisphere Publishing Corporation Washington, New York, London, 47-52.

Crawford, I. and Selassie, H. 1993. Market information systems for fruit and vegetable marketing. *International Workshop of Agricultural Produce Wholesale Marketing Ministry of Agriculture Chengdu, Sichuan Province, China. 25 to 30 November 1993*.

Crucifix, D.C. 1990. Quality assessment of horticultural produce in the United Kingdom, August 1990, from member countries of the OECS. *Natural Resources Institute United Kingdom Report*.

Crucifix, D.C., Richards, F., McIntyre, A.A. and Bellot, C. 1989. Use of postharvest fungicide treatment to control market diseases of Julie mango in Dominica. *Final Report of a Two Year Assignment, Division of Agriculture Botanical Gardens, Roseau, Dominica*.

Curd, L. 1988. The design and testing using strawberry fruits of an ethylene dilution system. MSc thesis, *Silsoe College, Cranfield Institute of Technology*.

Czabaffy, A. 1984. Attempts to elaborate a non-destructive optical method of measuring cherry ripeness. *Acta Alimentaria* 13, 83-95.

Czabaffy, A. 1985. Attempts to elaborate a non-destructive optical method for measuring the ripeness of Magyar Kajszi apricots. *Acta Alimentaria* 14, 125-138.

Darko, J. 1984. An investigation of methods for evaluating the potential storage life of perishable food crops. *PhD thesis, Silsoe College, Cranfield Institute of Technology*.

Davies, D.H., Elson, C.M. and Hayes, E.R. 1988. N,O-carboxymethyl chitosan, a new water soluble chitin derivative. *Fourth International Conference on Chitin and Chitosan, 22-24 August 1988, Trondheim, Norway, 6pp*.

de Baerdemaeker, J. 1989. The use of mechanical resonance measurements to determine fruit texture. *Acta Horticulturae* 258, 331-339.

de Ruiter, M. 1991. Effect of Gases on the Ripening of Bananas Packed in Banavac. MSc thesis, *Silsoe College, Cranfield Institute of Technology*.

Deck, S.H., Varghese, Z., Morrow C.T., Heinemann, P., Sommer, H.J. and Tao, Y. 1991. Neural networks vs. traditional classifiers for machine vision inspection. *American Society of Agricultural Engineers* 913502

Dekazos, E.D. and Birth, G.S. 1970. A maturity index for blueberries using light transmittance. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 95, 610-614.

Dennison, R.A. and Ahmed, E.M. 1975. Irradiation treatment of fruits and vegetables. In *Symposium: postharvest biology and handling of fruits and vegetables*. AVI publishing Company Westport Connecticut, 118-129.

Denny, F.E. 1924. Hastening the coloration of lemons. *Journal of Agricultural Research* 27, 757-771.

Denny, F.E. and Thornton, N.C. 1941 Carbon dioxide prevents the rapid increase in the reducing sugar content of potato tubers stored at low temperatures. *Contributions of the Boyce Thompson Institute Pl. Research* 12, 79-84

Desai, B.B. and Deshpande, P.B. 1975. Chemical transformations in three varieties of banana *Musa paradisica* Linn. fruits stored at 20 °C. *Mysore Journal of Agricultural Science* 9, 634-643.

Devkota, Lok Nath and Ghale, Madhu Sudan 1992. In Bhatti, M.H., Hafeez Ch., A., Jaggar, A. and Farooq Ch., M. Editors *Postharvest losses of vegetables*. A report on a workshop held between 17 and 22 October 1992 at the Pakistan Agricultural Research Council, Islamabad, Pakistan. Food and Agriculture Organization of the United Nations regional cooperation for vegetable research and development RAS/89/41.

Dhillon, W.S., Bindra, A.S., Cheema, S.S. and Singh, S. 1992. Effects of graded doses of nitrogen on vine growth, fruit yield and quality of Perlette® grapes. *Acta Horticulturae* 321, 667-671.

Diaz Borrás, MA; Vila Aguilar, R Estudio de las condiciones de aplicacion en balsa del ortofenilfenato sodico en almacenes de comercializacion de citricos.

vegetables. AVI publishing Company Westport Connecticut, 118-129.

Denny, F.E. 1924. Hastening the coloration of lemons. *Journal of Agricultural Research* 27, 757-771.

Denny, F.E. and Thornton, N.C. 1941 Carbon dioxide prevents the rapid increase in the reducing sugar content of potato tubers stored at low temperatures. *Contributions of the Boyce Thompson Institute Pl. Research* 12, 79-84

Desai, B.B. and Deshpande, P.B. 1975. Chemical transformations in three varieties of banana *Musa paradisiaca* Linn. fruits stored at 20 °C. *Mysore Journal of Agricultural Science* 9, 634-643.

Devkota, Lok Nath and Ghale, Madhu Sudan 1992. In Bhatti, M.H., Hafeez Ch., A., Jaggar, A. and Farooq Ch., M. Editors *Postharvest losses of vegetables*. A report on a workshop held between 17 and 22 October 1992 at the Pakistan Agricultural Research Council, Islamabad, Pakistan. Food and Agriculture Organization of the United Nations regional cooperation for vegetable research and development RAS/89/41.

Dhillon, W.S., Bindra, A.S., Cheema, S.S. and Singh, S. 1992. Effects of graded doses of nitrogen on vine growth, fruit yield and quality of Perlette® grapes. *Acta Horticulturae* 321, 667-671.

Diaz Borrás, MA; Vila Aguilar, R Estudio de las condiciones de aplicacion en balsa del ortofenilfenato sodico en almacenes de comercializacion de citricos. *Alimentaria*, 1988, 25 : 194, 49, 51-52

Diener, R.G. and Fridley R.B. 1983. Collection and catching. In O'Brien, M., Cargill, B.F. and Fridley, R.B. Editors *Harvesting and Handling Fruits and Nuts* AVI Publishing Company Incorporated, Westport, Connecticut, United States of America 245-303 .

Dixie, G. 1989. *Horticultural Marketing*. Food and Agriculture Organization of the United Nations Agricultural Services Bulletin 76, 118 pp.

Doesburg, J.J. 1961. Some notes on development and maturation of fruits in relation to their suitability for storage. *Bulletin of the International Institute for Refrigeration Annex* 1961-1 29-34.

Dover, C.J. 1989. The principles of effective low ethylene storage. *Acta Horticulturae* 258, 25-36.

Dover, C.J. and Bubb, M. undated. Report on Ethysorb as an absorbant of ethylene. *Unpublished Report of East Malling Research Station, Maidstone, Kent*. 6pp.

Dover, C.J. and Stow J.R. 1993. The effects of ethylene removal rate and period in a low ethylene atmosphere on ethylene production and softening of Cox apples. *Sixth Annual Controlled Atmosphere Research Conference, Cornell University, Ithica, New York, United States of America*

Drake, S.H. and Spayd, S.E. 1983. Influence of calcium treatment on "Golden Delicious" apple quality. *Journal of food Science* 48, 403-405.

Dull, G.G. 1986. Non-destructive evaluation of stored fruits and vegetables. *Food Technology* 40, 106-110.

Dull, G.G., Birth, G.S., Smittle, D.A. and Leffler, R.G. 1989. Near infra-red analysis of soluble solids in intact cantaloupe. *Journal of food Science* 54, 393-395 .

Eaks, I.L. 1977. Physiology of degreening - summary and discussion of related topics. *Proceedings of the International Society for Citriculture* 1, 223-226.

Eaks, I.L. 1990. Change in the fatty acid composition of avocado fruit during otogeny, cold storage and ripening. *Acta Horticulturae* 269, 141-152.

Eaks, I.L. and Morris, L.L. 1956. Respiration of cucumber fruits associated with physiological injury at chilling temperatures. *Plant Physiology* 31, 308-314.

Eastman Kodak 1983. *Ergonomic design for people at work. Volume 1*. Lifetime Learning Publications, Belmont, California.

Eckert, J.W. 1969. Chemical treatments for control of postharvest diseases. *World Review of Pest Control* 8, 116-137.

Eckert, J.W., Rubio, P.P., Mattoo, A.A. and Thompson, A.K. 1975. Diseases of tropical crops and their control. In Pantastico, Er.B. Editor *Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and sub-tropical fruits and vegetables*. AVI Publishing Co., Westport, Conn., United States of America 415-443.

El Shiaty, M.A., Esawi, M.T. and Atwa, A.A. 1961. Studies on the storage of Egyptian lime fruit. *Agricultural Research Review, United Arab Republic* 46, 3

El-Ghaouth, A., Anul, J., Ponnampalam, R. and Boulet M. 1991. Use of chitosan coating to reduce water loss and maintain quality of cucumber and cell pepper fruits. *Journal of Food Process Preservation* 15, 359.

Engel, K.H., Heidlas, J. and Tressl, R. 1990. In Merton, I.D. and Macleod, A.J. Editors *Flavour Of Tropical Fruits In Food Flavours*. Elsevier 195-220.

Esguerra, E.B., Brown, E.O., Briones, J.P. and Lizada, M.C.C. 1984. Trial shipments of "SABA" bananas from South Cotabato to Manila. *Postharvest Research Note* 1, 110-112.

Esquerra, E.B. and Lizada, M.C.C. 1990. The postharvest behaviour and quality of "Carabao" mangoes subjected to vapor heat treatment. *Association of Southeast Asian Nations Food Journal* 5, 6-12.

Esquerra, E.B., Kawada, K. and Kitagawa, H. 1992. Removal of astringency in "Amas" banana *Musa* AA group with postharvest ethanol treatment. *Acta Horticulturae* 321, 811-820.

Ezeike, G.O.1. 1985. Experimental analysis of yam *Dioscorea* spp tuber stability in tropical storage. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 28, 1641-1645.

Faragher, J.D., Borochoy, A. and Halevy, A.H. 1983. Effects of low temperature storage on the physiology of carnation flowers. *Acta Horticulturae* 138, 269-272.

Ferris, R.S.B. 1991. Effects of damage and storage environment on the ripening of cooking bananas with implications for postharvest loss. *PhD thesis, Silsoe College, Cranfield Institute of Technology* 139 pp.

Ferris, R.S.B., Hotsouyame, G.K., Wainwright, H. and Thompson, A.K. 1993. The effect of genotype, damage, maturity and environmental conditions on the postharvest life of plantain. *Tropical Agriculture Trinidad* 70, 45-50.

Fideghelli, C., Cappellini, P. and Monasta, F. 1967. *Progr. Agric., Bologna* 13, 405

Fidler J.C. 1968. Low temperature injury of fruit and vegetables. *Recent Advances in Food Science* 4, 271-283.

Fidler J.C., Wilkinson, B.G., Edney, K.L. and Sharples R.O. 1973. The biology of apple and pear storage. *Commonwealth Bureau of Horticultural and Plantation Crops, East Malling, Maidstone, Kent*, Research Review 3 235 pp.

Fidler, J.C. 1963. Refrigerated storage of fruits and vegetables in the U.K., the British Commonwealth, the United States of America and South Aiiica.

Ditton Laboratory Memoir 93, 22 pp.

Finney, E.E. 1970. Mechanical resonance within red delicious apples and its relation to fruit texture. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 13, 177-180.

Finney, E.E. and Norris, K.H. 1973. X-ray images of hollow heart potatoes in water *American Potato Journal* 50, 1-8.

Flynn, J.E. 1979. The IES approach to recommendations regarding levels of illumination. *Lighting Designs and Applications* 9, 74-77

Forbus, W.R., Senter, S.D. and Chan, H.T. 1987. Measurement of papaya maturity by delayed light emission. *Journal of food Science* 52, 356-360.

Forbus, W.R., Senter, S.D. and Wilson, R.L. 1985. Measurement of tomato maturity by delayed light emission. *Journal of food Science* 50, 750

Gane, R. 1934. Production of ethylene by some ripening fruits. *Nature* 134, 1008.

Gane, R. 1936. A study of the respiration of bananas. *New Phytologist* 35, 383-402.

Garibaldi, E.A. 1983. Postharvest physiology of Mediterranean carnations: partial characterisation of a bacterial metabolite inducing wilt in flowers. *Acta Horticulturae* 138, 255-260.

Garrett, M. 1992. Applications of controlled atmosphere containers. . BEHR'S Seminare Hamburg 16-17 November 1992 Munich Germany.

Garrett, R.E. and Furry, R.D. 1974. Velocity of sonic pulses in apples. *American Society of Agricultural Engineers Paper* 71-331.

Garrett, R.E. and Talley, W.K. 1970. Use of gamma ray transmission in selecting lettuce for harvest. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 13, 820-23.

Geeson, J.D. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Acta Horticulturae* 258, 143-150.

Geeson, J.D., Browne, K.M. and Dennis, C. 1983. Carrots. Cashing in on ice banks for summer supplies. *Grower* 100, 49-52.

Geeson, J.D., Browne, K.M. and Everson, H.P. 1988. Storage diseases of carrots in East Anglia 1978-82, and the effects of some pre- and post-harvest factors. *Annals of Applied Biology* 112, 503-514.

Geeson, J.D., Browne, K.M. and Everson, H.P. 1989. Long-term refrigerated storage of swedes. *Journal of Horticultural Science* 64, 479-483.

Geeson, J.D., Browne, K.M. and Griffiths, N.M. 1991. Quality changes in sweetcorn cobs of several cultivars during short-term ice-bank storage. *Journal of Horticultural Science* 66, 409-414.

Genay, J-P. 1991. Efficiency of the microstat sprayer in the control of the crown rot of harvested green bananas. *MSc thesis, Silsoe College, Cranfield Institute of Technology.*

George, J.B. 1981. Storage and ripening of plantains. *PhD Thesis, University of London*, 143 pp.

Gerhardt, F., English, H. and Smith, E. 1942. Respiration, internal atmosphere and moisture studies of sweet cherries during storage. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 41, 119-123.

Ghafir, S.A.M. and Thompson, A.K. 1994. Destructive and non-destructive apple maturity and ripeness assessment. In Marchant, J.A. Editor *Robotics, automation and NDT for quality evaluation in agriculture*. UK-Israel Workshop, 14-18 February 1994, Silsoe Research Institute, UK.

Goffings, G. and Herregods, M. 1989. Storage of leeks under controlled atmospheres. *Acta Horticulturae* 258, 481-484.

Gollifer, D.E. and Booth, R.H. 1973. Storage losses of taro corms in the British Solomon Islands Protectorate. *Annals of Applied Biology* 73, 349-356.

Gonzales M.A. and de Rivera A.C. 1972. *Storage of fresh yams Dioscorea alata* L under controlled conditions. *Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico* 56, 46-56.

Gooding, H.J. and Campbell, J.S. 1961. Preliminary trials of West African *Xanthosoma* cultivars. *Tropical Agriculture Trinidad* 38, 145

Gore, H.C. 1911. Studies on fruit respiration. *United States Department of Agriculture Chemistry Bulletin* 142, 40pp.

Gorini, F., Rizzolo, A. and Polesello, A. 1989. Risultati delle ricerche sulle tecniche di depurazione dell'etilene. *Revista di Frutticoltura e di Ortofloricoltura* 51, 73-81.

Goszczyńska, D. and Rudnicki, R. M. 1988. Storage of cut flowers. *Horticultural Review* 10, 35-62.

Graham, D.C. and Hamilton, G.A. 1970. Control of potato gangrene and skin spot diseases by fumigation of tubers with sec-butylamine. *Nature* 227, 297-298.

Grierson D. and Kader, A.A. 1986. Fruit ripening and quality. In Atherton, J.G. and Rudich, J. Editors *The Tomato Crop*, Chapman and Hall, London 680 pp.

Grierson, D. 1993. Chairman's remarks. *Postharvest Biology and Handling of fruit, Vegetables and Flowers*. Meeting of the Association of Applied Biologists, London 8 December 1993.

Gull, D.D. 1981. Ripening tomatoes with ethylene. *Vegetable Crops Fact Sheet, Vegetable Crops Department, University of Florida, Gainesville, Florida, United States of America* VC-29.

Gunasekaran, S., Paulsen, M.R. and Shove, G.C. 1985 Optical methods for nondestructive quality evaluation of agricultural and biological materials. *Journal of Agricultural and Engineering Research* 32, 209-241.

Haard N.F., Sharma, S.C. Wolfe, R and Frenkel, C. 1974. ethylene induced isoperoxidase changes during fibre formation in postharvest asparagus. *Journal of food Science* 39, 452.

Haard, N.F. and Hultin, H.O. 1969. Abnormalities in ripening and mitochondrial succinoxidase resulting from storage of preclimacteric banana fruit at low relative humidity. *Phytochemistry*. 8, 2149.

Haard, N.F. and Salunkhe, D.K. 1975. *Symposium : postharvest biology and handling of fruits and vegetables*. AVI Publishing company Incorporated Westpoint Conn. 193 pp.

Hall, E.G. 1972. Precooling and container shipping of citrus fruits. *CSIRO Food Research Quarterly* 32, 1-10.

Haller, M.H. and Harding, P.L. 1939. Effect of storage temperature on peaches. *United States Department of Agriculture, Technical Bulletin* 680, 32p.

Haller, M.H., Harding, P.L., Lutz, J.M. and Rose, D.H. 1932. The respiration of some fruits in relation to temperature. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 28, 583-589.

Haller, M.H., Rose, D.H. and Harding P.L. 1941. Studies on the respiration of strawberry and raspberry fruits. *United States Department of Agriculture,*

Circular 613, 13p.

- Haller, M.H., Rose, D.H., Lutz, J.M. and Harding, P.L. 1945. Respiration of citrus fruits after harvest. *Journal of Agricultural Research* 71, 327-359.
- Halos, P.M. and Divinagracia, G.G. 1970. Histopathology of mango fruits infected by *Diplodia natalensis*. *Philippine Phytopathology* 6, 16-28.
- Hancock, C.T. and Epperson, J.E. 1990. Temporal cost analysis of a new development in controlled atmosphere storage: the case of Vidalia onions. *Journal of Food Distribution Research* 21, 65-72.
- Hansen, H. and Bohling, H. 1989. Studies on the metabolic activity of oyster mushrooms *Pleurotus ostreatus* Jacq.. *Acta Horticulturae* 258, 573-578.
- Hardenburg, R.E. 1955. Ventilation of packaged produce. Onions are typical of items requiring effective perforation of film bags. *Modern Packaging* 28, 140-199-200.
- Hardenburg, R.E. and Anderson, R.E. 1962. Chemical control of scald on apples grown in eastern United States. *United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service*, 51-54.
- Hardenburg, R.E., Watada, A.E. and Wang C.Y. 1990. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. *United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Agriculture Handbook* 66, 130 pp.
- Harvenkit, R. and Thompson, A.K. 1993. Storage of fresh pineapples. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand July 1993*.
- Harjadi, S.S. and Tahitoe, D. 1992. The effects of plastic film bags at low temperature storage on prolonging the shelf-life of rambutan *Nephelium lappaceum* cv Lebak Bulus. *Acta Horticulturae* 321, 778-785.
- Harkett, P.J. 1971. The effect of oxygen concentration on the sugar content of potato tubers stored at low temperature. *Potato Research* 14, 305-311.
- Harman, J.E. 1983. Preliminary studies on the postharvest physiology of babaco fruit *Carica x heilbornii* Badillo nm. *pentagona* Heilborn Badillo. *New Zealand Journal of Agricultural Research* 26, 237-243.
- Harman, J.E. and McDonald, B. 1983. Controlled atmosphere storage of kiwifruit: effect on storage life and fruit quality. *Acta Horticulturae* 138 195-201.
- Harris, C.M. and Harvey, J.M. 1973. Quality and decay of California strawberries stored in carbon dioxide enriched atmospheres. *Plant Disease Reporter* 57, 44-46.
- Harris, S. and McDonald, B. 1975. Physical data for kiwifruit *Actinidia chinensis*. *New Zealand Journal of Science* 18, 307-312.
- Hartmann, C. 1957. Quelques aspects du métabolisme des cerises et des abricots au cours de la maturation et de la sénescence. *Fruits* 12, 45-49.
- Harvey, J.M. 1978. Reduction of losses in fresh marketing fruits. *Annual Review of Phytopathology* 16, 321-341.
- Harvey, R.B. 1928. Artificial ripening of fruits and vegetables. *Minnesota Agricultural Experimental Station Bulletin* 247, 36pp.
- Hassan, A. and Atan R.M. 1983. The development of black heart disease in Mauritius pineapple *Ananas comosus* cv. Mauritius during storage at low temperatures. *Malaysian Agricultural Research and Developments Institute Research Bulletin* 11, 309-319.
- Hassan, A. and Pantastico, E.B. 1990. *Bananas*. Postharvest Horticultural Training and Research Center, University of the Philippines at Los Banos, college of Agriculture, Laguna Philippines. 147 pp.
- Hassan, A., Atan R.M. and Zain, Z.M. 1985. Effect of modified atmosphere on black heart development and ascorbic acid content in "Mauritius" pineapple *Ananas comosus* cv. Mauritius during storage at low temperature. *Association of Southeast Asian Nations Food Journal* 1, 15-18.
- Hasselbrink, H. 1927. Carbohydrate transformation in carrots during storage. *Plant Physiology* 2, 3.
- Hatfield, S.G. S. and Patterson, B.D. 1974. Abnormal volatile production by apples during ripening after controlled atmosphere storage. In: *Facteurs and Regulation de la Maturation des Fruits*. Colloques Internationaux, CNRS, Paris 57-64.
- Hatton, T.T. and Cubbedge, R.H. 1977. Effects of prestorage carbon dioxide treatment and delayed storage on stem end rind breakdown of "Marsh" grapefruit. *Hortscience* 12, 120-121.
- Hatton, T.T. and Reeder, W.F. 1966. Controlled atmosphere storage of "Keitt" mangoes. *Proceedings of the Caribbean region of the American Society for Horticultural Science* 10, 114-119.
- Hatton, T.T., Reeder, W.F. and Campbell, C.W. 1965. Ripening and storage of Florida mangoes. *United States Department of Agriculture, Market Research Report*, Washington D.C. 725, 9 pp.
- Hatton, T.T., Reeder, W.F. and Campbell, C.W. 1965a. Ripening and storage of Florida avocados. *United States Department of Agriculture, Market Research Report* Washington D.C. 697, 13 pp.
- Hayase, J., Chung, T-Y, and Kato, H. 1984. Changes in volatile components of tomato fruits during ripening. *Food Chemistry* 14, 113-124.
- Hayes, E.R. 1986. N,O-carboxymethyl chitosan and preparative method therefor. *United States, Patent* 4, 619, 995 October 28 1986.
- Hayward, L.A.W. and Walker, H.M. 1961. The effects of preharvest foliar sprays of M.H. on the storage of yams. *Annual Report of the West African Stored Products Research Unit* 19, 107.
- Heap, R. D. 1989. Design and performance of insulated and refrigerated ISO intermodal containers. *International Journal of Refrigeration* 12, 137-145.
- Heather, N. 1993. Disinfestation: non-chemical options. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand, July 1993*.
- Heather, N.W. 1985. Alternatives to EDB fumigation as post-harvest treatment of fruit and vegetables. *Queensland Journal of Agriculture* Nov/Dec 1985 321-326.
- Heheriuk, M. and Herregods, M. 1993. Apple storage conditions. *Sixth Annual Controlled Atmosphere Research Conference, Cornell University, Ithaca, New York, United States of America*
- Henderson, D.W. 1993. The case for wholesale markets. *International Workshop of Agricultural Produce Wholesale Marketing, Ministry of Agriculture Chengdu, Sichuan Province, China*. 25 to 30 November 1993.
- Henderson, J.R. and Buescher, R.W. 1977. Effect of sulfur dioxide and controlled atmospheres on broken end discoloration and processed quality attributes in snap beans. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 102, 768-770.
- Henze, J. 1989. Storage and transport of *Pleurotus* mushrooms in atmospheres with high carbon dioxide concentrations. *Acta Horticulturae* 258, 579-584.

- Heydendorff, R. and Dobreanu, M. 1972. Factors influencing the commercial keeping quality of eggplant and green peppers. *Lucrari Stiintif R*, 3, 133
- Hicks, J.R. and Ludford, P.M. 1981. Effects of low ethylene levels on storage of cabbage. *Acta Horticulturae* 116, 65-73.
- Hill, R.W. and Selassie, H. 1993. Observations on wholesale marketing systems for fruit, vegetables and fish in developed and developing countries. *International Workshop of Agricultural Produce Wholesale Marketing, Ministry of Agriculture Chengdu, Sichuan Province, China*. 25 to 30 November 1993.
- Hitchcock, D. 1973. Design of a gooseberry harvester. *MSc thesis Silsoe College, Cranfield Institute of Technology*.
- Hobson, G.E. 1989. Manipulating the ripening of tomato fruit - low and high technology. *Acta Horticulturae* 258, 593-600.
- Hobson, G.E. and Grierson, D. 1993. Tomato. In Seymour, G.B., Taylor, J.E. and Tucker, G.A. *Biochemistry of fruit Ripening*. Chapman and Hall, London 405-442.
- Holder, G.D. and Gumbs, F.A. 1983. Agronomic assessment of the relative suitability of the banana cultivars "Robusta" and "Giant Cavendish" Williams Hybrid to irrigation. *Tropical Agriculture Trinidad* 60, 17-24.
- Holt, J.B. and Sharp, J.R. 1989. A simple inclined cup conveyor for vegetable harvesting. *Divisional Note, Agricultural and Food Research Council, Institute of Engineering Research*, DN 1499, 9 pp.
- Hope-Mason, D. 1984. Bananas - the life-blood of the Windward Islands. *Fruit Trades Journal*, March 23rd, 22-29.
- Hopkins, E.F. and Cabbage, R.H. 1948. A curing procedure for the reduction of mold decay in citrus fruits. *Bulletin of the Florida Agricultural Experimental Station* 450.
- Hosaka Y. 1987. Evaluation of taste of rice by means of near infrared. *Japanese Society of Agricultural Machinery, Proceedings of the International Symposium on Agricultural Mechanization and International Cooperation in High Technology Era* April 3 1987 357-360.
- Howarth, M.S., Brandon, J.R., Searcy, S.W. and Kheiravaz, N. 1992. Estimation of tip shape for carrot classification by machine vision. *Journal of Agricultural Engineering Research* 53, 123-134.
- Howell Jr, G.S., Stergios, B.G., Stackhouse, S.S., Bittenbender, H.C., and Burton, C.L. 1976. Ethephon as mechanical harvesting aid for highbush blueberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 101, 111-115.
- Hruschka, H. W. 1966. Storage and shelf life of packaged rhubarb. *United States Department of Agriculture, Market Research Report* 771, 17 pp.
- Hruschka, H.W. 1971. Storage and shelf life of packaged kale. *United States Department of Agriculture, Market Research Report* 923, 19 pp.
- Hruschka, H.W. 1974. Storage and shelf life of packaged green onions. *United States Department of Agriculture, Market Research Report* 1015, 21 pp.
- Hruschka, H.W. 1978. Storage and shelf life of packaged leeks. *United States Department of Agriculture, Market Research Report* 1984, 19 pp.
- Hruschka, H.W. and Wang, C.Y. 1979. Storage and shelf life of packaged watercress, parsley and mint. *United States Department of Agriculture, Market Research Report* 1102, 19 pp.
- Huang Xiaoyu, Kang Demei and Ji Zuoliang 1990. The optimum storage temperature for litchi fruits and chilling injury of them. *Journal of the South China Agricultural University* 11, 13-18
- Hubbard, N. L., Pharr, D. M. and Huber, S. C. 1990. The role of sucrose phosphate synthase in sucrose biosynthesis in ripening bananas and its relationship to the respiratory climacteric. *Plant Physiology*, 94, 201-208.
- Huber, D.J. 1983. Polyuronide degradation and hemicellulose modifications in ripening tomato fruits. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 108, 405-409.
- Huelin, F.E. 1933. Effects of ethylene and of apple vapours on the sprouting of potatoes. *Report of the Food Investigation Board London for 1932* 51-53.
- Hughes, P.A., Thompson, A.K., Plumbley, R.A. and Seymour, G.B. 1981. Storage of capsicums *Capsicum annum* [L.] Sendt. under controlled atmosphere, modified atmosphere and hypobaric conditions. *Journal of Horticultural Science* 56, 261-265.
- Hulme, A.C. 1970. *The biochemistry of fruits and their products*. Volume 1. Academic Press, London and New York.
- Hulme, A.C. 1971. *The biochemistry of fruits and their products*. Volume 2. Academic Press, London and New York.
- Ikeda, Yoshio 1986. On the nondestructive and realtime measurement of mechanical properties of agricultural products. *Memories of the College of Agriculture, Kyoto University* 129 47-54.
- Imakawa, S. 1967. Studies on the browning of Chinese yam. *Memoir of the Faculty of Agriculture, Hokkaido University, Japan* 6, 181
- Ingram, J.S. and Humphries, J.R.O. 1972. Cassava storage: a review. *Tropical Science* 14, 131.
- International Institute of Refrigeration. 1979. Recommendations for chilled storage of perishable produce. 148 pp. *International Institute of Refrigeration*, Paris.
- Isenberg, F.M. and Sayle, R.M. 1969. Modified atmosphere storage of Danish cabbage. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 94, 447-449.
- ITC 1988. Manual on the packaging of fresh fruits and vegetables. *International Trade Centre UNCTAD/GATT Geneva*. ITC/O35/C1/88-XII 241 pp.
- ITC 1992. International fibreboard case code seventh edition. Export packaging note. *International Trade Centre UNCTAD/GATT Geneva* 19, 41pp.
- Ito, S., 1971. The persimmon. In Hulme A.C. Editor *The Biochemistry of fruits and their Products*, Volume 2. Academic Press, London and New York 281-302.
- Ito, S., Matsuo, T., Ibushi, Y. and Tamari, N. 1987. Seasonal changes in the levels of polyphenols in guava fruit and leaves and some of their properties. *Journal of the Japanese Society of Horticultural Science* 56, 107-113.
- Jabati, M 1988 The market for mangoes in the United Kingdom *MSc thesis, Silsoe College, Cranfield Institute of Technology*.
- Jacobi, K.K. and Wong, L.S. 1992. Quality of "Kensington" mango *Mangifera indica* Linn. following hot water and vapour-heat treatments. *Postharvest Biology and Technology* 1, 349-359.
- Jaffee, S. 1993. Kenya's horticultural export marketing: a transaction cost perspective. In: *Agricultural and Food Marketing in Developing Countries Selected Readings*. CAB International, Technical Center for Agricultural and Rural Co-operation. 388-403.

- Jahn, O.L. and Gaffney, J.J. 1972. Photoelectric colour sorting of citrus fruits. *United States Department of Agriculture, Technical Bulletin* 1448, 56pp.
- Ji, Z.L. and Wang, S.Y. 1988. Reduction of abscisic acid content and induction of sprouting in potato *Solanum tuberosum* L. by thidiazuron. *Journal of Plant Growth Regulation* 7, 37-44
- Johanson, A., Proctor, F.J., Cox, J.R. and Jeger, M.J. 1989. Control of crown rot in the Windward Islands. *Aspects of Applied Biology* 20, 89-90.
- Johnson, G.I., Boag, T.S., Cooke, A.W., Izard, M., Panitz, M. and Sangchote, S. 1990. Interaction of postharvest disease control treatments and gamma irradiation on mangoes. *Annals of Applied Biology* 116, 245-257.
- Johnson, G.I., Sangchote, S. and Cooke, A.W. 1990. Control of stem end rot *Dothiorella dominicana* and other postharvest diseases of mangoes cv. Kensington Pride during short and long term storage. *Tropical Agriculture Trinidad* 67, 183-187.
- Johnson, M. 1985. Automation in citrus sorting and packing. *Proceedings of Agri-Mation Conference and Expo Chicago United States of America* 63-68.
- Jones, W.W. 1942. Respiration and chemical changes of papaya fruit in relation to temperature. *Plant Physiology* 17, 481-486.
- Jordan, V.W.L. and Richmond, D.V. 1974. The effect of benomyl on sensitive and tolerant isolates of *Botrytis cinerea* infecting strawberries. *Plant Pathology* 23, 81-83.
- Jurd, L. 1964. Reactions involved in sulfite bleaching of anthocyanins. *Journal of food Science* 29, 16-19.
- Kader, A.A. 1983. Physiological and biochemical effects of carbon monoxide added to controlled atmospheres of fruit. *Acta Horticulturae* 138, 221-226.
- Kader, A.A. 1985. Modified atmosphere and low-pressure systems during transport and storage. In Kader, A.A., Kasmire, R.F., Mitchell, F.G., Reid, M.S., Sommer, N.F. and Thompson, J.F. Editors. *Postharvest technology of horticultural crops*. Cooperative Extension, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources 59-60.
- Kader, A.A. 1985. Ethylene induced senescence and physiological disorders in harvested horticultural crops. *HortScience* 20, 54.
- Kader, A.A. 1986. Biochemical and physiological basis for effects on controlled and modified atmospheres on fruits and vegetables. *Food Technology* 40, 99-104.
- Kader, A.A. 1987. Respiration and gas exchange in vegetables. In Weichmann, J. Editor *Postharvest Physiology of Vegetables*. Marcel Dekker, Inc., New York and Basel, 25-44.
- Kader, A.A. 1988. Comparison between "Semperfresh" and "Nutri-Save" coatings on "Granny Smith" apples. *Cooperative Extension, University of California, Perishables Handling, Postharvest Technology of fresh Horticultural Crops* 63, 4-5.
- Kader, A.A. 1989. A summary of CA requirements and recommendations for fruit other than pome fruits. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 2 Other Commodities and Storage Recommendations* 303-328.
- Kader, A.A., Brecht, P.E., Woodruff, R. and Morris L.L. 1973. Influence of carbon monoxide, carbon dioxide and oxygen levels on brown stain, respiration rate and visual quality of lettuce. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 98, 485-488.
- Kader, A.A., Lyons, J.M. and Morris L.L. 1974. Post-harvest responses of vegetables to pre-harvest field treatment. *HortScience* 9, 523-527.
- Kader, A.A., Morris, L.L., Stevens, M.A. and Albright-Holton, M. 1978. Composition and flavour quality of fresh market tomatoes as influenced by some postharvest handling procedures. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 103, 6-13.
- Kader, A.A., Nanos, G.D. and Kerbel, E.L. 1989. Responses of "Manzanillo" olives to controlled atmosphere storage. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 2 Other Commodities and Storage Recommendations* 119-125.
- Kader, A.A., Zagory, D. and Kerbel, E.L. 1989. Modified atmosphere packaging of fruits and vegetables. *Critical Review in Food Science and Nutrition* 28, 1-30.
- Kagy, V. 1989. The development of a partially destructive electrical technique to assess melon quality. *MSc thesis, Silsoe College, Cranfield Institute of Technology*.
- Kanellis, A.K. and Kalaitzis, P. 1992. Cellulase occurs in multiple active forms in ripe avocado fruit mesocarp. *Plant Physiology* 98, 530-534
- Kang, W.S., Kim, S.H. and Lee, G.H. 1993. Design and performance parameters of vibrating potato diggers. *Proceeding of ICAMPE '93 October 19-22 KOEX Seoul, Korea, The Korean Society for Agricultural Machinery* 734-743.
- Karmarkar, D.V. and Joshi, B.M. 1941. Respiration studies of the Alphonse mango. *Indian Journal of Agricultural Science* 11, 993-1005.
- Karup, C. 1990. Initial weight loss, packaging and conservation of asparagus. *Acta Horticulturae* 271, 477-482.
- Kay, D.E. 1973. Root Crops. Crop and Product Digest. Tropical Products Institute, London 245 PP.
- Kay, D.E. Revised by Gooding, E.G.B. 1987. *Crop and Product Digest No. 2 - Root Crops Second Edition*. London Tropical Development and Research Institute, xv and 380 pp
- Ke, D. and Kader, A.A. 1989. Tolerance and responses of fresh fruits to oxygen levels at or below 1 %. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 2 Other Commodities and Storage Recommendations* 209-216.
- Ke, L. S. and Tsai, P. L. 1988. Changes of ACC and EFE activity in peel and pulp of banana fruit during ripening in relation to ethylene production. *Journal of The Agricultural Association of china*. 143, 48-60.
- Kepczynski, J. and Kepczynski, E. 1977. Effect of ethylene on germination of fungal spores causing fruit rot. *Fruit Science Research Reports. Research Institute of Pomology Skierniewice Poland* 4, 31.
- Kerbel, E.L., Mitchell, F.G., Kader, A.A. and Mayer, G. 1989. Effects of "Semperfresh" coating on postharvest life, internal atmosphere modification and quality maintenance of "Granny Smith" apples. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 1 - Pome Fruits*. 247-254.
- Ketsa, S. and Klaewkasetkorn, O. 1992. Postharvest quality and losses of "Rongrein" rambutan fruits in wholesale markets. *Acta Horticulturae* 321,

771-777.

- Ketsa, S. and Leelawtana, K. 1992. Effect of pre and poststorage acid dipping on browning of lychee fruits. *Acta Horticulturae* 321, 726-731.
- Ketsa, S. and Prabhasavat, T. 1992. Effects of skin coating on shelf life and quality of "Nang Klangwan" mangoes. *Acta Horticulturae* 321, 764-770.
- Ketsa, S. and Raksitong, T. 1992. Effects of PVC film wrapping and temperature on storage life and quality of "Nam Dok Mai" mango fruits on ripening. *Acta Horticulturae* 321, 756-763.
- Khanbari, O.S. and Thompson A.K. 1993. Effects of amino acids and glucose on the fry colour of potato crisps. *Potato Research* 36, 359-364.
- Khanbari, O.S. and Thompson A.K. 1993a. Potato News and Developments. Silsoe College Research. *Snack Food International* 11, 3-5.
- Kidd, F. 1916. The controlling influence of carbon dioxide: Part III the retarding effect of carbon dioxide on respiration. *Proceedings of the Royal Society, London* 898, 136-156.
- Kidd, F. and West, C. 1917. The controlling influence of carbon dioxide. IV. On the production of secondary dormancy in seeds of *Brassica alba* following a treatment with carbon dioxide, and the relation of this phenomenon to the question of stimuli in growth processes. *Annals of Botany* 34, 439-446.
- Kidd, F. and West, C. 1923. Brown heart - a functional disease of apples and pears. *Special Report of the Food Investigation Board, Department of Scientific and Industrial Research* 12, 54 pp.
- Kidd, F. and West, C. 1927. Gas storage of fruit. *Special Report of the Food Investigation Board, Department of Scientific and Industrial Research* 30.
- Kim Yung Hui and Kim Yong Chol 1992. Food and Agriculture Organization of the United Nations regional cooperation for vegetable research and development RAS/89/41. In M.H. Bhatti, A.Hafeez Ch., A.Jaggar and M. Farooq Ch. Editors *Postharvest losses of vegetables*. A report on a workshop held between 17 and 22 October 1992 at the Pakistan Agricultural Research Council, Islamabad, Pakistan
- Kim, Y.H., Kim, C.S. and Lee, C.H. 1993. Correlation between non-destructive quality evaluation parameter and special reflectance of peaches. *Proceeding of ICAMPE '93 October 19-22 KOEX Seoul, Korea, The Korean Society for Agricultural Machinery* 334-343.
- Kitagawa, H. and Glucina, P.G. 1984. Persimmon culture in New Zealand. *New Zealand Department of Scientific and Industrial Research, Information Series* 159, 74pp.
- Kitinoja, L. and Kader, A.A. 1993. Small scale postharvest handling practices. *Department of Pomology, University of California, Davis, California 95616, United States of America Postharvest Horticulture Series* 8, 188 pp.
- Knabel, D.E. and Kemp, R.T. 1973. Ethephon and CPTA on colour development in bell pepper fruits. *Hortscience* 97 192.
- Knee, M. 1973. Effects of controlled atmosphere storage on respiratory metabolism of apple fruit tissue. *Journal of the Science of food and Agriculture* 24, 289-298.
- Knee, M. 1976. Influence of ethylene on the ripening of stored apples. *Journal of the Science of food and Agriculture* 27, 383-392.
- Knee, M. and Looney, N.E. 1990. Effect of orchard and postharvest application of daminozide on ethylene synthesis by apple fruit. *Journal of Plant Growth Regulation* 9, 175-179.
- Knee, M., Proctor, F.J. and Dover, C.J. 1985. The technology of ethylene control: use and removal in postharvest handling of horticultural commodities. *Annals of Applied Biology* 107 581-595.
- Knight, C. 1991. Crop production harvesting and storage. In Arthey, D. and Dennis, C. Editors *Vegetable Processing*. Blackie, U.S.A. : VCH Publishers, New York 12-41.
- Kohne, J.S. et al 1992. *Yearbook of the South African Avocado Growers Association* 15.
- Koksal, A.I. 1989. Research on the storage of pomegranate c.v. Gok Bahce under different conditions. *Acta Horticulturae* 258, 295-302.
- Korsten, L., de Villiers, E. and Kotze, J. 1993. Biological control of postharvest diseases of tropical fruit. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand July 1993*.
- Korsten, L., de Villiers, E.E. de Jager, E.S., van Harmelen and Heitmann, A. 1993a. Biological control of litchi fruit diseases. *South African Litchi Growers' Association Yearbook* 5, 36-40.
- Kosiyachinda, P. 1968. Postharvest technology of mangosteen, durian and rambutan, part 2. *Keha Karkaset* 10, 37-41.
- Kosiyachinda, S. and Young, R. E. 1975. Ethylene production in relation to the initiation of respiratory climacteric in fruit. *Plant and Cell Physiology*, 16, 595-602.
- Koto, K. 1987. Non-destructive measurements of fruit quality by electrical impedance. *Research report on Agricultural Machinery, Kyoto University, Japan* 17.
- Kouno, Y., Mizuno, T. and Maeda, H. 1993. Internal quality analysis of watermelons by an acoustic technique and its application in Japan. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand July 1993*.
- Kouno, Y., Mizuno, T. and Maeda, H. 1993a. Feasibility study into NIR techniques for measurement of internal qualities of some tropical fruits. *Proceeding of ICAMPE '93 October 19-22 KOEX, Seoul, Korea, The Korean Society for Agricultural Machinery* 326-333.
- Kouno, Y., Mizuno, T. and Maeda, H. 1993b. The development of a device to measure the ripeness and internal quality of watermelons. *Proceeding of ICAMPE '93 October 19-22 KOEX Seoul, Korea, the Korean Society for Agricultural Machinery* 1346-1353.
- Kouno, Y., Mizuno, T. and Maeda, H. 1993c. Feasibility study into NIR technique for measurement of internal quality of some tropical fruits. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand, July 1993*.
- Kurki, L. 1979. Leek quality changes during CA storage. *Acta Horticulturae* 93, 85-90.
- Kushman, L.J. and Wright, F.S. 1969. Sweetpotato storage. *United States of America Department of Agriculture Handbook* 358 35pp.
- La-Ongsri, S., Gomolmanee, S. and Onnop, W.A. 1993. Alleviating chilling injury in lychees by sulfur dioxide fumigation. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand July 1993*.
- Lafuente, M.T., Cantwell, M., Yang, S.F. and Rubatzky, U. 1989. Isocoumarin content of carrots as influenced by ethylene concentration, storage temperature and stress conditions. *Acta Horticulturae* 258, 523-534.
- Lam, P.F. 1990. Respiration rate, ethylene production and skin colour change of papaya at different temperatures. *Acta Horticulturae* 269, 257-266.

- Lam, P.F. and Kosiyachinda, S. 1987. Rambutan, fruit development, postharvest physiology and marketing in Association of Southeast Asian Nations. Association of Southeast Asian Nations Food Handling Bureau, Kuala Lumpur, Malaysia, 82 pp.
- Landfald, R. 1966. Temperature effects on apples during storage. *Bulletin of the International Institute of Refrigeration, Annexe* 1966-1 453-460.
- Lau, O.L. 1983. Effects of storage procedures and low oxygen and carbon dioxide atmospheres on storage quality of "Spartan" apples. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 108, 953-957.
- Laval-Martin, D., Quennemet, J. and Moneger, R. 1975. Remarques sur l'évolution lipochromique et ultrastructurales des plastes durant la maturation du fruit de tomate "cerise". *Facteurs et regulation de la Maturation des Fruits. Coll. Intern. du C.N.R. S.* 1974 374.
- Law, S.E. 1982. Spatial distribution of electrostatically deposited sprays on living plants. *Journal of Economic Entomology* 75, 542-544.
- Lawand, B.T., Patil, V.K. and Patil P.V. 1992. Effects of different water regimes on fruit quality of pomegranate *Punica granatum* L. *Acta Horticulturae* 321, 677-683.
- Lazada, M.C.C. 1993. Fruit handling systems for developing countries. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand July* 1993.
- Lazan, H., Ali, Z.M. and Sani, H.A. 1990. Effects of Vapor Gard on polygalacturonase, malic enzyme and ripening of Harumanis mango. *Acta Horticulturae* 269, 359-366.
- Lee, G.R., Proctor, F.J. and Thompson, A.K. 1973. Transport of papaya fruits from Trinidad to Britain. *Tropical Agriculture Trinidad* 50, 303-306.
- Lee, S.K. and Young, R.E. 1984. Temperature sensitivity of avocado fruit in relation to ethylene. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 109, 689-692.
- LeFluty, M. J. 1983. Apple harvesting by combing technique. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 26, 661-664.
- Lenker, D.H. and Adrian, P.A. 1971. Use of X ray for selecting mature lettuce heads. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 4, 894-898.
- Lewis, D.A. and Morris, L.L. 1956. Effect of chilling storage on respiration and deterioration of several sweet potato varieties. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 68, 421-428.
- Li Wu and Huang Cheng 1992. Food and Agriculture Organization of the United Nations regional cooperation for vegetable research and development RAS/89/41. In M.H. Bhatti, A.Hafeez Ch., A.Jaggar and M. Farooq Ch. Editors *Postharvest losses of vegetables*. A report on a workshop held between 17 and 22 October 1992 at the Pakistan Agricultural Research Council, Islamabad, Pakistan
- Lidster, P.D., Lawrence, R.A., Blanpied, G.D. and McRae, K.B. 1985. Laboratory evaluation of potassium permanganate for ethylene removal from controlled atmosphere apple storages. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 28, 331-334.
- Lieten, F. and Marcelle, R.D. 1993. Relationships between fruit mineral content and the "albinism" disorder in strawberry. *Annals of Applied Biology* 123, 433-439.
- Lindsey, R.T. and Neale, M.A. 1977. *Proceedings of the Vegetable Cooling and storage Conference, National Agricultural Centre Stoneleigh*.
- Liner, H.L. 1971. A case study of blueberry mechanization economics in North Carolina. *Proceedings of the 1971 Highbush Blueberry Mechanization Symposium, North Carolina State University, Raleigh*, 57-65.
- Link, H. 1980. Effects of nitrogen supply on some components of fruit quality in apples. In Atkinson, D., Jackson, J.E., Sharples R.D. and Waller, W.M. Editors *Mineral Nutrition of Fruit Trees*. Butterworths London and Boston. 285.
- Lipton, W.J. 1957. Physiological changes in harvested asparagus *Asparagus officinalis* as related to temperature. *PhD thesis University California Davis* 116 pp.
- Lipton, W.J. Aharoni, Y. and Elliston, E. 1979. Rates of carbon dioxide and ethylene production and of ripening of "Honet Dew" muskmelons at a chilling temperature after pretreatment with ethylene. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 104, 846-848.
- Lipton, W.J. and Harris, C.M. 1974. Controlled atmosphere effects on the market quality of stored broccoli *Brassica oleracea* L Italica group. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 99, 200-205.
- Lipton, W.J., Asai, W.K. and Fouse, D.C. 1981. Deterioration and CO₂ and ethylene production of stored mung bean sprouts. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 106, 817-820.
- Littmann, M.D. 1972. Effect of water loss on the ripening of climacteric fruits. *Queensland Journal of Agriculture and Animal Science* 29, 103.
- Liu, F.W. 1976. Banana response to low concentrations of ethylene. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 101, 222-224.
- Liu, F.W. 1976a. Ethylene inhibition of senescent spots on ripe bananas. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 101, 684-686.
- Lizada, M.C.C. and Novenario, V. 1983. The effect of prolong on patterns of physico-chemical and physiological changes in the ripening banana. *Postharvest Horticultural Training and Research Center, University of the Philippines at Los Banos, College of Agriculture, Laguna, Annual Report*.
- Lockhart, C.L., Eaves, C.A. and Chitman, E.W. 1969. Suppression of rots of four varieties of mature green tomatoes in controlled atmosphere storage. *Canadian Journal of Plant Sciences* 49, 265-269.
- Lopez Galvez G; Pelayo C; Kitinaja L; Kader AA *Manual de practicas de manejo Horticulture Series Department of Pomology, University of California*. 1996. No. 8S, 210 pp
- Lopez-Briones, G, Varoquaux, P, Bareau, G and Pascat, B 1993 Modified atmosphere packaging of common mushroom. *International Journal of Food Science and Technology* 28, 57-68.
- Lopez-Briones, G, Varoquaux, P, Chambroy, Y, Bouquant, J, Bareau, G and Pascat, B 1992 Storage of common mushrooms under controlled atmospheres. *International Journal of Food Science and Technology* 27, 493-505.
- Lougheed, E.C. and Franklin, E.W. 1970. Ethylene evolution from 2-chloroethane phosphonic acid under nitrogen atmospheres. *Canadian Journal of Plant Science* 50, 586.
- Lutz, J.M. 1938. Factors influencing the quality of American grapes in storage. *United States Department of Agriculture, Technical Bulletin* 606, 27 pp.
- Lutz, J.M. 1952. Influence of temperature and length of curing period on keeping quality of "Puerto Rico" sweetpotatoes. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 59, 421.

- Lutz, J.M. and Culpepper, C.W. 1937. Certain chemical and physical changes produced in Kieffer pears during ripening and storage. *United States Department of Agriculture, Technical Bulletin* 590, 37 pp.
- Lutz, J.M. and Hardenburg, R.E. 1968. The commercial storage of fruits, vegetables and florist and nursery stocks. *United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook* 66 94 pp.
- Lyonga, S.N. 1985. Studies on the fertilization of yams and on yam tuber storage in Cameroon. *Proceedings of the Sixth International Symposium on Tropical root Crops. Lima, Peru.*
- Lyons, J.M. and Rappaport, L. 1959. Effect of temperature and respiration and quality of Brussels sprouts during storage. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 73, 361-366.
- Maas, J.L. and Smith Jr, W.L. 1972. Preharvest fungicide treatments for reduction of *Penicillium* decay of strawberry. *Plant Disease Reporter* 56, 881-887.
- Mack, W.B. 1927. The action of ethylene in accelerating the blanching of celery. *Plant Physiology* 2, 103.
- Macku, C. and Jennings, W.G. 1987. Production of volatiles by ripening bananas. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 35, 845-848.
- Madamba, L.S.P., Baes, A.U. and Mendoza Jr, D.B. 1977. Effect of maturity on some biochemical changes during ripening of banana *Musa sapientum* L. cv. Lakatan. *Food Chemistry* 2, 177-83.
- Magness, J.R. and Ballard, W.S. 1926. The respiration of Bartlett pears. *Journal of Agricultural Research* 32, 801-832.
- Magness, J.R. and Taylor, G.F. 1925. An improved type of pressure tester for the determination of fruit maturity, *United States Department of Agriculture Circular* 350.
- Maharaj, R. and Sankat, C.K. 1990. Storability of papayas under refrigerated and controlled atmosphere. *Acta Horticulturae* 269, 375-385.
- Maharaj, R. and Sankat, C.K. 1990a. The shelf-life of breadfruit stored under ambient and refrigerated conditions. *Acta Horticulturae* 269, 411-424.
- Mainland, C.M. 1971. Fruit recovery and bush damage with mechanical harvesting. *Proceedings of the 1971 Highbush Blueberry Mechanization Symposium, North Carolina, State University, Raleigh*, 34-37.
- Mainland, C.M., Kushman, L.J. and Ballinger, W.E. 1975. The effect of mechanical harvesting on yield, quality of fruit and bush damage of highbush blueberry. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 100, 129-134.
- Malaysian Standard Export Specification For Fresh "Mas" Bananas, MS 1075 : 1987, UDC 582.58.004.1, *Standards and industrial research institute of Malaysia Established by Act of Parliament.*
- Mann, L.K. and Lewis, D.A. 1956. Rest and dormancy in garlic. *Hilgardia* 26, 161-189.
- Manning, K. 1993. Regulation by auxin of ripening genes from strawberries, a nonclimacteric fruit. *Postharvest Biology and Handling of fruit, Vegetables and Flowers. Meeting of the Association of Applied Biologists, London 8 December 1993.*
- Manzano-Mendez, J., Hicks, J.R. and Mastes, J.F. 1984. Influence of storage temperature and ethylene on firmness, acids and sugars of chilling-sensitive and chilling-tolerant tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 109, 273-277.
- Marcellin, P. and Chaves, A. 1983. Effects of intermittent high carbon dioxide treatment on storage life of avocado fruits in relation to respiration and ethylene production. *Acta Horticulturae* 138, 155-163.
- Marchal, J. and Nolin, J. 1990. Fruit quality. Pre-and post-harvest physiology. *Fruits Paris*, Special issue, 119-122.
- Marloth, R.H. 1947. *Bulletin of the Department of Agriculture of South Africa* 282.
- Marriott, J. 1980. Bananas - physiology and biochemistry of storage and ripening for optimum quality, *Critical Review of Food Science* NUTB 13, 41-87.
- Marriott, J., and New, S. 1975. Storage physiology of bananas from new tetraploid clones. *Tropical Science* 17, 155-163.
- Marriott, J., New, S., Dixon, E.A. and Martin, K.J. 1979. Factors affecting the preclimacteric period of banana fruit bunches. *Annals of Applied Biology* 93, 91-100.
- Mathur, P.B., Singh, K.K. and Kapur, N.S. 1953. Cold storage of mangoes. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 23, 65.
- Matsui, T., Agravante, J.U. and Kitagawa, H. 1990. An improved method for starch determination in banana fruits. *Technical Bulletin of the Faculty of Agriculture, Kagawa University*. 42, 181-184.
- Matsuo, T., Shinohara, J. and Ito, S. 1976. An improvement on removing astringency in persimmon fruits by carbon dioxide gas. *Agricultural Biological Chemistry* 40, 215-217.
- Maxie, E.C., Catlin, P.B. and Hartmann, H.T. 1960. Respiration and ripening of olive fruits. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 75, 275-291.
- Maxie, E.C., Mitchell, F.G. and Greathead, A.S. 1959. Studies on strawberry quality. *Californian Agriculture* 13, 11-16.
- Maxie, E.C., Sommer, N.F. and Mitchell, F.G. 1971. Infeasibility of irradiating fresh fruits and vegetables. *HortScience* 6, 202-204.
- Mayne, D., Vithanage, V. and Aylward, J.H. 1993. Management of "jelly-seed" in mango *Mangifera indica* L. cv. Tommy Atkins. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand, July 1993*
- Mazza, G. and Siemens, A. J. 1990. Carbon dioxide concentration in commercial potato storages and its effect on quality of tubers for processing. *American Potato Journal* 67, 121-32.
- McCarthy, M.J., Chen, P., Kauten, R. and Sarig, Y. 1989. Maturity evaluation of avocados by NMR methods. *The American Society of Agricultural Engineers Paper* 89-3548.
- McCormack, A.A. and Wardowski, W.F. 1977. Degreening Florida citrus fruit: procedures and physiology. *Proceedings of the International Society for Citriculture* 1, 211-215.
- McGarry, A. 1993. Mechanical properties of carrots. *Postharvest Biology and Handling of fruit, Vegetables and Flowers. Meeting of the Association of Applied Biologists, London 8 December 1993.*
- McGill, J.N., Nelson, A.I. and Steinberg, M.P. 1966. Effect of modified storage atmosphere on ascorbic acid and other quality characteristics of spinach. *Journal of Food Science* 31, 510.

- McGlasson, W.B. and Wills, R.B.H. 1972. Effects of oxygen and carbon dioxide on respiration, storage life and organic acids of green bananas. *Australian Journal of Biological Sciences* 25, 35.
- McGuire, L.P. 1929. Fruit and vegetable storage. *Tropical Agriculture Trinidad* 6, 279.
- McGuire, R.G. 1991. Concomitant decay reductions when mangoes are treated with heat to control infestations of Caribbean fruit flies. *Plant Disease* 75, 946-949.
- McGuire, R.G. 1993. Application of *Candida guilliermondii* in commercial citrus waxes for biocontrol of *Penicillium* on grapefruit. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand, July 1993*.
- McIntyre, A.A. 1993. Optimizing hot water treatments for the control of fruit fly and anthracnose and the maintainance of quality in mango cultivars Julie and Long. *MPhil thesis University of the West Indies* 155 pp.
- McLeod, A.J. and de Troconis, N.G. 1982. Volatile flavour components of mango fruit. *Phytochemistry* 21, 2523-2526.
- McRae, D.C. 1985. A review of developments in potato handling and grading. *Journal of Agricultural Engineering Research* 31, 115-138.
- Medlicott, A. P., Bhogol, M. and Reynolds, S. B. 1986. Changes in peel pigmentation during ripening of mango fruit *Mangifera indica* var. Tommy Atkins. *Annals of Applied Biology* 109, 651-656.
- Medlicott, A.P. and Thompson, A.K. 1985. Analysis of sugars and organic acids in ripening mango fruits *Mangifera indica* L. var. Keitt by high performance liquid chromatography. *Journal of the Science of food Agriculture* 36, 561-566.
- Medlicott, A.P., Reynolds, S.B. and Thompson, A.K. 1987. Effects of temperature on the ripening of mango fruit. *Journal of the Science of food Agriculture* 37, 469-474.
- Medlicott, A.P., Reynolds, S.B., New, S.W. and Thompson, A.K. 1987. Harvest maturity effects on mango fruit ripening. *Tropical Agriculture Trinidad* 65, 153-157.
- Medlicott, A.P., Semple, A.J., Thompson, A.J., Blackbourne, H.R. and Thompson, A.K. 1992. Measurement of colour changes in ripening bananas and mangoes by instrumental, chemical and visual assessments. *Tropical Agriculture Trinidad* 69, 161-166.
- Medlicott, A.P., Sigrist, J.M.M., Reynolds, S.B. and Thompson, A.K. 1987. Effects of ethylene and acetylene on mango fruit ripening. *Annals of Applied Biology* 111, 439-444.
- Meheriuk, M. 1989. CA storage of apples. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 2 Other Commodities and Storage Recommendations* 257-284.
- Meheriuk, M. 1989a. Storage characteristics of Spartlett pear. *Acta Horticulturae* 258, 215-219.
- Mehlschau, J.J., Chen, P., Claypool, L.L. and Fridley, R.B. 1981. A deformer for ondestructive maturity detection of pears. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*. 24, 1368-1371 1375.
- Meir, S., Philosoph-Hadas, S., Gloter, P. and Aharoni, N. 1992. Nondestructive assessment of chlorophyll content in watercress leaves by a tristimulus reflectance colorimeter. *Postharvest Biology and Technology* 2, 117-124.
- Mencarelli, F., Fontana, F. and Massantini, R. 1990. Postharvest behaviour and chilling injury in babaco fruit. *Acta Horticulturae* 269, 223-231.
- Mendoza Jr, D.B. 1968. Respiration of banana fruits. *Philippine Agriculture* 51, 747-756.
- Mercantilia 1989. *Guide to Food Transport-Fruit and Vegetables*. Mercantilia Publishers.
- Merino, S.R., Eugenio, M.M., Ramas, A.U. and Hernandez, S.U. 1985. Fruitfly disinfestation of mangoes *Mangifera indica* L. var. "Manila Super" by vapor heat treatment. *Ministry of Agriculture and Food Bureau of Plant Industry, Manila, Philippines*.
- Merodio, C. and De la Plaza, J.L. 1989. Interaction between ethylene and carbon dioxide on controlled atmosphere storage of "Blanca de Aranjuez ears". *Acta Horticulturae* 258, 81-88.
- Mertens, H. and Tranggono 1989. Ethylene and respiratory metabolism of cauliflower *Brassica oleracea* L. convar. *botrytis* in controlled atmosphere storage. *Acta Horticulturae* 258, 493-501.
- Meyers, J.B. and Prussia, S. E. 1987. Optimizing dynamic visual inspection performance using the theory of signal detection. *American Society of Engineers Paper* 87-1104.
- Micke, W.C., Mitchell, F.G. and Maxie, E.C. 1965. Handling sweet cherries for fresh shipment. *Californian Agriculture* 19, 12-13.
- Miller B.K. and Delwiche, M.J. 1989. Peach defect detection with machine vision. *American Society of Agricultural Engineers Paper* 89-6019.
- Miller, W.F., Ruhkugler, G.E., Pellerin, R.A., Throop, J.A. and Bradley, R.B. 1973. Tree fruit harvester with insertable multilevel catching system. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 16, 844-850.
- Milne, D.L. 1993. Postharvest handling of avocado, mango and litchi for export from South Africa. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand July 1993*.
- Mitchell, F.G. 1992. Preparation for fresh market. I fruits. In Kader, A.A., Kasmire, R.F., Mitchell, F.G., Reid, M.S., Sommer, N.F. and Thompson, J.F. Editors. *Postharvest technology of horticultural crops*. Cooperative Extension, University of California, Division of Agriculture and Natural Resources 31-38.
- Mohamed, S., Khin, K.M.M. and Idris, A.Z. 1992. Effects of various surface treatments palm oil, liquid paraffin, Semperfresh or starch surface coatings and LDPE wrappings on the storage life of guava *Psidium guajava* L. at 10 °C. *Acta Horticulturae* 321, 786-794.
- Mohammed, S., Wilson, L.A. and Prendergast, N. 1984. Guava meadow orchard: effect of ultra high density planting and growth regulators on growth, flowering and fruiting. *Tropical Agriculture Trinidad* 61, 297-301.
- Morris, J.R., Spayd, S.E., Brooks, J.G. and Cawthon, D.L. 1981. Influence of postharvest holding on raw and processed quality of machine harvested blackberries. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 106, 769-775.
- Morris, L. L., Yang, S. F. and Mansfield, D. 1981. Postharvest physiology studies. *Californian fresh market tomato advisory board annual report 1980-1981* 85-105.
- Morris, L.L. and Kader, A.A. 1977. Physiological disorders of ceratin vegetables in relation to modified atmosphere. *Second National Controlled Atmosphere Research conference Proceedings, Michigan State University Horticultural Report* 28, 266-267.
- Morris, L.L., Pratt, H.K. and Tucker, C.L. 1955. Lettuce handling and quality. *Western Grower and Shipper* 26, 14-18.

- Muirhead, I.F. 1976. Postharvest control of mango anthracnose with benomyl and hot water. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 16, 600-603.
- Munasque, V.S. and Mendoza Jr, D.B. 1990. Developmental physiology and ripening behaviour of "Senorita" banana *Musa* sp.L. fruits. *Association of Southeast Asian Nations Food Journal* 5, 152-157.
- Murray, K.E., Shipton, J., Whitfield, F.B. and Last, J.H. 1976. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 27 1093
- Musa, Sulafa K. and Thompson, A.K. 1976. Estimation of vegetable retailer's losses and suggested size grades. *Sudan Journal Food Science Technology* 8, 23-31.
- Nabawanuka, J. 1993. Osmotic dehydration of bananas. *MSc thesis, Silsoe College, Cranfield University.*
- Nagai, M. 1975. Physical properties of fruit and vegetables. Measurement of specific electrical resistance of watermelons. *Bulletin of the Faculty of Agriculture, Mie University, Japan* 49, 301-308.
- Nair, H. and Tung, H.F. 1988. Postharvest physiology and Storage of Pisang Mas. *Proceedings of the UKM simposium Biologi Kebangsaan ketiga, Kuala Lumpur, Nov.1988*, 22-24.
- Namesny Vallespir A 1993. *Post-recoleccion de hortalizas. Volumen 1 -Hortaliza de hoja, tallo y flor. Ediciones de Horticultura, S.L.; Reus; Spain*
- Neale, M.A., Lindsay, R.T. and Messer, H.J.M. 1981. An experimental cold store for vegetables. *Journal of Agricultural Engineering Research* 26, 529-540.
- Nelson, J.W. 1966. Mechanical harvesting of highbush blueberries. *Proceedings of the Second North American Blueberry Workers Conference. Main Agricultural Experimental Station Miscellaneous Report*, 118, 58-59.
- Nelson, J.W. 1966. Mechanical Harvesting of the Highbush Blueberry. *Proceedings of the Second American Blueberry Workers Conference Report* 118: 58-59.
- Nelson, S.O. 1979. Microwave dielectric properties of fresh fruits and vegetables. *American Society of Agricultural Engineers Paper* 79, 3546.
- Nelson, S.O. 1983. Dielectric properties of some fresh fruits and vegetables at frequencies of 2.45 to 22 GHz. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 26, 613-616.
- New, S., Baldry, J. Marriott, J. and Dixon, E.A. 1976. Fruit quality factors affecting selection of banana clones. *Acta Horticulturae* 57, 205-212.
- Nicholas, J., Rothan, C. and Duprat, F. 1989. Softening of kiwifruit in storage. Effects of intermittent high CO₂ treatments. *Acta Horticulturae* 258, 185-192.
- Nichols, R. 1971. A review of the factors affecting the deterioration of harvested mushrooms. *Glasshouse Crops Research Institute, Littlehampton United Kingdom Report* 174.
- Nicolas, J., Rothan, C. and Duprat, F. 1989. Softening of kiwifruit in storage. Effects of intermittent high carbon dioxide treatments. *Acta Horticulturae* 258, 185-192.
- Noon R.A. 1979. Report on an assignment as plant pathologist to CONAFRUT, Mexico City, March 1977 - September 1979. *Tropical Products Institute Report* R923, 34pp.
- Nowak, J. and Rudnicki, R. M. 1990. *Postharvest handling and storage of cut flowers, florist greens and potted plants*. Chapman and Hall London 210 pp.
- Nussinovitch, A. Kopelman, I.J. and Mizrahi, S. 1990. Mechanical criteria of banana ripening. *Journal of the Science of food and Agriculture* 53, 63-71.
- Odigboh, E.U. 1991. Single-row model II cassava harvester. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 22, 63.70.
- OECD 1992. *Kiwifruit*. International Standardisation of Fruit And Vegetables, Organisation For Economic Cooperation And Development, Paris, France. 69 pp.
- Offers, JA Citrus. Diseases and defects found in the marketplace. *Papendrecht, Netherlands; Licensed Citrus Survey & Consulting Bureau*. 1987, 70 pp
- Okuse, I. and Ryugo, K. 1981. Compositional changes in the developing Hayward kiwifruit in California. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 106, 73-76.
- Olney, A.J. 1926. Temperature and respiration of ripening bananas. *Botanical Gazette* 82, 415-416.
- Onnop, W.A., Sroymano, D., Gomolmanee, S. and La-Ongsri, S. 1993. Development of maturity indices for longan. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand July 1993*.
- Othieno, J.K. and Thompson, A.K. 1993. Modified atmosphere packaging of sweetcorn. *Post-harvest Treatment of fruit and Vegetables. COST'94 Workshop*, September 14 to 15 1993, Leuven, Belgium.
- Otma, E.C. 1989. Controlled atmosphere storage and film wrapping of red bell peppers *Capsicum annuum* L.. *Acta Horticulturae* 258, 515-522.
- Palmer, J. K. 1971. The Banana. In *The Biochemistry of Fruits and Their Products*. Vol.2, Ed. A. C. Hulme. Academic Press, London.
- Pantastico, Er. B. 1975. Editor - Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and sub-tropical fruits and vegetables. AVI Publishing Co., Westpoint, Conn., United States of America. 560 pp.
- Pantastico, Er. B. and Mendoza, D.B.Jr., Note: Production of Ethylene and Acetylene during Ripening and Charring, *Phil. Agric.* Vol. 53, 1970, pp.477-483.
- Papadopoulou-Mourkidou, E. 1991. Postharvest applied agrochemicals and their residues in fresh fruits and vegetables. *Journal of the Association of Official Analytical Chemists* 74, 745-765.
- Parkin, K.L. and Schwobe, M.A. 1990. Effects of low temperature and modified atmosphere on sugar accumulation and chip colour in potatoes *Solanum tuberosum*. *Journal of food Science* 55 1341-1344.
- Passam, H. C. 1982. Gibberellin dip slows yam decay. *International Agriculture Development* October 1982 10-11.
- Paull, R E and Rohrbach, K G 1985. Symptom development of chilling injury in pineapple fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 110 100-105.

- Peacock, B.C., Role of Ethylene in The Initiation of Fruit Ripening. *Queensl. J. Agric. Anim. Sci.*, Vol.29, 1972, PP.137-145.
- Pekmezci, M. 1983. Studies on the storage of lemon fruits cv Kuldiken. *Acta Horticulturae* 138 203-214.
- Peleg, K. 1993. Comparison of non-destructive and destructive measurement of apple firmness. *Journal of Agricultural Engineering Research* 55, 227-238.
- Peleg, K., Ben-Hanan, U. and Hinga, S. 1990. Classification of avocado by firmness and maturity. *Journal of Texture Studies* 21, 123-139.
- Pendergrass, A., Isenburg, F.M.R., Howell, L.L. and Carroll, J.E. 1976. Ethylene induced changes in appearance and hormone content of Florida grown cabbage. *Canadian Journal of Plant Sciences* 56, 319.
- Pennock, W. and Maldonado, G. 1962. Hot water treatments of mango fruit to reduce anthracnose decay. *Journal of Agriculture, University of Puerto Rico* 46, 272-283.
- Pentzer, W.T. and Asbury, W.R. 1934. Sulphur dioxide as an aid in the preservation of grapes in transit and storage. *Blue Anchor* 11, 2-4 23.
- Pentzer, W.T., Asbury, C.E. and Hamner, K.C. 1933. The effect of sulfur dioxide fumigation on the respiration of Emperor grapes. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 30, 258-260.
- Perez Garcia J; Kushwaha L (ed.); Serwatowski R (ed.); Brook R Los mercados al contado y de futuros de frutas y hortalizas. *Proceedings of the international conference, Guanajuato, Mexico, 20-24 February, 1995*, 93-96.
- Perry, J.S. 1977. A nondestructive firmness NDF testing unit for fruit. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers* 20, 762-767.
- Pesis, E. and Marinansky, R. 1992. Influence of fruit coating on papaya quality. *Acta Horticulturae* 321, 659-666.
- Pesis, E., Fuchs, Y. and Zauberman, G. 1976. Cellulase activity and fruit softening in avocado. *Plant Physiology* 61, 416-419.
- Pflug, I.J. and Dewey, D.H. 1960. Unloading soft fleshed fruit from bulk boxes. *Michigan Agricultural Experimental Station, Quarterly Bulletin* 43, 132-141.
- Phan, C.T. 1987. Temperature: effects on metabolism. In Weichmann, J. Editor *Postharvest physiology of vegetables*. Marcel Dekker, New York and Basel 173-178.
- Phillips, W.R. and Armstrong, J.G. 1967. Handbook on the storage of fruits and vegetables for farm and commercial use. Canada Department of Agriculture, Publication 1260, 50 pp.
- Pieh, K. 1965. [Cooling of fruits and vegetables]. *Deut. Gartenbau* 13 :136-140. [In German]
- Platenius, H., Jamieson, F.S. and Thompson, H.C. 1934. Studies on cold storage of vegetables. *Cornell University Agricultural Experimental Station Bulletin* 602, 24 pp.
- Plumbly, R.A., Cox, J., Kilminster, K., Thompson, A. K. and Donegan, L. 1985. The effect of imazalil in the control of decay in yellow yam caused by *Penicillium sclerotigenum*. *Annals of Applied Biology* 106, 277-284.
- Plumbly, R. A., Hernandez Montes, A. and Thompson, A. K. 1984. Benomyl tolerance in a strain of *Penicillium sclerotigenum* infecting yams and the use of imazalil as a means of control. *Tropical Agriculture Trinidad* 61, 182-185.
- Poenicke, E.F., Kays, S.J., Smittle, D.A. and Williams R.E. 1977. Ethylene in relation to postharvest quality deterioration in processing cucumbers. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 102, 303-306.
- Praquin, J.Y. and Miche, J.C. 1971. Essai de conservation de taros et macabos au Cameroun. *Inst. Rech. Agron. Trop.* Report 1, 21 pp.
- Pratt, H.K. 1971. Melons. In Hulme A.C. Editor *The Biochemistry of fruits and their Products. Volume 2*. Academic Press, London and New York 303-324.
- Pratt, H.K. and Morris L.L. 1958. Some physiological aspects of vegetable and fruit handling. *Food Technology in Australia* 10, 407-417.
- Pratt, H.K. and Reid, M.S. 1974. Chinese gooseberry: seasonal patterns of fruit growth and maturation, ripening, respiration and the role of ethylene. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 25, 747-757.
- Priestley, J.H. and Woffenden, L.M. 1923. The healing of wounds in potato tubers and their propagation by cut sets. *Annals of Applied Biology* 10, 96-115.
- Prussia, S.E. and Woodroof, J.G. 1986. Harvesting handling and holding fruit. In Woodroof, J.G. and Luh, B.S. Editors. *Commercial fruit processing, Second edition*. Westport Connecticut, AVI Publishing Company Incorporated.
- Pujantoro, L. Tohru, S. and Kenmoku, A. 1993. The changes in quality of fresh shitake *Lentinus edodes* in storage under controlled atmosphere conditions. *Proceeding of ICAMPE '93 October 19-22 KOEX Seoul, Korea, The Korean Society for Agricultural Machinery* 423-432.
- Punchoo, R. 1988. Viscoelastic properties as a measure of fruit storability. *MSc thesis, Silsoe College, Cranfield Institute of Technology*.
- Purseglove, J.W. 1976. *Tropical Crops*. Longmans London.
- Ramsey, A.M. 1985. Mechanical harvesting of raspberries: development of a system for Scottish conditions. *Scottish Institute of Agricultural Engineering Technical Report* 7, 58 PP.
- Rappaport, L. and Watada, A.E. 1958. Effect of temperature on artichoke quality. In *Proceedings of the Conference on Transport of Perishables. University of California, Davis, February 3-5*, 142-146.
- Rappel, L.M., Cooke, A.W., Jacobi, K.K. and Wells, I.A. 1991. Heat treatments for postharvest disease control in mangoes. *Acta Horticulturae* 291, 362-371.
- Recasens, D.I., Graell, J., Pinol, J. and Serra, J. 1989. Assessing fruit maturity of ten apple cultivars by internal ethylene concentrations. *Acta Horticulturae* 258 437-443.
- Reid, M.S. and Pratt, H.K. 1970. Ethylene and the respiration climacteric. *Nature* 226, 976.
- Reust, W., Schwarz, A. and Aerny, J. 1984. Essai de conservation des pommes de terre en atmosphère contrôlée. *Potato Research* 27, 75-87.
- Reyes, A.A. 1989. An overview of the effects of controlled atmosphere on celery diseases in storage. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 2 Other Commodities and Storage Recommendations* 57-60.
- Rhodes, M.J.C. and Woolferton, L.S.C. 1971. The effect of ethylene on the respiration and on the activity of phenylamine ammonia lyase in swede

and parsnip root tissue. *Phytochemistry* 10 1989.

Richardson, D.G. and Meheriuk, M. 1982. Controlled atmospheres for storage and transport of perishable agricultural commodities. *Proceedings of the Third International Controlled Atmosphere Research Conference*. Timber Press Beaverton United States of America

Richardson, D.G. and Meheriuk, M. 1989. CA recommendations for pears including Asian pears. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 2 Other Commodities and Storage Recommendations* 285-302.

Rickard, J.E. and Coursey, D.G. 1981. Cassava storage. Part 1: storage of fresh cassava roots. *Tropical Science* 23, 1-32.

Richard, J.E., Burden, O.J. and Coursey, D.G. 1978. Studies on the insolation of tropical horticultural produce. *Acta Horticulturae* 84, 115-122.

Righetti, T.L. and Curtis, D. 1989. Sampling approaches for fruit testing programs on "Anjou" pear. *Proceedings of the Fifth International Controlled Atmosphere Research Conference, Wenatchee, Washington, United States of America, 14-16 June 1989. Volume 1*. 63-74.

Risse, L.A. 1989. Individual film wrapping of Florida fresh fruit and vegetables. *Acta Horticulturae* 258, 263-270.

Roberts, J.A. and Tucker, G.A. 1985. *Ethylene And Plant Development*. Butterworths United Kingdom.

Roberts, R. 1990. An overview of packaging materials for MAP. *International Conference on Modified atmosphere Packaging Part 1* Campden Food and Drinks Research Association, Chipping Campden Gloucestershire GL55 6LD, United Kingdom

Robinson, J. 1990. Free convective airflow in fruit stores. *PhD thesis Silsoe College, Cranfield Institute of Technology*.

Robinson, J. 1993. Remote temperature logger. *Green PC Ramornie, Aydon Road Corbridge, Northumberland NE45 5DT, United Kingdom*

Robinson, J.E., Brown, K.M. and Burton, W.G. 1975. Storage characteristics of some vegetables and soft fruits. *Annals of Applied Biology* 81, 339

Roe, M. A., Faulks, R. M. and Belsten, J. L. 1990 Role of reducing sugars and amino acids in fry colour of chips from potato grown under different nitrogen regimes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 52, 207-214.

Romo-Parada, L., Willemot, C., Castaigne, F., Goselin, C. and Arul, J. 1989. Effect of controlled atmospheres on storage of cauliflower. *Journal of food Science* 54, 122-124.

Romphopah, T. and Palakul, S. 1990. Quality of "Chanee" durian *Durio zibethinus* L. stored at 5 °C. *Acta Horticulturae* 269, 213-216.

Rood, P. 1957. Development and evaluation of objective maturity indices for Californian freestone peaches. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 70, 104-112.

Roser, B. and Colaco, C. 1993. A sweeter way to fresher food. *New Scientist* 15 May 1993 25-28

Ross, G. 1993. Plant Health and the Single Market. *Plant Health Newsletter* 93/5. Ministry of Agriculture Fisheries and Food UK. 5pp.

Rouhani, I. 1978. Effect of Silver ion Application on the Ripening and Physiology of Stored Green Bananas. *Journal of Horticultural Science* 53, 317-321.

Rowe, R.W. 1980. Future analytical requirements in the fruit industry. In Atkinson, D., Jackson, J.E., Sharples R.O. and Waller, W.M Editors *Mineral Nutrition of Fruit Trees*. Butterworths London and Boston. 399-406.

Rutledge, P. 1991. Preparation procedures. In Arthey, D. and Dennis, C. *Vegetable processing*. Glasgow and London, Blackie 42-68.

Ryall, A.L. and Harvey, J.M. 1959. The cold storage of vinifera grapes. *United States Department of Agriculture Handbook* 159.

Ryall, A.L. and Lipton, W.J. 1972. *Handling, Transportation And Storage of fruits And Vegetables, Volume 1*. AVI Publishing Corporation Incorporated Westport Conn. 473pp.

Ryall, A.L. and Pentzer, W.T. 1974. *Handling Transportation And Storage of Fruits And Vegetables* Westport Connecticut, AVI Publishing Company Incorporated.

Rylski, I., Rappaport, L. and Pratt, H.K. 1974. Dual effects of ethylene on potato dormancy and sprout growth. *Plant Physiology* 53, 658

Sacalis, J.N. 1978. Ethylene evolution by petioles of sleeved poinsettia plants. *HortScience* 13, 594-596.

Safley, C.D. 1985. Harvesting, sorting and packaging expenses. *Proceedings of the Nineteenth Open House Southeastern Blueberry Council, North Carolina State University, Raleigh*, 89.

Salih, H.J.M. and Ruhni, C.M. 1993. Design and performance of a prototype motorised mango harvester. *Proceeding of ICAMPE '93 October 19-22 KOEX, Seoul, Korea, The Korean Society for Agricultural Machinery* 744-751.

Salih, O.M. and Thompson, A.K. 1975. Storage of oranges in the Sudan. *Sudan Journal Food Science Technology* 7, 41-46.

Salleh, M.M., Zulkifly, S. and Osman, M. 1993. Fruit fly problem and disinfestation research in Malaysia. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand July 1993*.

Saltveit, M.E. 1989. A summary of requirements and recommendations for the controlled and modified atmosphere storage of harvested vegetables. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 2 Other Commodities and Storage Recommendations* 329-352.

Salunkhe, D. K. and Wu, M. T. 1975. Subatmospheric storage of fruits and vegetables. In: *Postharvest Biology and Handling of Fruits and Vegetables*, Editors Haard, N. F. and Salunkhe, D.K. A.V.I. Publishing Company Inc. Westport Connecticut United States of America 153-171.

Salunkhe, D. K., Kadam, S. S. and Jadhav, S. J. 1991. *Potato production, processing and products*. C.R.C. Press Boston 292 pp.

Salunkhe, D.K. and Desai, B.B. 1984. *Postharvest Biotechnology of Fruits, Volume II*. CRC Press Incorporated, Boca Raton, Florida United States of America 147 pp.

Sanket, C.K. and Maharaj, R. 1989. Controlled atmosphere storage of papayas.

International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 2 Other Commodities and Storage Recommendations 161-170.

Sarker, S.K. and Phan, C.T. 1979. Naturally occurring and ethylene-induced compounds in the carrot root. *Journal of Food Production* 42, 526-534.

Satyan, S., Scott, K.J. and Graham, D. 1992. Storage of banana bunches in sealed polyethylene tubes. *Journal of Horticultural Science* 67, 283-287.

Sauco, V.G. and Menini, U.G. 1989. Litchi cultivation. *Food and Agriculture Organization of the United Nations Plant Production and Protection Paper*

83 136pp.

Schallenger, R. S., Smith, O. and Treadaway, R. H. 1959 Role of sugars in the browning reaction in potato chips. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 7, 274.

Schmitz, S.M. 1991. Investigation on alternative methods of sprout suppression in temperate potato stores. *MSc thesis Silsoe College, Cranfield Institute of Technology*.

Scholz, E.W., Johnson, H.B. and Buford, W.R. 1963. Heat evolution rates of some Texas-grown fruits and vegetables. *Journal of the Rio Grande Valley Horticultural Society* 17, 170-175.

Schouten, S.P. and Stork, H.W. 1977. Ethylene damage in eggplants. Do not keep with tomatoes. *Groenten en Fruit* 32, 1688-1689.

Scott, K.J. and Wills, R.B.H. 1973. Atmospheric pollutants destroyed in an ultra violet scrubber. *Laboratory Practice* 22, 103-106.

Scott, K.J., Blake, J.R., Strachan, G., Tugwell, B.L. and McGlasson, W.B. 1971. Transport of bananas at ambient temperatures using polyethylene bags. *Tropical Agriculture Trinidad* 48, 245-253.

Scriven, F.M., Gek, C.O. and Wills, R.B.H. 1989. Sensory differences between bananas ripened with and without ethylene. *HortScience* 24 983-984.

Scriven, F.M., Ndunguru, G.T. and Wills, R.B.H. 1988. Hot water dips for the control of pathological decay in sweet potatoes. *Scientific Horticulture* 35 1-5.

Sealy, T., Hart, H and Black, C.V. 1984. *Jamaica's banana industry*. The Jamaica Banana Producers Association, Kingston Jamaica 114pp.

Self, G.K., Burdon, J.N., Wainwright, H. Moore, K.G. and Povey, M.J.W. 1992. Ultrasonic and physical properties of ripening banana fruit. *Tropical Science*

Self, G.K., Ordozgoiti, E., Povey, M.J.W. and Wainwright, H. 1992. Ultrasonic evaluation of avocado fruit ripening. *Postharvest Biology and Technology*

Self, G.K., Wainwright, H. and Povey, M.J.W. 1993. Non-destructive quality determination for fruit and vegetables. *Postharvest News and Information* 4

Semple, A.J. and Thompson, A.K. 1988. Influence of the ripening environment on the development of finger drop in bananas. *Journal of the Science of food Agriculture* 46, 139-146

Seymour, G. B., Thompson, A. K., John, P. 1987. Inhibition of degreening in the peel of bananas ripened at tropical temperatures. I. the effect of high temperature changes in the pulp and peel during ripening. *Annals of Applied Biology*, 110, 145-151.

Seymour, G.B. 1985. The effects of gases and temperature on banana ripening. *PhD thesis University of Reading*.

Seymour, G.B. and Tucker, G.A. 1993. Avocado. In Seymour, G.B., Taylor, J.E. and Tucker, G.A. Editors *Biochemistry of Fruit Ripening*. Chapman and Hall, London 53-81.

Seymour, G.B., John, P., and Thompson, A.K. 1987. Inhibition of Degreening in the Peel of Bananas Ripened at Tropical Temperatures. II. Role of Ethylene, Oxygen and Carbon Dioxide *Annals of Applied Biology* 110, 153-161.

Seymour, G.B., Thompson, A.K. and John, P. 1987. Inhibition of degreening in the peel of bananas ripened at tropical temperatures. Effects of high temperature changes in the pulp and peel during ripening. *Annals of Applied Biology* 110, 145-151.

Seymour, G.B., Thompson, A.K., Hughes, P.A. and Plumbley, R.A. 1981. The influence of hydrocooling and plastic box liners on the market quality of capsicums. *Acta Horticulturae* 116 191-196.

Shan-Tao, Z. and Liang, Y. 1989. The application of carbon molecular sieve generator in CA storage of apple and tomato. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 2 Other Commodities and Storage Recommendations* 241-248.

Sharples, R O 1984 The influence of preharvest conditions on the quality of stored fruit. *Acta Horticulturae* 157, 93-104.

Sharples, R.O. 1967. A note on the effect of N-dimethylaminosuccinic acid on the maturity and storage quality of apples. *Annual Report of the East Malling Research Station for 1966*. 198-201.

Sharples, R.O. 1980. The influence of orchard nutrition on the storage quality of apples and pears grown in the United Kingdom. In Atkinson, D., Jackson, J.E., Sharples R.O. and Waller, W.M. Editors *Mineral Nutrition of Fruit Trees*. Butterworths London and Boston. 17-28.

Sharples, R.O. 1989. Storage of perishables. In Cox S.W.R. Editor *Engineering Advances for Agriculture and Food*. Institution of Agricultural Engineers Jubilee Conference 1988, Cambridge, United Kingdom Butterworths 251-260.

Sharples, R.O. and Johnson, D. S. 1987. Influence of agronomic and climatic factors on the response of apple fruit to controlled atmosphere storage. *HortScience* 22, 763

Sharples, R.O., Reid, M.S. and Turner, N.A. 1979. The effects of postharvest mineral element and lecithin treatments on the storage disorders of apple. *Journal of Horticultural Science* 54, 299-304.

Shear, C.B. and Faust, M. 1980. In Janick, J. Editor *Nutritional ranges in deciduous tree fruits and nuts*. In: *Horticultural Reviews* 2. A.V.I. Publishing Company Incorporated Westport Connecticut, United States of America 142-163.

Shearer, S.A. and Payne, F.A. 1990. Machine vision sorting of peppers. *Proceedings of the 1990 Conference on Food Processing Automation*. Lexington, Kentucky, 289-300

Sherman, M. and Ewing, E.E. 1983. Effects of temperature and low oxygen atmospheres on respiration, chip colour, sugars and malate of stored potatoes. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 108, 129.

Shewfelt, R.L. 1986. Flavor and colour of fruits as affected by processing. In Woodroof, J.G. and Luh, B.S. Editors *Commercial Fruit Processing*. Westport Connecticut, AVI Publishing Company Incorporated.

Shewfelt, R.L. and Prussia, S.E. 1993. *Postharvest Handling*. San Diego, New York, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto, Academic Press. 356 pp.

Shipway, M.R. 1968. The refrigerated storage of vegetables and fruits. *Ministry of Agriculture Fisheries and Food U.K* 324, 148 pp.

Shorter, A.J., Scott, K.J. and Graham, D. 1987. Controlled atmosphere storage of bananas in bunches at ambient temperatures. *CSIRO Food Research Queensland* 47, 61-63.

Silvis, H. and Thompson, A.K. 1974. Onion storage in the Sudan. *Food and Agricultural Organization of the United Nations, Report Sud 70/543*. 13,

6 pp.

Silvis, H. and Thompson, A.K. 1974. Preliminary investigations on improving the quality of bananas for the local market in the Sudan. *Sudan Journal of Food Science and Technology* 6, 7-17.

Silvis, H., Thompson, A.K., Musa, Sulafa K., Salih, O.M. and Abdulla, Y.M. 1976. Reduction of wastage during postharvest handling in the Sudan. *Tropical Agriculture Trinidad* 53, 89-94.

Simmonds, J.H. 1941. Latent infection in tropical fruit discussed in relation to the part played by species of *Gloeosporium* and *Colletotrichum*. *Proceedings of the Royal Society of Queensland* 52, 92-120.

Simmonds, N.W. 1966. *Bananas* second edition. Longmans, London, 468 pp.

Sinclair, J. 1988. Refrigerated transportation. *Container Marketing Limited London* 137 pp.

Sinco, L. 1985. Envirotainers: perishables shipping has come a long way. *The Packer* June 29 1985 18B.

Singh, K.K. and Mathur, P.B. 1953. Studies in cold storage of cashew apples. *Indian Journal of Horticulture* 10, 115-121.

Singh, K.K. and Mathur, P.B. 1953a. Cold storage of tapioca root. *Bulletin of the Central Food Technology Research Institute, Mysore, India* 2, 181

Singh, K.K. and Mathur, P.B. 1954. A note on the cold storage of sapotas. *Indian Journal of Agricultural Science* 24, 149-150.

Singh, K.K. and Mathur, P.B. 1954. Cold storage of guavas. *Indian Journal of Horticulture* 11, 1-5.

Sistrunk, W.A., Gonzales, A.R. and Moore, K.J. 1989. In Eskin, N.A.M. Editor *Quality and Preservation of Vegetables*. C.R.C. Press Incorporated, Boca Raton, Florida, United States of America p 185.

Sites, J.W. and Reitz, H.J. 1949. The variation of individual "Valencia" oranges from different locations on the tree as a guide to sampling methods and

spot-picking for quality. I. Soluble solids in the juice. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 54, 1

Sites, J.W. and Reitz, H.J. 1950. The variation of individual "Valencia" oranges from different locations on the tree as a guide to sampling methods and

spot-picking for quality. II. Titratable acidity and the soluble solids titratable acidity ration of the juice. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 55, 73

Sites, J.W. and Reitz, H.J. 1950. The variation of individual "Valencia" oranges from different locations on the tree as a guide to sampling methods and spot-picking for quality. III. Vitamin C and juice content of the fruit. *Proceedings of the American Society for Horticultural Science* 56, 103

Sive, A. and Resnizky, D. 1989. Thermal fogging with DPA and ethoxyquin.

International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume I. Pome Fruits. 465-468.

Skultab K. 1987. Design, construction and testing of a night ventilated store for onions in the tropics. *MSc thesis Silsoe College, Cranfield Institute of Technology*.

Skultab, K. and Thompson, A.K. 1992. Design of a night ventilated onion store for the tropics. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America* 23, 51-55.

Smith, F.E.V. 1936. *Jamaica Department of Science and Agriculture, Annual Report* 70.

Smith, L.G. 1991. Effects of ethephon on ripening and quality of fresh market pineapples. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 31, 123-127.

Smith, L.G. and Glennie, J.D. 1987. Blackheart development in growing pineapples. *Tropical Agriculture Trinidad* 64, 7-11.

Smith, N.J.S. 1989. Textural and biochemical changes during ripening of bananas. *University of Nottingham, PhD thesis* 131 pp.

Smith, N.J.S. and Seymour, G.B. 1990. Cell wall changes in bananas and plantains. *Acta Horticulturae* 269, 283-289.

Smith, N.J. S. and Thompson, A.K. 1987. The effects of temperature, concentration and exposure time to acetylene on initiation of banana ripening. *Journal of the Science of Food Agriculture* 40, 43-50.

Smith, N.J.S., Seymour, G.B. and Thompson, A.K. 1986. Effects of high temperatures on ripening responses of bananas to acetylene. *Annals of Applied Biology* 108, 667-672.

Smith, W.H. 1952. The commercial storage of vegetables. *Department of Scientific and industrial Research London U.K, Food Investigation Leaflet* 15, 8pp.

Smith, W.H. 1957. Storage of black currents. *Nature* 179, 876

Smith, W.H. 1957. The production of carbon dioxide and metabolic heat by horticultural produce. *Modern Refrigeration* 60, 493-496.

Smith, W.H. 1964. The storage of mushrooms. *Agricultural Research Council, Ditton and Covent Garden Laboratories Annual Report for 1963-64*, page 18.

Smith, W.H. 1965. Storage of mushrooms. *Ditton Laboratory Report 1965-1966* 13-14.

Smith, W.H. 1967. The storage of gooseberries. *Agricultural Research Council, Ditton and Covent Garden Laboratories Annual Report for 1965-66*, pages 13-14.

Smittle, D.A. 1989. Controlled atmosphere storage of Vidalia onions. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 2 Other Commodities and Storage Recommendations* 171-177.

Smock, R.M. and Gross, C.R. 1950. Studies on respiration of apples. *New York Cornell Agricultural Experimental Station Memorandum* 197, 47 pp.

Smock, R.M., Mendoza Jr, D.B. and Abilay, R.M. 1967. Handling bananas. *Philippines Farms and Gardens*, 4, 12-17.

Smoot, J.J. and Segall, R.H. 1963. Hot water as a postharvest control of mango anthracnose. *Plant Disease Reporter* 47, 739-742.

Snowdon, A.L. 1990. *A Colour Atlas of Postharvest Diseases and Disorders of Fruits and Vegetables. Vol. 1 General Introduction and Fruits*. Wolfe Scientific Ltd. 302.

Snowdon, A.L. 1992. *A colour atlas of post-harvest diseases and disorders of fruits and vegetables. Volume 2: Vegetables*. Wolfe Scientific Ltd. 416 pp.

- Sohonen, I. 1969. On the storage of cabbage in refrigerated stores. *Acta Agriculturae Scandinavica* 19, 18
- Solomos T. and Biale J.B. 1975. *Respiration in fruit ripening. Colloque International du Center National de la Recherche Scientifique* 23 8, 221-228.
- Soucedo Veloz, C., Aceves Vega, E. and Mene Nevarez, G. 1991. Prolongación del tiempo de frigoconservación y comercialización de frutos de aguacate "Hass" mediante tratamientos con altas concentraciones de CO₂. *Proceedings of the Interamerican Society for Tropical Horticulture* 35, 297-303.
- Spalding, D.H. and Reeder, W.F. 1972. Postharvest disorders of mangoes as affected by fungicides and heat treatments. *Plant Disease Reporter* 56, 751-753.
- Sparrow, A.H. and Christensen, E. 1954. Improved storage quality of potato tubers after exposure to Co⁶⁰ gammas. *Nucleonics* 12, 16-17.
- Srivastava, V.K. and Sachan, S.C.P. 1969. Grow Ash gourd the efficient way. *Indian Horticulture* 14, 13-15.
- Staby, G. L. 1976. Hypobaric storage - an overview. *Combined Proceedings of the International Plant Propagation Society* 26, 211-215.
- Stahmann, M.A., Clare, B.G. and Woodbury, W. 1966. Increased disease resistance and enzyme activity induced by ethylene and ethylene formation by black rot infected sweet potato tissue. *Plant Physiology* 41, 1505.
- Stamford, D.C., Burden, O.J., Thompson, A.K. and Been, B.O. 1971. Plan of a trial for investigation into the effect of transport conditions within Jamaica on damage sustained by bananas transported both as stems and in fibreboard boxes. *Jamaican Banana Board Report* 13 + iv pp.
- Stemming, B. C. and Thompson, A. K. 1991. Cold storage of commodities and expectations for the future. *Gıda Teknolojisi Arastırma Enstitüsü, Bursa, Turkey* 28-34.
- Stewart, J.K. and Uota, M. 1971. Carbon dioxide injury and market quality of lettuce held under controlled atmosphere. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 96, 27-31.
- Stover, R. H. and Simmonds, N. W. 1987. *Bananas*. Third edition. Longmans, London.
- Stow, J.R. 1989. Low ethylene, low oxygen CA storage of apples. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume I*. Pome Fruits. 325-332.
- Stow, J.R. 1989a. Effects of oxygen concentration on ethylene synthesis and action in stored apple fruits. *Acta Horticulturae* 258, 97-106.
- Stow, J.R. and Genge, P. 1993. The measurement of cell wall strength in stored apple fruits. *Sixth Annual Controlled Atmosphere Research Conference, Cornell University, Ithica, New York, United States of America*
- Strehler, B.L. and Arnold, W.A. 1951. Light production by green plants. *Journal of General Physiology* 34, 809
- Streif, J. 1989. Storage behaviour of plum fruits. *Acta Horticulturae* 258, 177-184.
- Sturgess, I.M. 1987. The wholesaling of fruit and vegetables. *Covent Garden Marketing Authority*, London, United Kingdom
- Swarts, D.H. 1980. A method for determining the ripeness of avocados. *Information Bulletin, Citrus and Subtropical Fruit Research Institute* 90, 15-18.
- Swarts, D.H. 1991. effects of different shipping temperatures on cv. Queen pineapples. *Inligtingsbulletin Navorsingsinstituut vir Sitrus en Subtropiese Vrugte* 225, 12-16.
- Tan, S.C. and Mohamed, A.A. 1990. The effect of carbon dioxide on phenolic compounds during the storage of "Mas" banana in polybag. *Acta Horticulturae* 269, 389.
- Tan, S.C., Lam, P.F. and Abdullah, H. 1986. Changes of the pectic substances in the ripening of bananas *Musa sapientum*, cultivar Emas after storage in polyethylene bags. *Association of Southeast Asian Nations Food Journal* 2, 76-77.
- Tao, Y., Morrow, C.T. and Heinemann, P.H. 1990. Automated machine vision inspection of potatoes. *American Society of Agricultural Engineers Paper* 90-3531.
- Terwongworkule, A. 1994. *PhD thesis, Silsoe College, Cranfield University*.
- Testoni, A. and Eccher-Zerbini, P. 1989. Picking time and quality in apple storage. *Acta Horticulturae* 258, 445-454.
- Tewfik, S. and Scott, L.E. 1954. Respiration of vegetables as affected by postharvest treatment. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2, 415-417.
- Thomas T.H. 1981. Hormonal control of dormancy in relation to postharvest horticulture. *Annals of Applied Biology* 98, 531.
- Thomas, P. 1986. Radiation preservation of tropical fruits: bananas, mangoes and papayas. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 23, 147-205
- Thompson, A. K. 1970. The effects of subtoxic concentration of 2, 4-D in combination with mineral nutrients on the potato *Solanum tuberosum*. *Journal of Agricultural Sciences Cambridge* 74, 505-509.
- Thompson, A.K. 1968. Stages of development of fruit of cashew *Anacardium occidentale* Linn.. *Proceeding of the Tropical Region of the American Society of Horticultural Science* 12, 209-215.
- Thompson, A.K. 1971. The storage of mango fruit. *Tropical Agriculture Trinidad* 48, 63-70.
- Thompson, A.K. 1971a. Transport of West Indian mango fruits. *Tropical Agriculture Trinidad* 48, 71-77.
- Thompson, A.K. 1971b. Report to the Government of Zambia on the postharvest handling of vegetables and fruits in Zambia. *Tropical Products Institute, London Report* R100 31pp
- Thompson, A.K. 1972. Storage and transport of fruit and vegetables in the West Indies. In *Proceedings of the Seminar/Workshop on Horticultural Development in the Caribbean, Maturin, Venezuela* 170-176.
- Thompson, A.K. 1972a. Report on an assignment on secondment to the Jamaican Government as food storage advisor October 1970 - October 1972. *Tropical Products Institute Report* R278 36 pp.
- Thompson, A.K. 1974. Post harvest studies on oranges, mangoes and cantaloupes. *Food and Agricultural Organization of the United Nations, Report Sud* 70/543, 14, 24 pp.
- Thompson, A.K. 1975. West Indies: handling of some tropical crops. In *Pantastico, Er. B. Editor Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and sub-tropical fruits and vegetables*. AVI Publishing Co., Westpoint, Conn., United States of America. 542-545.
- Thompson, A.K. 1978. Report on an assignment as technical co-operation officer fruit and vegetable technology on secondment to the Development and Diversification Programme of the Colombian Coffee Federation. *Tropical Products Institute Report* R778 36 pp.

- Thompson, A.K. 1981. A report on a consultancy to the Federal Agricultural Marketing Authority in Malaysia. *Tropical Products Institute, London Report R986C*.
- Thompson, A.K. 1981a. Banana production, harvesting and storage. *Food and Agricultural Organization of the United Nations, Technical Report TCP/SUD/8804*, 2, 36 pp.
- Thompson, A.K. 1981b. Reduction of losses during the marketing of arracacha. *Acta Horticulturae* 116, 55-60.
- Thompson, A.K. 1982. The storage and handling of onions. *Report of the Tropical Products Institute* G160, v + 14 pp.
- Thompson, A.K. 1982a. The storage and handling of Kiwi fruit. *Report to the Tropical Products Institute* G159, iv + 11 pp.
- Thompson, A.K. 1983. Determination of peach harvest maturity and other postharvest work on fresh produce at the Atatürk Horticultural Research Institute, Yalova Turkey. *Tropical Development and Research Institute, London, Report R115 7A* 39 pp.
- Thompson, A.K. 1985. Postharvest losses of bananas, onions and potatoes in PDR Yemen. *Tropical Development and Research Institute, London United Kingdom Contract Services Report CO 485*, 41 pp.
- Thompson, A.K. 1985a. Recent advances in postharvest technology distribution strategies and marketing. *Proceedings of a Seminar, Farmtech 85 Jamaica*.
- Thompson, A.K. 1986. Storage. Chapter in *Pest Control in Tropical Onions*. TDRI Publication 109 pp.
- Thompson, A.K. 1987. The development and adaptation of methods for the control of anthracnose. In Prinsley, R.A. and Tucker, G. Editors *Mangoes - A Review*. Commonwealth Science Council 29-38.
- Thompson, A.K. 1990. Handling, storage and treatment of horticultural produce in Asia. In *RAPA 1990/91, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome*. 1-22.
- Thompson, A.K. 1994. Harvesting and Fruit Care. In Gowen S. Editor *Bananas, Chapman Hall*, in press.
- Thompson, A.K. and Arango, Luz Marina 1977. Storage and marketing cassava in plastic films. *Proceedings of the Tropical Region of the American Horticultural Science* 21, 30-33.
- Thompson, A.K. and Lee, G.R. 1971. Factors affecting the storage behaviour of papaya fruits. *Journal of Horticultural Science* 46, 511-516.
- Thompson, A.K. and Seymour, G.B. 1982. Comparative effects of acetylene and ethylene gas on initiation of banana ripening. *Annals of Applied Biology* 101, 407-410.
- Thompson, A.K. and Seymour, G.B. 1984. Inborja CASCO banana factory at Machala in Ecuador. *Tropical Development and Research Institute Report* unpublished 7 pp.
- Thompson, A.K. and Silvis, H. 1974. Preliminary investigations on banana handling problems under Sudanese conditions. *Food and Agricultural Organization of the United Nations, Report Sud 70/543*, 27 pp.
- Thompson, A.K. and Silvis, H. 1974a. Preliminary investigations on banana handling problems under Sudanese conditions. *Food and Agricultural Organization of the United Nations, Report Sud 70/543*, 15, 27 pp.
- Thompson, A.K., and Seymour, G.B. 1982. Comparative effects of acetylene and ethylene gas on initiation of banana ripening. *Annals of Applied Biology* 101, 407-410.
- Thompson, A.K., Bahatti, M.B. and Rubio, P.P. 1975. Harvesting. In *Pantastico, Er. B. Editor Postharvest physiology, handling and utilization of tropical and sub-tropical fruits and vegetables*. AVI Publishing Co., Westpoint, Conn., United States of America. 236-245.
- Thompson, A.K., Been, B.O. and Perkins, C. 1972. Handling, storage and marketing of plantains. *Proceedings of the Tropical Region of the American Society of Horticultural Science* 16, 205-212.
- Thompson, A.K., Been, B.O. and Perkins, C. 1973. Reduction of wastage in stored yams. *Proceedings of the third Symposium of the International Society for Tropical Root Crops, International Institute for Tropical Agriculture, Nigeria* 443-449.
- Thompson, A.K., Been, B.O. and Perkins, C. 1973a. Nematodes in stored yams. *Experimental Agriculture* 9, 281-286.
- Thompson, A.K., Been, B.O. and Perkins, C. 1974. Storage of fresh breadfruit. *Tropical Agriculture Trinidad* 51, 407-415.
- Thompson, A.K., Been, B.O. and Perkins, C. 1974a. Prolongation of the storage life of breadfruits. *Proceedings of the Caribbean Food Crops Society* 12, 120-126.
- Thompson, A.K., Been, B.O. and Perkins, C. 1974b. Effects of humidity on ripening of plantain bananas. *Experientia* 30, 35-36.
- Thompson, A.K., Been, B.O. and Perkins, C. 1977. Fungicidal treatments of stored yams. *Tropical Agriculture Trinidad* 54, 179-183.
- Thompson, A.K., Booth, R.H. and Proctor, F.J. 1971. Onion storage in the tropics. *Tropical Science* 14 19-34.
- Thompson, A.K., Booth, R.H. and Proctor, F.J. 1972. Onion storage in the tropics. *Tropical Science*. 14 19-34.
- Thompson, A.K., El Berier, K. and Musa, S.K. 1973. Quality and packing recommendations for air freight export of vegetables from the Sudan to Europe. *Proceedings of the First Seminar on the Export of sudanese Fresh Fruits and Vegetables. Food Research Centre, Shambat, Sudan*, 34-38.
- Thompson, A.K., Falla, L. and Arango, Luz Marina 1978. Reduction of marketing losses of plantains and cassava. *Third International Seminar on Food Technology. Instituto de Investigaciones Tecnológicas, Bogota* 197-207.
- Thompson, A.K., Ferris, R.S.B. and Al-Zaemey, A.B.S. 1992. Aspects of handling bananas and plantains. *Tropical Agriculture Association Newsletter* 12, 15-17.
- Thompson, A.K., King, P.I. and New, J.N. 1979. Report in fresh produce export marketing from Jamaica. *Tropical Products Institute, London Report R868* 79 pp.
- Thompson, A.K., Lee, Jung Soo, Shin, Dong Hwa and Oh, Sang Ryong 1977. Storage of mushrooms in relation to subsequent losses during canning. *Proceeding of the Tropical Region of the American Society of Horticultural Science* 21, 33-35.
- Thompson, A.K., Magzoub, Y. and Silvis, H. 1974. Preliminary investigations into desiccation and degreening of limes for export. *Sudan Journal Food Science Technology* 6, 1-6.
- Thompson, A.K., Mason, G.F. and Halkon, W.S. 1971. Storage of West Indian seedling avocado fruits. *Journal of Horticultural Science* 46, 83-88.

- Thornton, N.C. 1930. The use of carbon dioxide for prolonging the life of cut flowers. *American Journal of Botany* 17, 614-626.
- Thorp, T.G. and Klein, J.D. 1987. Export feijoas: postharvest handling and storage techniques to maintain optimum fruit quality. *Orchardist of New Zealand* 60, 164-166.
- Tillet, R.D. and Batchelor, B.G. 1991. An algorithm for locating mushrooms in a growing bed. *Computers and Electronics in Agriculture* 6, 191-200.
- Tillet, R.D. and Reed, J.N. 1990. Initial development of a mechatronic mushroom harvester. In *Mechatronics - designing intelligent machines*. Bury St Edmunds U.K. Mechanical Engineering Publications 109-114.
- Tillett, R.D. 1991. Image analysis for agricultural processes: a review of potential opportunities. *Journal of Agricultural Engineering Research* 50, 247-258.
- Timbie, M. and Haard, N.F. 1977. Involvement of ethylene in the hardcore syndrome of sweet potato roots. *Journal of Food Science* 42, 491
- Tindall, H.D. 1983. *Vegetables in the tropics*. Macmillan Press, London.
- Tirtsoekotjo, R.A. 1984. Ripening behaviour and physicochemical characteristics of "Carabao" mango *Mangifera indica* L. treated with acetylene from calcium carbide. *PhD thesis University of the Philippines, Los Banos, Laguna*.
- Toet, A.J. 1982. Report on the Cameroons. *Food and Agriculture Organisation of the United Nations - Consultancy Report*.
- Tollin, G., Fumimori, E. and Calvin, M. 1958. Action and emission spectra for the luminescence of green plant materials. *Nature* 181, 1266
- Tomkins R.G. and Meigh D.F. 1968. The concentration of ethylene found in controlled atmosphere stores. *Annual Report of the Ditton Laboratory* 1967-68 33-36.
- Tomkins, R.G. 1965. Deep scald in Ellison's Orange apples. *Annual Report of the Ditton Laboratory* 1964-1965 19.
- Tongdee, S.C. 1992. Postharvest handling and technology of tropical fruit. *Acta Horticulturae* 321, 713-717.
- Tongdee, S.C. 1993. Sulfur dioxide fumigation in postharvest handling of fresh longan and lychee for export. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand*, July 1993.
- Tongdee, S.C., Suwanagul, A. and Neamprem, S. 1990. Durian fruit ripening and the effect of variety, maturity stage at harvest and atmospheric gases. *Acta Horticulturae* 269, 323-334.
- Tonini, G., Brigati, S. and Caccioni, D. 1989. CA storage of kiwifruit: influence on rots and storability. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 2 Other Commodities and Storage Recommendations* 69-76.
- Townshend, G.K. undated. Packaging in Developing Countries. World Packaging Organization, 13 Champ d'Anier, CH-1209 Geneva, Switzerland 4pp.
- Tressl, R. and Drawert, F. 1973. Biogenesis of banana volatiles. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 21, 560.
- Tressl, R. and Jennings, W. G. 1972. Production of volatile compounds in the ripening banana. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 20, 189-192.
- Tronsmo, A. 1989. Effect of weight loss on susceptibility to Botrytis cinerea in long-termed stored carrots. *Norwegian Journal of Agricultural Sciences* 3, 147-149.
- Truter, A.B., and Eksteen, G.J. 1986. Controlled atmosphere storage of avocados and bananas in South Africa, *IFF/IR-FRIGAIR '86 - Commissions C2, E1, D1 - Pretoria RSA*.
- Tsay, L-M. and Wu, M-C. 1989. Studies of the postharvest physiology of sugar apple. *Acta Horticulturae* 258, 287-294.
- Tucker, G. and Grierson, D. 1987. Fruit ripening. In Davies, D.D. Editor *The Biochemistry of Plants - A Comprehensive Treatise*. Volume 12, Academic Press.
- Turk, R. 1989. Effect of harvest time and precooling on fruit quality and cold storage of figs *F. carica* L. cv. "Bursa Siyahi". *Acta Horticulturae* 258, 279-286.
- Ukai, Y.N., Ishibashi, S., Tsutsumi, T. and Marakami, K. 1976. Preservation of agricultural products. *United States of America Patent* 3,997,674 December 14 1976.
- Ulrich, R. 1970. Organic acids. In Hulme, A.C. Editor *The Biochemistry of Fruits and their Products Volume 1*. Academic Press, London and New York 89-118.
- Underhill, S.J.R., Bagshaw, J., Zauberman, G., Ronen, R., Prasad, A and Fuchs, Y. 1992. The control of lychee *Litchi chinensis* Sonn. postharvest skin browning using sulphur dioxide and low pH. *Acta Horticulturae* 321, 732-741.
- Underhill, S.J.R., Critchley, C. and Simons, D.H. 1992. Postharvest pericarp browning of lychee *Litchi chinensis* Sonn.. *Acta Horticulturae* 321 718-725
- UNIFEM 1988. Fruit and vegetable processing. *United Nations Development Fund for Women, Food Technology Source Book* 2, 67 pp.
- Upadhyay, I.P., Noonhorm, A. and Ilangantileke S.G. 1993. Effects of gamma irradiation and hot water treatment on shelf life and quality of Thai mangoes. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand*, July 1993.
- Valdez, E.R.T. and Mendoza Jr, D.B. 1988. Influence of temperature and gas composition on the development of senescent spotting. *Philippines Agriculture* 71, 5-12.
- Van Den Berg, L. and Lentz, C.P. 1972. Respiratory heat production of vegetables during refrigerated storage. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 97, 431-432.
- Van Lelyveld, L.J., Visser, J.G., Swarts, D.H. and van Lelyveld, L.J. 1991. The effect of various storage temperatures on peroxidase activity and protein PAGE gel electrophoresis in Queen pineapple fruit. *Journal of Horticultural Science* 66, 629-634.
- Varghese, Z., Morrow, C.T. and Heinemann, P.H. 1991. Automated inspection of golden delicious apples using digital image processing. *American Society of Agricultural Engineers Paper* 91-7002.
- Vasquez-Ochoa, R.I. and Colinas-Leon, M.T. 1990. Changes in guavas at three maturity stages in response to temperature and relative humidity. *HortScience* 25, 86-87.
- Vigneault, C. and Raghavan, G.S.V. 1991. High pressure water scrubber for rapid oxygen pull-down in controlled atmosphere storage. *Canadian Agricultural Engineering* 33, 287-294.

- Vijayasegaran, S. 1993. Preharvest fruit fly control: strategies for the tropics. *International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand*, July 1993.
- Von Loesecke, H.W. 1949. *Bananas*. Inter-sciences, London and New York.
- Wainwright, H. and Hughes, P.A. 1988. Objective measurement of banana pulp colour, *International Journal of Food Science and Technology* 24, 553-558.
- Wang C.Y. 1980. Effect of CO₂ treatment on storage and shelf life of sweet pepper. *Journal of the American Society of Horticultural Science* 102, 808.
- Wang C.Y. 1985. Effect of low oxygen atmospheres on postharvest quality of Chinese cabbage, cucumbers and eggplants. *Proceedings of the Fourth National Controlled Atmosphere Research Conference, North Carolina State University*, Horticultural Report 126 142.
- Wang, C.Y. 1982. Physiological and biochemical responses of plants to chilling injury. *HortScience* 17, 173-186.
- Wang, S. Y., Wang, P. C. and Faust, M. 1988. Nondestructive detection of watercore in apple with nuclear magnetic resonance imaging. *Scientific Horticulture*, 35 227-234.
- Wardlaw, C.W. 1938. Tropical fruits and vegetables: an account of their storage and transport. Low Temperature Research Station, Trinidad Memoir 7, 224 pp Reprinted from *Tropical Agriculture Trinidad* 14.
- Wardlaw, C.W. and Leonard, E.R. 1936. The storage of West Indian mangoes. *Low Temperature Research Station Memoir* 3, 47pp.
- Wardlaw, C.W. and Leonard, E. R. 1940. The Respiration of Bananans during Ripening at Tropical Temperatures, *Low Temperature Research Station, Memoir No.17, Studies in Tropical Fruits*.
- Watada, A., Anderson, R. and Aulenbach, B. 1979. Caracteristiques sensorielles et composés volatils des peches stockees en atmosphere controlee. *Journal of the Society for Horticultural Science* 104, 626-629.
- Watada, A.E. 1986. Effects of ethylene on the quality of fruits and vegetables. *Food Technology May* 1986, 82-85.
- Watada, A.E. 1989. Non-destructive methods of evaluating quality of fresh fruits and vegetables. *Acta Horticulturae* 258, 321-330.
- Watada, A.E. and Abbott, J.A. 1975. Objective method of estimating anthocyanin content for determining colour grade of grapes. *Journal of Food Science* 40, 1278-1279.
- Watada, A.E. and Morris, L.L. 1966. Effect of chilling and non-chilling temperatures on snap bean fruits. *Proceedings of the American Society of Horticultural Science* 89, 368-378.
- Watada, A.E. and Worthington, J.T. 1974. Quality of tomatoes as related to appearance. *Proceedings of tomato quality workshop Florida United States of America* 14-18.
- Watada, A.E., Norris, K.H., Worthington, J.T. and Massie, D.R. 1976. Estimation of chlorophyll and carotenoid contents of whole tomato by light absorption technique. *Journal of Food Science* 41, 329-332.
- Watkins, C.B., Harman, J.E., Ferguson, I.B. and Reid, M. S. 1982. The action of lecithin and calcium dips in the control of bitter pit in apple fruit. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 107, 262-265.
- Wei, Y. and Thompson A.K. 1993. Modified atmosphere packaging of diploid bananas *Musa AA*. *Post-harvest Treatment of Fruit and Vegetables*. COST'94 Workshop, September 14 to 15 1993, Leuven, Belgium.
- Weichmann, J. 1978. Lagerung von Gemuse V, Gemeinsame Lagerung verschiedener Arten, *Deutscher Gartenbau* 27, 1124
- Whitney, B.D. 1993. Damage and disease detection in fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Handling of Fruit, Vegetables and Flowers*. Meeting of the Association of Applied Biologists, London 8 December 1993.
- Wigginton, M.J. 1974. Effects of temperature, oxygen tension and relative humidity on the wound-healing process in the potato tuber. *Potato Research* 17, 200-214.
- Wilkinson, B.G. 1972. Fruit storage. *East Malling Research Station Annual Report for 1971*, 69-88.
- Wilkinson, B.G. and Sharples, R.O. 1973. Recommended storage conditions for the storage of apples and pears. *East Malling Research Station Annual Report*, 212
- Williams, B., Goodman, B.A. and Chudek, J.A. 1992. Nuclear magnetic resonance NMR micro-imaging of ripening red raspberry fruits. *New Phytologist* 120, 21-28.
- Williams, J.A.H. 1975. Mechanized gooseberry harvesting: economics, berry detachment and design of a mobile harvester. *MSc thesis Silsoe College, Cranfield Institute of Technology*.
- Williams, P.C. and Norris, K.H. 1987. Editors. Near infra-red technology in the agriculture and food industries. *American Association of Cereal Chemists Incorporated*. St Paul Minnesota 330 pp.
- Williamson, B. 1993. NMR micro-imaging: a non-invasive approach to the study of soft fruit. *Postharvest Biology and Handling of Fruit, Vegetables and Flowers*. Meeting of the Association of Applied Biologists, London 8 December 1993.
- Wills, R.B.H. 1990. Postharvest technology of banana and papaya in Association of Southeast Asian Nations: an overview. *Association of Southeast Asian Nations Food Journal*, 5, 47-50.
- Wills, R.B.H., Brown, B.I. and Scott K.J. 1982. Control of ripe fruit rots of guavas by heated benomyl and guazatine dips. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 22, 437-440.
- Wills, R.B.H., Klieber, A., David, R., and Siridhata, M. 1990. Effect of brief pre-marketing holding of bananas in nitrogen on time to ripen. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 30, 579-581.
- Wills, R.B.H., McGlasson, W.B., Graham, D., Lee, T.H. and Hall, E.G. 1989. *Postharvest*. BSP Professional Books, Oxford, London, Edinburgh, Boston, Melbourne. 174 pp.
- Wills, R.B.H., Mulholland, .E., Brown, B.I. and Scott, K.J. 1983. Storage of two cultivars of guava fruit for processing. *Tropical Agriculture Trinidad* 60, 175-178.
- Wills, R.B.H., Pitakserikul, S. and Scott, K.J. 1982. Effects of pre-storage in low oxygen or high carbon dioxide concentrations on delaying the ripening of bananas. *Australian Journal of Agricultural Research* 33, 1029-1036.

- Wills, R.B.H., Tirmazi, S.I.H. 1979. Effects of calcium and other minerals on the ripening of tomatoes. *Australian Journal of Plant Pathology* 6, 221-227.
- Wills, R.B.H., Tirmazi, S.I.H. 1981. Retardation of ripening of mangoes by postharvest application of calcium. *Tropical Agriculture Trinidad* 58, 137-141.
- Wills, R.B.H., Tirmazi, S.I.H. 1982. Inhibition of ripening of avocados with calcium. *Scientia Horticulturae* 16, 323-330.
- Wills, R.B.H., Tirmazi, S.I.H. and Scott, K.J. 1982. Effect of Postharvest application of calcium on ripening rates of pears and bananas *Journal of Horticultural Science* 57, 431-435
- Winston, J.R. 1955. The coloring or degreening of mature citrus fruits with ethylene. *United States of America Department of Agriculture Circular* 961.
- Wojciechowski, J. 1989. Ethylene removal from gases by means of catalytic combustion. *Acta Horticulturae* 258, 131-139.
- Woltering, E.J. and Harkema, H. 1984. Ethyleenschade bij snijbloemen en trekheesters. *Onderzoekresultaten van Sierteelprodukten*, Sprenger Instituut, Wageningen, The Netherlands.
- Woodward, J.R. and Topping, A.J. 1972. The influence of controlled atmospheres on the respiration rates and storage behaviour of strawberry fruits *Journal of Horticultural Science* 47, 547-553.
- Workman, M. and Pratt, H.K. 1957. Studies on the physiology of tomato fruits. II. Ethylene production at 20 °C as related to respiration, ripening and rate of harvest. *Plant Physiology* 32, 330-334.
- Workman, M.N. and Twomey, J. 1969. The influence of storage atmosphere and temperature on the physiology and performance of Russet Burbank seed potatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 94, 260.
- Workman, M.N. and Twomey, J. 1970. The influence of storage on the physiology and productivity of Kennebec seed potatoes. *American Potato Journal* 47, 372-378.
- Wright, M.E., Hoehn, R.C., Coleman, J.R. and Brzozowski, J.K. 1979. A comparison of single use and recycled water leafy vegetable washing system. *Journal of Food Science* 44, 381.
- Yahia, E.M. 1989. Controlled atmosphere storage effect on the volatile flavor components of apples. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 1*, 341-352
- Yahia, E.M., Medina, F. and Rivera, M. 1989. The tolerance of mango and papaya to atmospheres containing very high levels of CO₂ and/or very low levels of O₂ as a possible insect control treatment. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 2 Other Commodities and Storage Recommendations* 77-89.
- Yang, Q. 1992. The potential for applying machine vision to defect detection in fruit and vegetable grading. *Agricultural Engineering* 47, 74-79.
- Yang, S.F. 1985. Biosynthesis and action of ethylene. *HortScience* 20, 41-45.
- Yeatman, J.N. and Norris, K.H. 1965. Evaluating internal quality of apples with new automatic fruit sorter. *Food Technology* 19, 123-125.
- Young, N., deBuckle, T.S., Castel Blanco, H., Rocha, D. and Velez, G. 1971. Conservacion de yuca fresca. *Instituto Investigacion Tecnologia Bogota Colombia Report*.
- Ystaas, J. 1980. Effects of nitrogen fertilization on yield and quality of Moltke pear. In Atkinson, D., Jackson, J.E., Sharples R.O. and Waller, W.M. Editors Mineral Nutrition of Fruit Trees, Butterworths London and Boston. 287-288.
- Yuen, C.M.C. 1993. Calcium and postharvest storage potential. International Conference on Postharvest Handling of Tropical Fruit, Chiang Mai Thailand July 1993.
- Yuen, C.M.C., Tan, S.C., Joyce, D. and Chettri, P. 1993. Effect of postharvest calcium and polymeric films on ripening and peel injury in Kensington Pride mango. *Asean Food Journal* 8, 110-113.
- Zagory, D. 1990. Application of computers in the design of modified atmosphere packaging to fresh produce. In: International Conference on Modified atmosphere Packaging Part 1 Campden Food and Drinks Research Association, Chipping Campden Gloucestershire GL55 6LD, United Kingdom
- Zagory, D. and Reid, M.S. 1989. Controlled atmosphere storage of ornamentals. *International Controlled Atmosphere Conference Fifth Proceedings June 14 to 16 1989 Wenatchee, Washington United States of America Volume 2 Other Commodities and Storage Recommendations* 353-358.

INDICE TEMATICO

- A -

Abscísico

ácido, 76

Abscisión, 27, 30, 203

Abscisión, 27, 30, 203

Absorber

CO₂, 175

Aceite, 21, 52, 55, 201, 207, 224, 225, 226, 227,

228

extracción, 225

Acidez titulable, 65

Acido

abscísico, 76

ascórbico, 40, 131, 225

cítrico, 66, 124, 225

maleico, 27

málico, 66

sulfúrico, 128

tartárico, 66

Acidos grasos, 115, 172, 226

Ackee, 47

Acústico

respuestas de impulso, 50

Adhesivos, 87

Aditivos, 87, 90, 124, 143, 227

Agitadores de árboles, 75

Agua

caliente, 113, 121, 122, 123, 124, 131, 201, 207, 223, 227

relaciones, 21

Aguacate

aceite, 207

Aislamiento eficiente, 86, 150, 169, 174, 182, 186

Ajo, 3, 120, 148, 150, 154

Alcachofa de Jerusalén, 20, 138, 171

Almacén

diseño, 180

Almacenamiento, 155, 199, 200, 201, 207,

208, 209, 210, 211

en sótano,, 141, 148, 150, 217

fozo, 141, 148, 149

in situ,, 141, 148

ventilación nocturna, 142, 148, 154, 155, 217

Almidón, 35, 37, 51, 52, 53, 63, 148, 202, 208, 209, 226, 227

Alternaria, 205, 206, 208, 211

Amoníaco, 166

Analizador

infrarrojo, 174

paramagnético, 174, 188

Ananas comosus, 200

Anón, 35

Antigerminantes, 116

Antioxidante, 226, 227, 229

Antracnosis, 22, 121, 122, 123, 124, 199, 201, 208, 211, 212

VHT, 123

VHT control, 123

Apariencia, 4, 9, 10, 15, 17, 40, 45, 87, 89, 106,

120, 130, 143, 201, 211, 216, 217, 220, 228

Apariencia general, 5

Apio, 27, 28, 138, 147, 171, 220

Arándano, 147

Aroma, 15, 38, 40, 47, 143, 199, 203, 204, 211

Arracacha,

Arveja, 27, 138

pisatin, 27

Aspergillus, 22, 199, 206, 207

Aspiradores

máquinas, 106

Astringencia, 27, 37, 39

Atmósfera, 3, 7, 9, 28, 30, 31, 39, 40, 42, 79, 81, 83, 90, 130, 142, 144, 145, 166, 171, 174, 175, 179, 180, 187, 211, 212

controlada

almacenamiento, 130

Azúcar, 20, 27, 51, 52, 53, 55, 56, 106, 131, 172, 208, 209, 218, 220, 222, 224, 226, 227

- B -

Bacteria, 105, 211, 215, 216

control químico, 123

Baja temperatura, 165

- Banano, 3, 5, 33, 35, 36, 39, 42, 43, 44, 46, 50, 54, 77, 82, 86, 94, 95, 96, 97, 101, 128, 129, 166, 193, 208, 220, 227, 228
Cavendish, 35
Banco de hielo, 135, 136
Batata, 3, 28, 77, 119, 122, 166, 225
curación, 119
Benomil, 203
Benomyl, 123, 124, 131, 200
Benzimidazol, 125
Berenjena, 17, 28, 35, 47, 171, 211
Berro, 85, 171
Biopol, 85
Bitterpit, 20
Bolsas, 19, 44, 48, 79, 82, 83, 92, 93, 120, 130, 133, 135, 174, 182, 199, 201, 202, 205, 206, 208, 212, 223, 228, 229, 230
de papel, 82, 83
de plástico, 48, 83, 223
de polietileno, 133
de polipropileno tejido, 83
microperforaciones, 83
Botrytis cinerea, 28, 128, 129, 203, 211
Breva, 3
Brix, 52, 53, 56, 220, 224
hidrómetro, 52
Brócoli, 3, 27, 48, 81, 137, 138, 165, 171, 172
Bromuro de metilo, 199
Brotación, 28, 129, 165, 172
etileno, 28
- C -**
Cadena de frío, 12, 133, 143
Cadena de mercadeo, 1, 7, 8, 11, 22, 23, 87, 99, 143, 182
componentes, 11
Caja, 59, 64, 79
Bruce, 84
Bruce,, 84
campo, 4
cartón corrugado, 11, 87
estiba, 86
madera, 82, 85, 90
paleta, 128
plástica, 79, 85, 86, 133
pulpa prensada, 87
Calabacín, 171
Calabaza, 82, 171
Calcio
carburo, 30, 39, 42, 43
hidróxido, 125, 174, 175, 176
Calidad, 13, 15, 16, 17, 216
características, 17, 55
componentes, 15
consumo, 46, 201, 210
frutas y hortalizas, 11, 16
normas para frutas y hortalizas, 16
producto procesado, 216
Cambios visuales
índice de madurez, 57
Canastillas plásticas, 85
Canastos, 84
Caqui, 35, 39, 147
Carbohidratos, 37
Carbón activado, 175
Carburo de calcio, 30, 39, 42, 43
Carica papaya, 201
Carotenoides, 35
Carotenos, 27
Cartón, 74, 79, 87, 88, 89, 90, 91, 223, 230
Cebolla, 3, 18, 138, 147
cabezona, 7, 17, 21, 22, 76, 120, 155, 218
HR, 148
temperatura, 166
Centro de acopio, 99
Cereza, 3, 35, 92
Cestos, 84
Ciclo de refrigeración, 167
Cintas plásticas, 83
CIPC, 129, 130, 202
Circulación de aire, 43, 44, 134, 154, 169, 205
Ciruela, 3, 35, 171
Cítrico
ácido, 66, 124, 225
Cladosporium, 204, 206, 211
Clasificación, 3, 5, 6, 7, 11, 18, 35, 49, 50, 54, 57, 75, 79, 99, 106, 199, 224, 226
color, 49, 50
gravedad específica, 54
manual, 106
máquina, 106
Clasificadora iris, 108
Clementinas, 52

- Cloro activo, 123
- Clorofila, 27, 35, 36, 49, 50, 172
- Cloroprofam, 129
- Cloruro de polivinilo, 93
- CO₂
 - Absorber, 175
- Cohombro, 27
- Col de Bruselas, 27, 138
- Coliflor, 3, 27, 48, 76, 137, 171
- Colocasia esculenta, 119
- Color, 15, 45, 57, 106
- Collectotrichum gloeosporioides, 199
- astringencia, 38
- Compuestos fenólicos, 21, 27, 37
 - astringencia, 38
- Conductividad, 55, 182
- Contenedor, 30, 84, 142, 144, 182, 185, 186, 187, 188, 217, 223, 230
 - aéreo, 188
 - aislado, 182, 188
 - atmósfera, 187
 - atmósfera controlada, 187
 - estándar
 - refrigeración, 81
 - ventilación, 182
 - ventilados, 142, 186
- Control
 - de microorganismos, 123
 - enfermedad, 122, 124, 128
 - hongos patógenos
 - químico, 124
- Cormos de taro, 149
- Corrugado, 87, 88, 89, 101
- Cosecha, 1, 6, 8, 11, 16, 71, 75, 76
 - manual
 - frutas, 75
 - hortalizas, 71, 76
 - mecánica, 11, 30, 71, 74, 75, 76
 - frutas, 75
 - hortalizas, 71, 76
 - robot, 77
- Cosechadas con máquinas, 76
- Cristales de hielo, 222
- Curación, 115, 117, 118, 119, 120, 121, 173
 - achipa, 119
 - aplicación, 120
- aroid, 119
- aroides, 7, 9, 16, 113, 115, 116, 119, 120, 121
- batata, 119
- frutas cítricas, 120
- papa, 115
- Cycloheximide, 76
- Champiñones, 3, 29, 77, 217
- Chile, 46
- D -**
- Daño
 - mecánico, 5, 6, 8, 81, 83, 84, 201, 206, 208
 - por congelación, 165
 - por frío, 28, 29, 165, 166, 172, 201, 202, 204, 205, 207, 209, 211, 212
- Déficit de presión de vapor, 169, 180
- Deformación mecánica, 225
- Desbalance Nutricional, 123
- Desórdenes
 - fisiológicos, 4, 20, 73, 123, 144, 148, 165, 172
- Desórdenes internos, 55
- Desverdización, 27, 30, 40, 41, 42
- Dicloran, 201, 203, 206
- Difenil, 128
- Dioscorea, 4, 119
 - alata, 119
 - rotundata, 119
- Dioscorea cayenensis, 119
- Dióxido de azufre, 128, 129
 - Botrytis cinerea*, 128
- Dióxido de carbono, 21, 42, 43, 44, 55, 93, 119, 130, 131, 142, 171, 172, 179, 187, 188, 226
- Diplodia*, 199, 203, 206, 207, 208
- Diseño
 - empacadora grande, 101
- Diseño del empaque, 81
- DLE, 49
- Dothiorella
 - dominicano, 122
 - gregaria, 208
- Dothiorella*., 122, 123, 208
- Durazno, 3, 46, 50, 51, 54, 171

- Durian, 35
- E -**
- ECE/AGRI, 17
- El Centro Nacional de Empaque, 194
- Emisión tardía de luz, 49, 50
- Empacadora, 4, 5, 11, 21, 77, 78, 79, 81, 82, 84, 86, 87, 99, 101, 102, 103, 105, 109, 110, 113, 124, 128, 139, 182
- sencilla, 99
- Empaque
- empacadora, 79, 81
- Empaque-ajustado, 74
- Encerado, 16, 79, 105, 106, 204
- Enfriador, 44, 135, 136, 138
- con banco de hielo, 135, 136
- Enfriadores, 136, 137, 138, 169, 179
- al vacío, 138
- Enfriamiento al vacío, 113, 137
- Enzima, 115, 120, 131, 215, 224
- Equipo de refrigeración, 166
- Ergonomía, 109
- Erwinia carotovora, 22, 211
- Escaldadura, 131
- Espárragos, 3, 19, 27, 29, 47, 137, 138, 217, 218
- Espinaca, 3, 171, 173
- Esponjas enfriadoras, 154
- Espuma plástica, 82
- Estándares de la Comunidad Europea, 6
- Estandarización de Productos Perecederos (ECE/AGRI/7), 17
- Estibas estándar, 81
- Etanol, 41
- Etanolamino, 179
- Ethrel, 30, 40, 41, 43, 76
- Ethysorb, 31
- Etileno, 25, 27, 28, 29, 30, 40, 42
- color, 27
- crecimiento, 29
- daños por enfriamiento, 28
- efectos, 25
- enfermedades, 28
- otros usos, 30
- sabor, 27
- senescencia floral, 30
- textura, 29
- toxicidad, 27
- Etiqueta, 48, 92, 101, 128
- EVAL, 92
- EVDH, 92
- F -**
- FAO, 123
- Feijoa, 35
- Fertilizantes, 21, 22
- Filtro molecular, 175, 180, 188
- Firmeza, 35, 36, 48, 50, 51, 54, 55, 56, 64, 89, 107, 131, 199, 218
- Fisiológicos
- desórdenes:, 165
- Flores, 3, 28, 30, 48, 52, 148, 194
- etileno, 30
- Flores cortadas, 3, 28
- Frambuesa, 35, 75
- Fresa, 3, 20, 28, 30, 35, 75, 99, 132, 136, 171, 173, 210, 215, 222
- Frijol, 18, 133, 138
- Fruta
- climática, 27, 28, 29, 40, 149, 165
- no climática, 29, 52, 149
- preclimática, 39
- Fumigación, 99, 128, 199, 207
- Fumigadas, 128
- Fumigante, 128
- Fungicida, 22, 87, 99, 101, 120, 122, 124, 125, 126, 127, 128, 199, 208, 211
- Fusarium*, 28, 199, 201, 203, 204, 206, 207, 208, 211
- Fusarium oxysporum*, 28

- G -

Generadores catalíticos, 42
Geotrichum, 206, 207
 Giberelina, 28, 130
 Ginebra, 194
Gloeosporium melongenae, 212
Glomerella cingulata, 199
 Granadilla, 20, 197
 Grasos
 ácidos, 115, 172, 226
 Gravedad específica, 46, 53, 54, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 226, 227
 Grosellas, 76
 Guayaba, 38, 47, 130

- H -

Haba, 172
 Habichuela, 3, 47, 76
 HDPE, 92
 Hidrazida maleica, 22
 Hidro-enfriador, 137
 Hidroenfriadora, 137
 Hidroenfriamiento, 113, 133, 137, 138
 Hidrólisis del almidón, 37, 218
 Hidrómetro brix, 52
 Hidróxido
 de calcio, 125, 174, 175, 176
 de sodio, 41, 43, 179
 Hielo, 134, 136, 139, 169, 188, 221, 222, 229, 230
 Hielo seco, 188, 230
 Hielo triturado, 134
 Hipoclorito de sodio, 123
 Hipoglicina, 47, 48
 Hoja, 3, 21, 27, 29, 39, 48, 58, 90, 98, 106, 111, 112, 137, 138
 Humedad, 166
 Humedad relativa, 169

- I -

Incidencia, 91
 Índices de madurez, 8
 infección, 3, 6, 7, 8, 21, 22, 28, 54, 75, 81, 84, 120, 124, 128, 144, 165, 203
 fungosa, 128
 microorgánica, 165

microorganismos, 3, 115, 132, 144
 por hongos, 119
 Insectos, 3, 5, 18, 22, 84, 106, 122, 125, 215, 228
 Inspección, 16, 44, 46, 106, 225, 226
 INTAC, 187
 Intensidad de la luz, 21
 Interacciones, etileno, oxígeno y dióxido de carbono, 42
 Intermediarios, 193, 194
 Iodo, 63
 IPC, 130
Ipomoea batatas, 201
 Iris, 30, 108
 Irradiación, 130, 132, 216
 Irrigación, 21, 22, 218
 Irrigaciones, 78
 Islas del Pacífico Sur, 149
 ISO, 38, 182, 186
 ITC, 91

- J -

Jengibre, 147
 Jugo
 contenido, 21, 51, 218
 manzana, 225

- K -

Kaki, 39, 50
 Kiwi, 3, 17, 29, 38, 109, 173
 Kraft, 83, 87, 89, 93

- L -

La empacadora, 99
 LDPE, 92
 Lechuga, 3, 18, 27, 28, 55, 76, 134, 137, 138, 148, 171, 173
 Lenticelas, 46
 Lima, 171, 224
 Litchi, 35, 85
Lycopersicon esculentum, 210
 LLPE, 92
 Lluvia, 21, 22

- M -

Madurez, 6, 8, 16, 223, 225
 consumo, 225
 cosecha, 199, 203, 206, 207, 210, 218, 223
 fisiológica, 50
 Magness y Taylor, 51
 Maíz, 3, 47, 138, 171, 218, 227
 Malasia, 39, 49
 Maleico
 ácido, 27
 Málico
 ácido, 66
 Mamey, 49
 Mandarina, 52, 56, 171
 Maneb, 201
 Mangifera indica, 36, 37, 199
 Mango, 38, 199
 antracnosis, 199
 Manzana, 3, 17, 19, 20, 28, 29, 42, 49, 50, 51,
 54, 55, 56, 57, 64, 65, 108, 125, 130, 131, 138,
 147, 148, 149, 150, 171, 179, 215
 bitterpit, 20
 Máquina
 clasificación, 106
 clasificadora dos líneas, 103
 fotoeléctrica, 49
 viento, 75
 Maracuyá, 19, 166, 197
 Marcadas, 39, 48, 53, 149
 Mayorista, 7, 77, 82, 84, 193, 194, 196
 Melón, 35, 39, 50, 171, 197, 203
 Mercadeo, 4, 196
 Metabisulfito de sodio, 128, 129, 225
 Microorganismo, 7, 13, 21, 22, 84, 120, 123,
 137, 202, 217
 control, 123
 Microperforaciones, 83
 Minerales, 6, 21, 129, 130
 Minorista, 1, 6, 7, 12, 77, 82, 84, 182, 193, 194,
 196
 Mora, 20, 35, 65, 66, 67, 68, 197, 209, 210
 Mosca de las frutas, 122
 Mosca oriental de las frutas, 122
 Moscas, 47, 230
 Mucor, 201, 203, 207
 Musa, 208

Musa AAA cvs, 208

- N -

Naranja, 19, 20, 21, 49, 50, 51, 52, 55, 57, 65,
 66, 67, 68, 75, 103, 105, 122, 128, 166,
 171, 217, 224
 Nemátodos, 22, 206
 Nepal, 7, 150
 Nitrógeno, 20, 21, 41, 179, 187, 222, 226
 contenedor, reducir oxígeno, 187
 tubos porosos, 187
 Normas de calidad, 16, 193
 Nu-coat flo, 131
 Nutricionales, 6
 Nutri-Save, 131

- Ñ -

Ñame, 4, 5, 22, 74, 77, 87, 117, 120, 121, 125,
 129, 130, 132, 147, 150, 154, 166, 197,
 225

- O -

Oecd, 17
 Okra, 47
 Oleocelosis, 21
 Oliva, 35, 47, 108
 Organoléptica, 50, 51
 Oxígeno, 21, 31, 42, 56, 93, 131, 171, 172,
 173,
 174, 179, 187, 188, 226
 efectos, 142
 Ozono, 31, 32
 removedores, 31

- P -

Pakistán, 5
 Paleta, 134
 Papa, 3, 4, 22, 28, 29, 48, 55, 59, 60, 61, 62,
 63, 73, 74, 76, 82, 83, 103, 115, 119, 120,
 125, 128, 129, 130, 131, 132, 144, 146,
 149, 150, 154, 166, 167, 172, 187, 193,
 215, 218, 225, 226, 227
 Papaya, 19, 39, 45, 49, 50, 75, 87, 122, 149,
 171, 195, 197, 201
 Paravientos, 120
 Passiflora edulis, 209
 Passiflora Flavicarpa, 209

- Passiflora quadrangularis*, 209
 Película plástica, 81, 83, 92, 93
 Penetrómetro, 65
Penicillium, 28, 120, 201, 203
 Pepino, 131, 171
 Perecederos, 6, 17, 215
 Perejil, 171
 Permanganato de potasio, 31
 Persea americana, 207
 PET, 92
 pH, 53, 65, 66, 67, 124
Phomopsis, 201, 207, 208
 Phytophthora, 211, 212
 Pico climático, 55
 Pigmentación, 35, 36, 165
 Pimentón, 19, 27, 35, 47, 108, 131, 137, 171, 172, 181
 Piña, 18, 20, 22, 30, 35, 40, 54, 56, 103, 122, 124, 166, 171, 195, 197, 200, 218, 229, 230
 Pisatin, 27
 Pitaya, 63, 64
 Plataforma, 75, 150, 154
 recolección, 75
 Plátano, 5, 35, 63, 64, 77, 78, 131, 197, 225, 227
 Platino, 31
 Poda, 23
 Poliestireno, 82, 83, 85, 86, 87, 93, 101, 108, 125, 129, 130, 150, 199, 201, 202, 205, 206, 208, 209, 212, 223, 229
 Polietileno tereftalato, 92
 Polietileno, 44, 92, 133
 de alta densidad, 92
 de baja densidad, 92
 mono orientado de baja densidad, 92
 Polímero termoplástico, 85
 Polipropileno, 83, 85
 Polisacarido, 130
 Poliuretano, 174, 182
 Polivinilo butyral, 93
 Polygalacturonasa, 131
 Pomelo, 120, 171
 Post-cosecha, 1, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 16, 17, 20, 21, 22, 25, 27, 33, 39, 45, 48, 49, 53, 54, 71, 76, 77, 87, 115, 120, 121, 122, 123, 124, 125, 128, 129, 130, 131, 132, 141, 143, 149, 165, 172, 196, 197, 199, 200, 203, 211, 215
 Potasio, 21, 31, 53, 63, 64
 Pre-enfriado, 12, 133, 138
 Pre-enfriador, 76, 138
 Pre-enfriamiento, 113, 133, 134, 137, 139, 169, 217, 230
 Prochloraz, 123
 Protocolo de Ginebra - estandarización, 17
 Pruebas de vibración, 54
 PS, 93
 Publicidad, 10, 15, 92, 143
 Pudrición lenticular, 208
 PVB, 93
 PVC, 93
 PVDC, 93
- Q -**
 Qualing, 21
 Químico
 control hongos patógenos, 124
- R -**
 Rábano, 171
 Radiación, 31, 55, 85, 113, 130, 132, 133, 221
 ionizada, 132
 ultravioleta, 31, 85
 Rakuba, 154, 155
 Rambutan, 45, 49
 Rayos
 gama, 55
 X, 55, 132
 Recirculación de aire, 219
 Recubrimientos, 130
 Redes plásticas, 83
 Reefers, 182, 186, 187
 Reflejo cercano infrarrojo, 56
 Refractómetro, 52, 67, 68
 Remolacha, 18, 27, 103, 147, 225
 Repollo, 3, 8, 18, 27, 28, 30, 76, 84, 138, 147, 150, 172
 Respiración, 3, 21, 27, 29, 35, 55, 73, 74, 83, 92, 130, 131, 166, 169, 171, 187, 215
 climática, 35
Rhizopus, 199, 201, 202, 203, 205, 206, 207
Rhizopus orrhizus, 199
 Riego, 77

Rompevientos, 141, 148, 150, 217

Rosetas de maíz, 87

Rosetas de maíz, 87

Rubus, 209

Ruibarbo, 3

-S-

Sandía, 5, 6, 21, 35, 55

Satsumas, 56

Secado, 113, 120, 216, 227

Seguridad, 11, 40, 45, 216, 217, 230

Silicato de aluminio de calcio, 175

Sistemas de mercadeo

factores que afectan, 10

Solanum melongena, 211

Sólidos solubles, 20, 21, 52, 53, 54, 56, 67, 68,
165, 204, 210, 224, 229

Sulfúrico

ácido, 128

Supermercado, 16, 81, 196

-T-

Tal Prolong, 130, 131

Tamaño, 7, 15, 17, 18, 30, 42, 45, 47, 49, 50,
74, 76, 81, 82, 83, 84, 85, 86, 92, 93, 99, 101,
107, 108, 111, 137, 143, 199, 203, 207, 211,
223, 224

Taninos, 37

Tartárico

ácido, 66

Tasa de respiración, 1

Temperatura, 6, 7, 8, 9, 13, 16, 20, 115, 165,
169, 173, 174, 218, 225

Temperatura baja, 165

Tenderómetro, 51, 218

Test de iodo (yodo), 63

Textura, 16, 29, 38, 48, 51, 53, 55, 143, 172,
204, 207, 216, 217, 220, 222, 228

Tijeras, 75

Titulable

acidez, 65

Tomate, 9, 17, 18, 19, 20, 21, 27, 28, 29, 38,
40, 42, 46, 49, 65, 66, 67, 92, 108, 125, 130,
137, 138, 139, 166, 173, 197, 210, 218

Toronja, 19, 28, 52, 75, 108, 120, 122, 224

Transporte, 1, 11, 18, 19, 142, 181, 223, 224,
230

internacional aéreo, 188

neumático, 221

Transporte al mercado, 1, 11

Tratamiento

con agua caliente, 121, 201

de vapor caliente, 122

fungicida, 124

Trehalosa, 131

Turba, 81

-U-

Unidad de refrigeración, 134, 166, 182, 186

Universidad Silsoe, 51

Uva, 3, 19, 35, 53, 54, 128, 129, 147, 171

-V-

Vapor caliente, 122

Vapor Gard, 131

Vht, 122, 123

Vibración, 50, 54, 73, 90, 107

Vitus vinifera, 128

-W-

WHO, 123

-X-

Xanthofilas, 35

Xanthomonas viscariorum, 211

-Y-

Yodo, 53, 58, 63

Yoduro de potasio, 53, 63, 64

Yuca, 7, 19, 60, 63, 64, 76, 77, 82, 119, 148,
149, 150, 152, 195, 197, 223

-Z-

Zanahoria, 3, 18, 27, 29, 138, 147, 171, 225

Zarza, 210

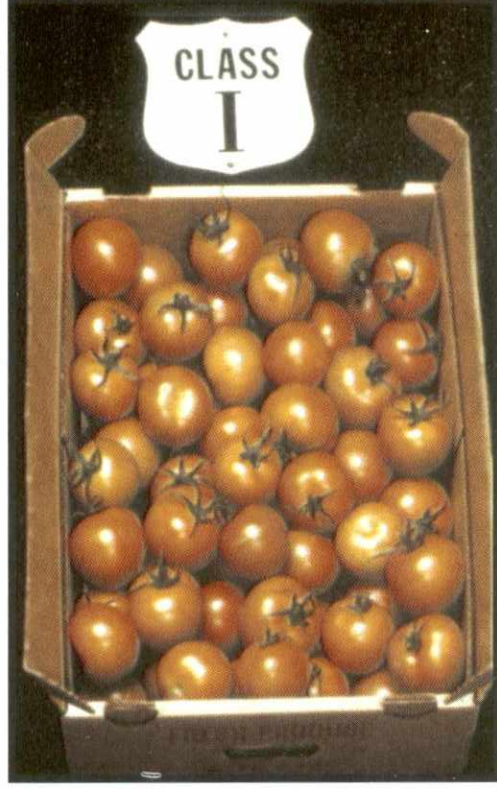
Zarzamora, 209

Zea mays saccharata, 47

DIAPOSITIVAS/FOTOGRAFIAS



Fotografía 3.1



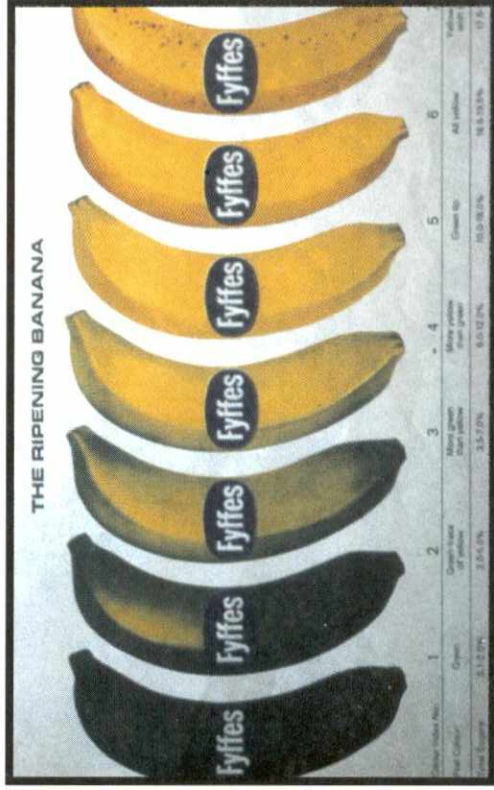
Fotografía 3.2



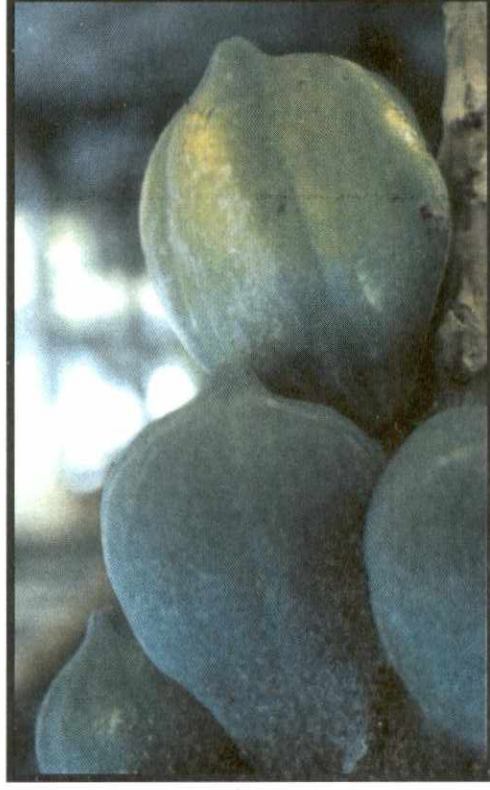
Fotografía 3.3



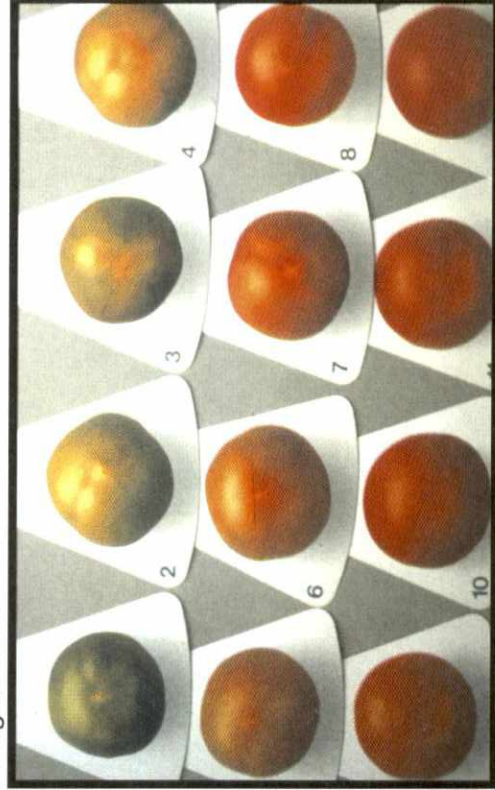
Fotografía 3.4



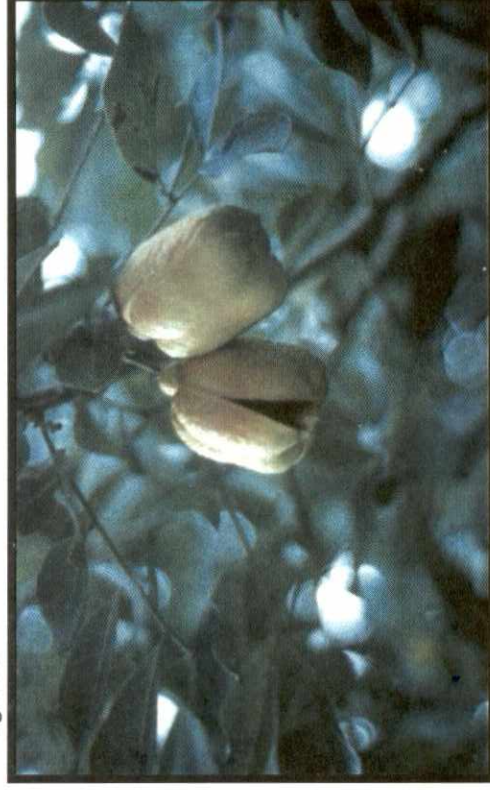
Fotografía 4.1



Fotografía 4.2



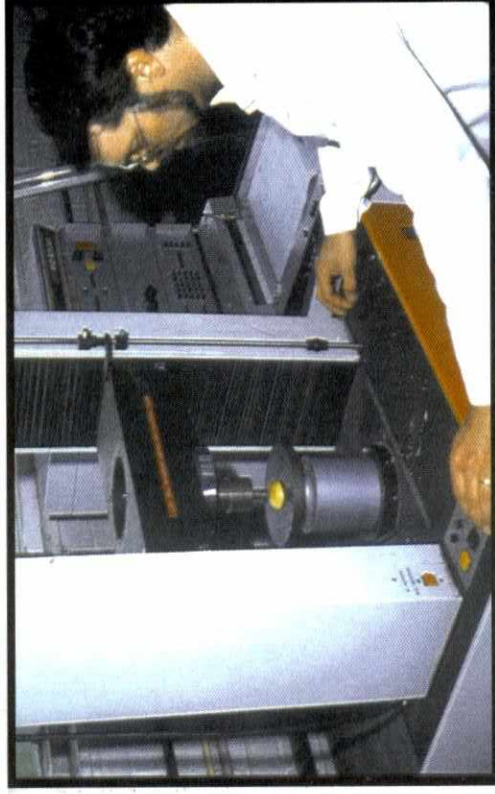
Fotografía 4.3



Fotografía 4.4

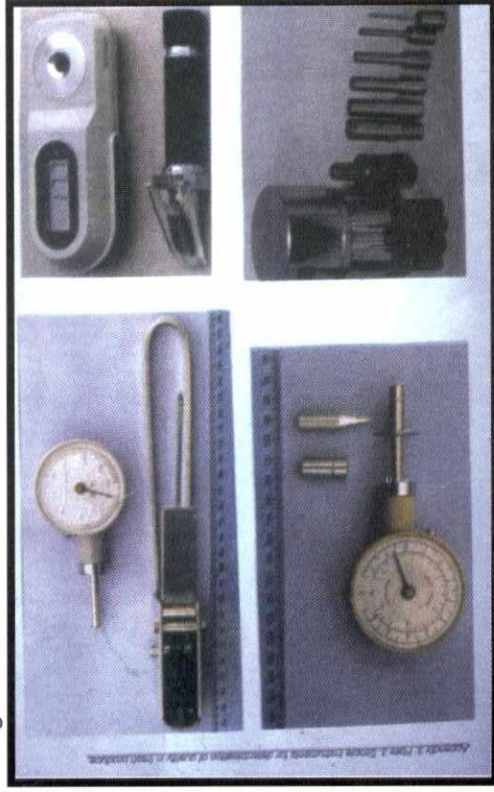


Fotografía 4.5

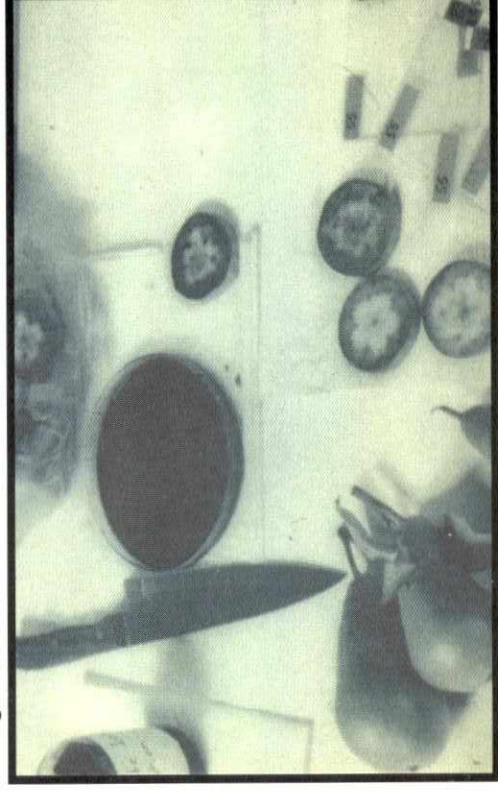


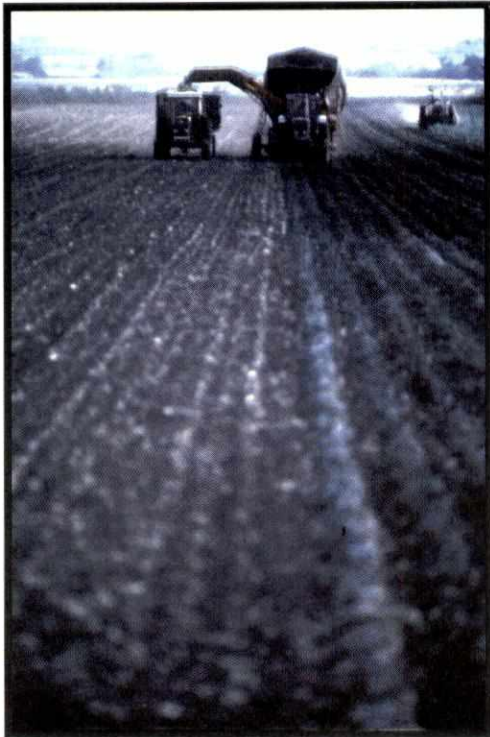
Fotografía 4.6

Fotografía 4.7



Fotografía 4.8





Fotografía 5.1



Fotografía 5.2



Fotografía 5.3



Fotografía 5.4



Fotografía 5.5



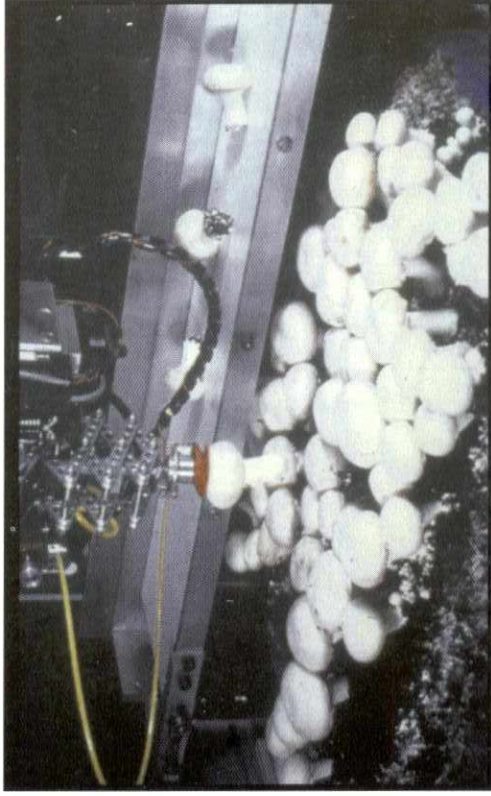
Fotografía 5.6



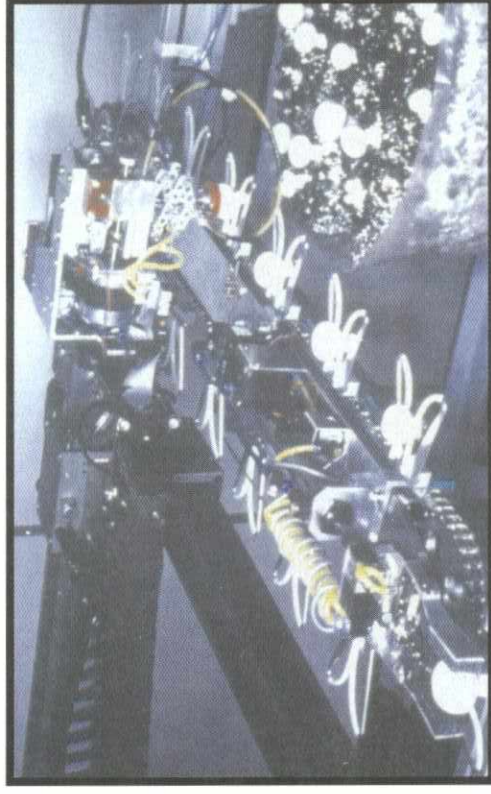
Fotografía 5.7



Fotografía 5.8



Fotografía 5.9



Fotografía 5.10

Fotografía 5.11

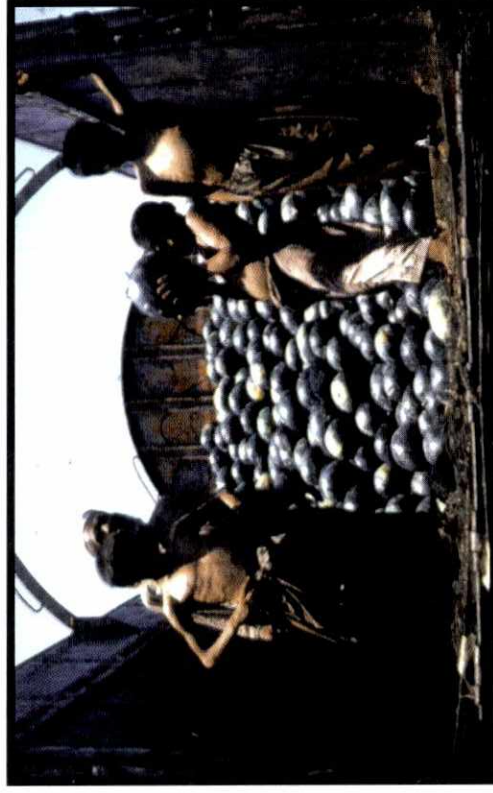


Fotografía 5.12





Fotografía 6.1



Fotografía 6.2



Fotografía 6.3



Fotografía 6.4



Fotografía 6.5



Fotografía 6.6



Fotografía 6.7



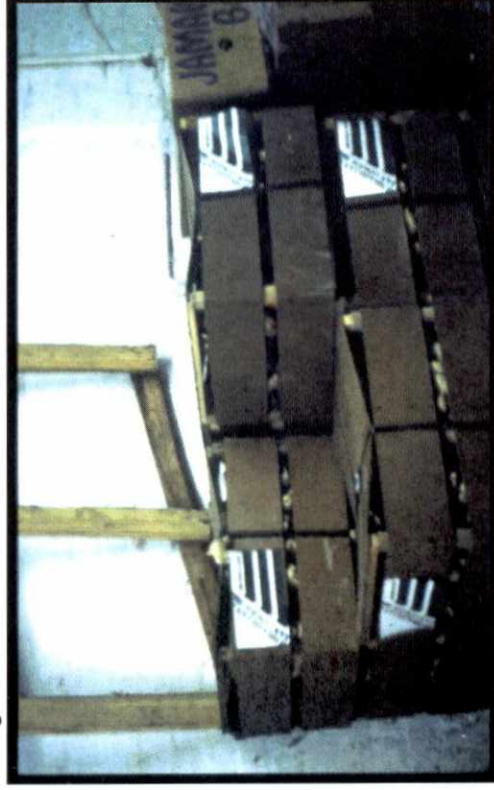
Fotografía 6.8



Fotografía 6.9



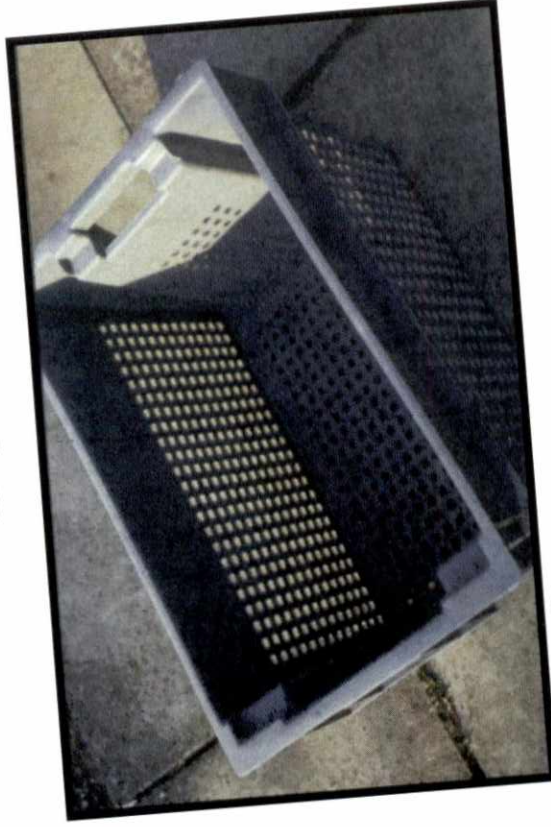
Fotografía 6.10



Fotografía 6.11



Fotografía 6.12



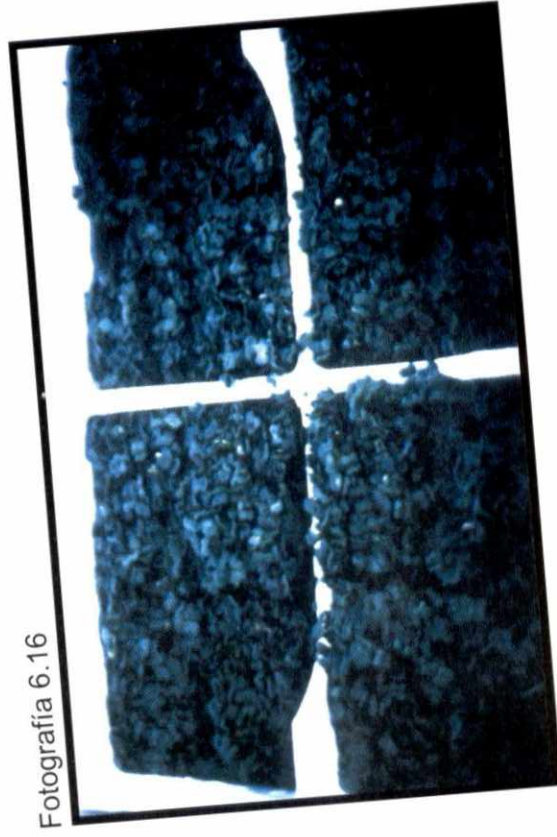
Fotografía 6.13



Fotografía 6.14



Fotografía 6.15



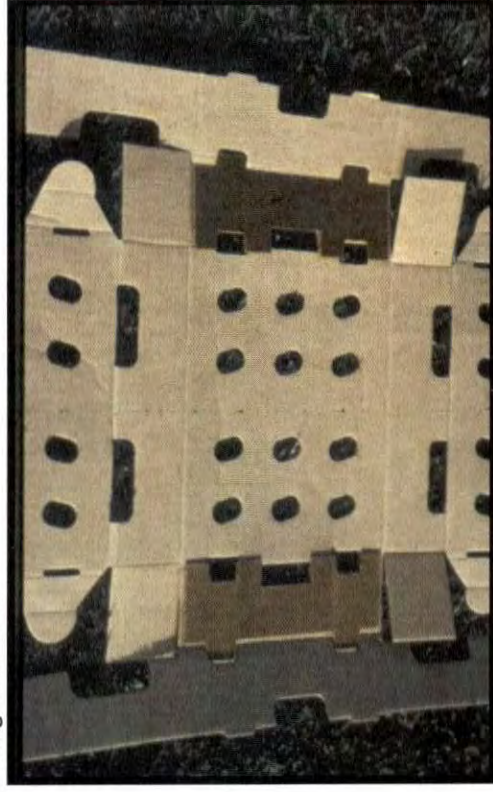
Fotografía 6.16



Fotografía 6.17



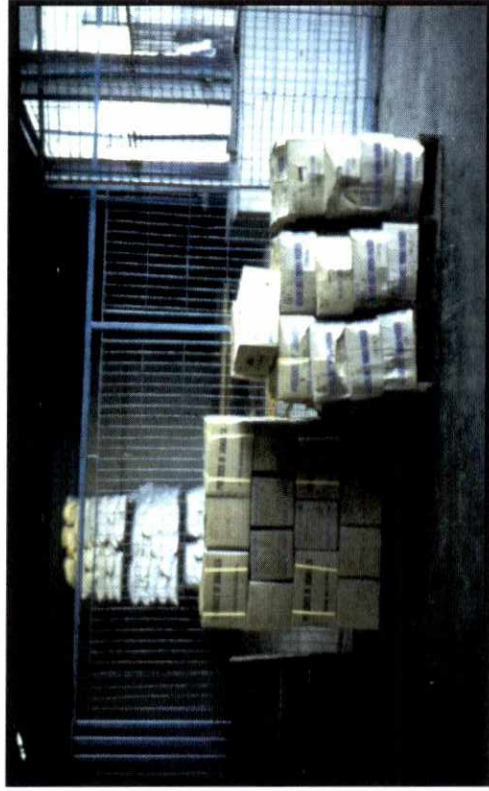
Fotografía 6.18



Fotografía 6.19



Fotografía 6.20



Fotografía 6.21



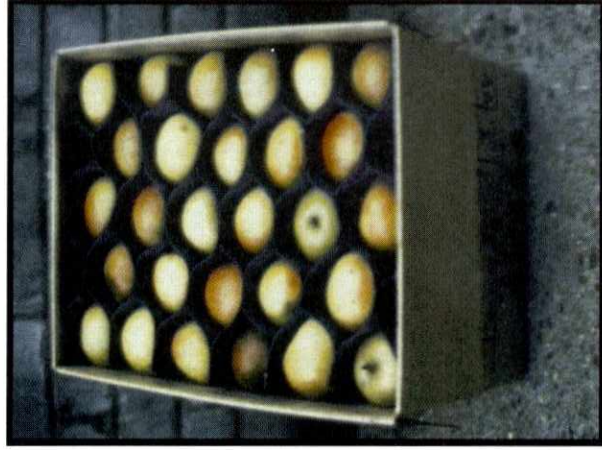
Fotografía 6.22



Fotografía 6.23



Fotografía 6.24



Fotografía 6.25



Fotografía 6.26

Fotografía 6.27



Fotografía 6.28





Fotografía 6.29



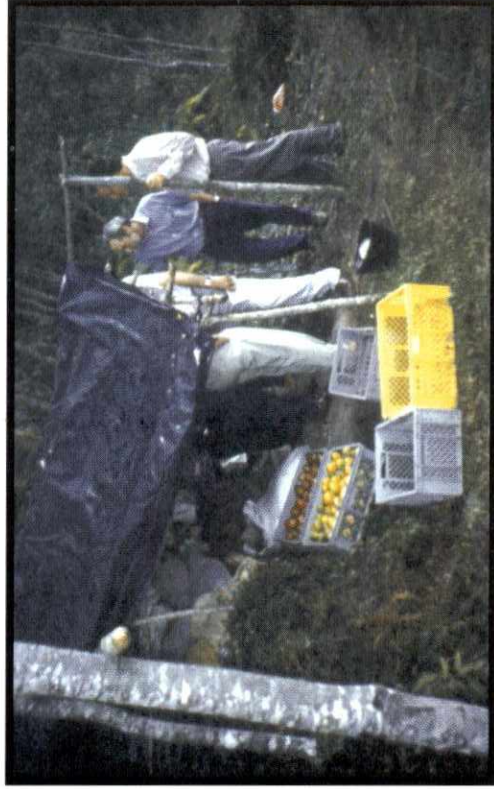
Fotografía 6.30

Fotografía 6.31



Fotografía 6.32

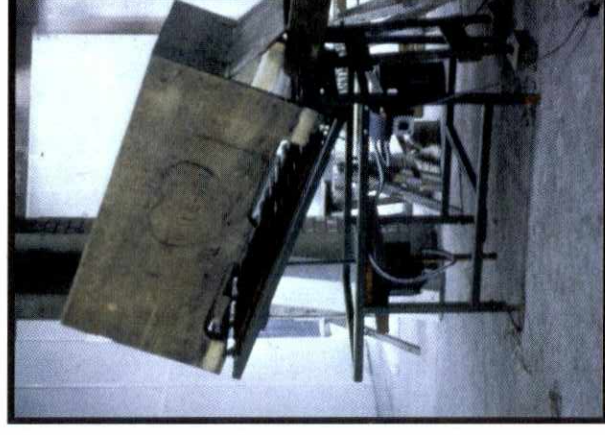




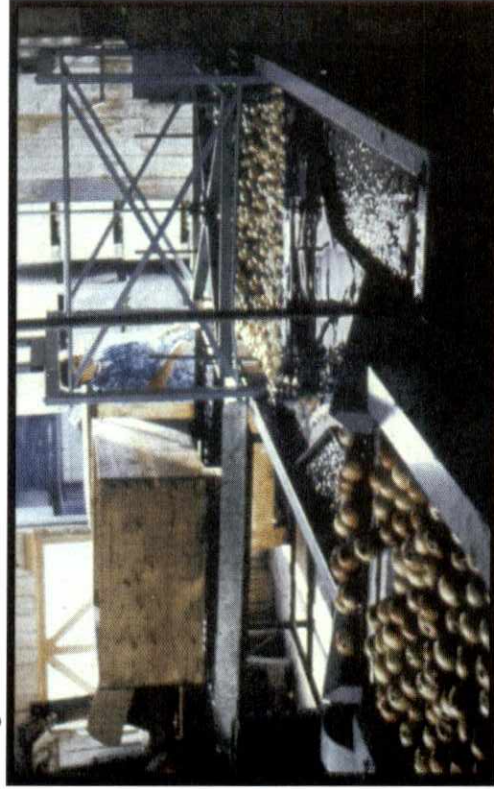
Fotografía 6.33



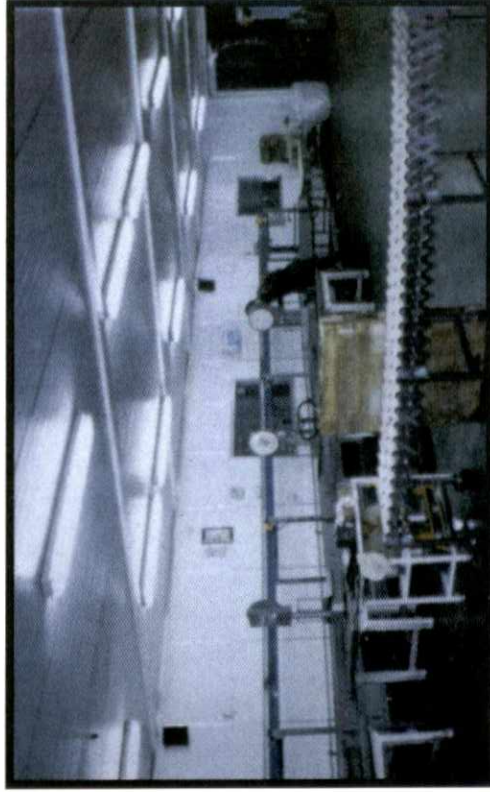
Fotografía 6.34



Fotografía 6.36



Fotografía 6.35



Fotografía 6.37



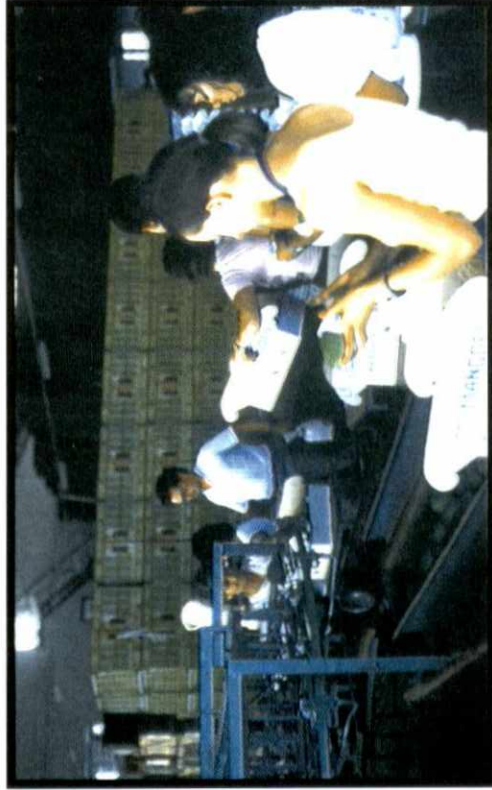
Fotografía 6.38

Fotografía 6.39



Fotografía 6.40

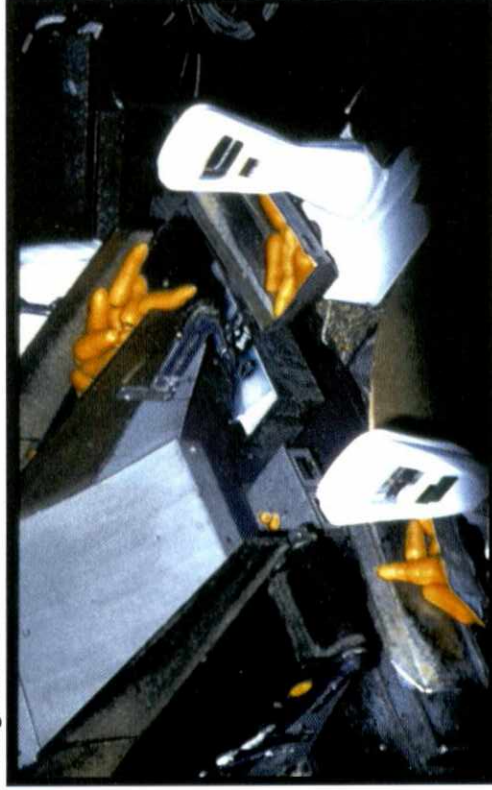




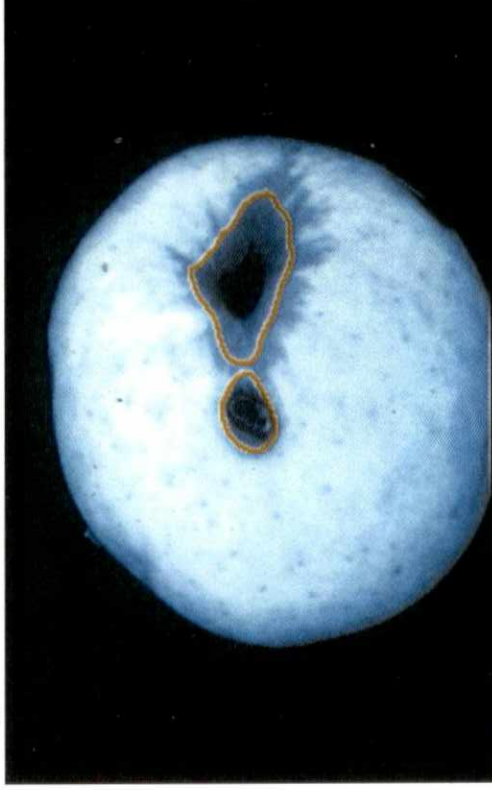
Fotografía 6.41



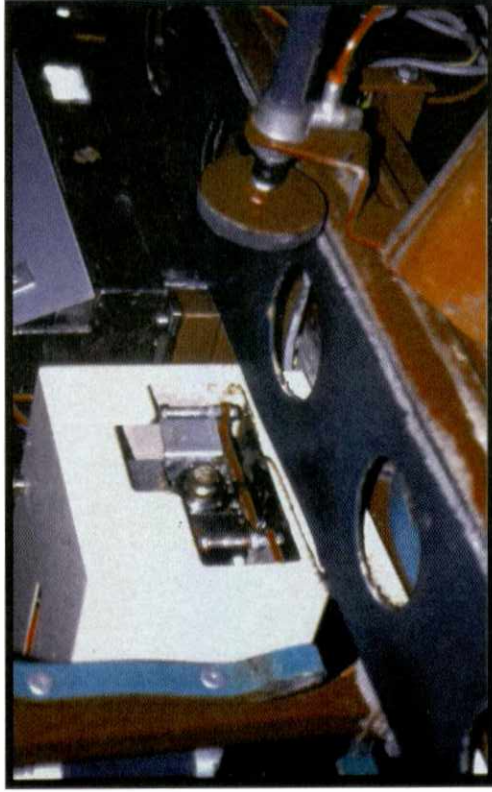
Fotografía 6.42



Fotografía 6.43



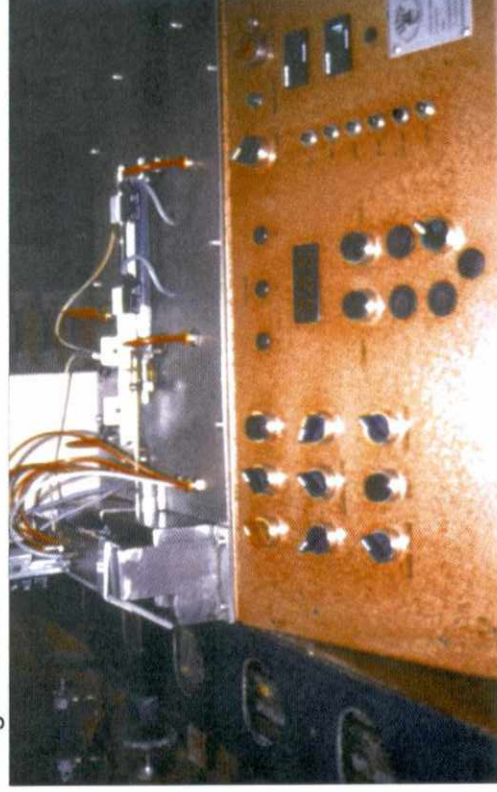
Fotografía 6.44



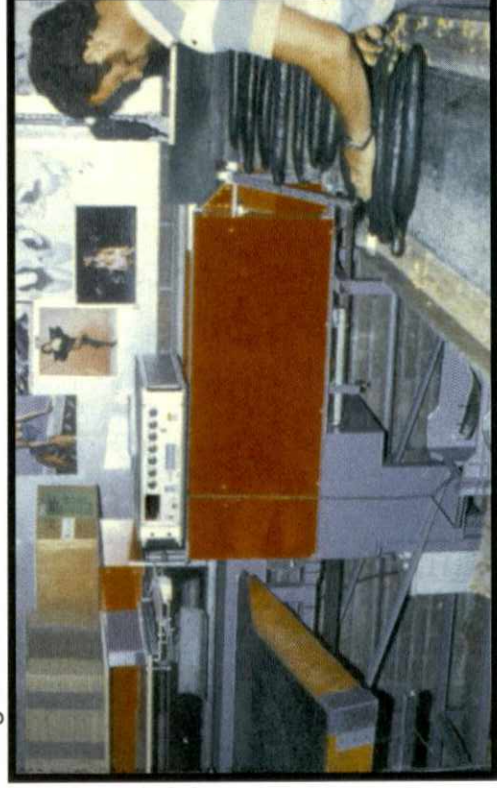
Fotografía 6.45



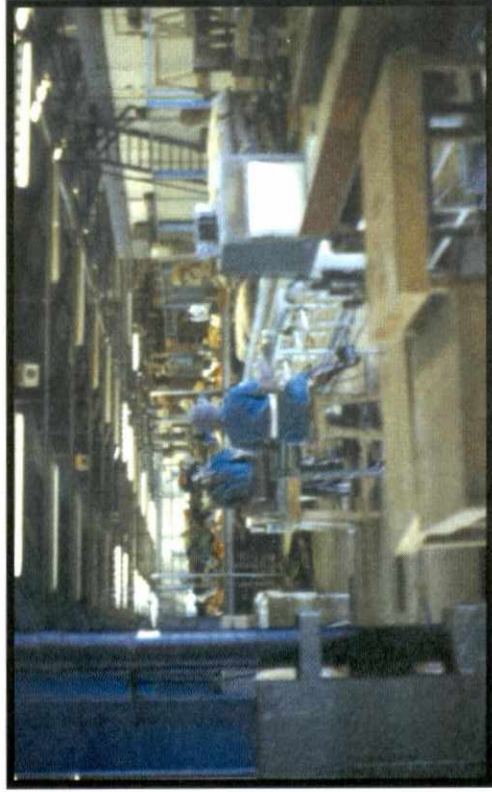
Fotografía 6.46



Fotografía 6.47



Fotografía 6.48

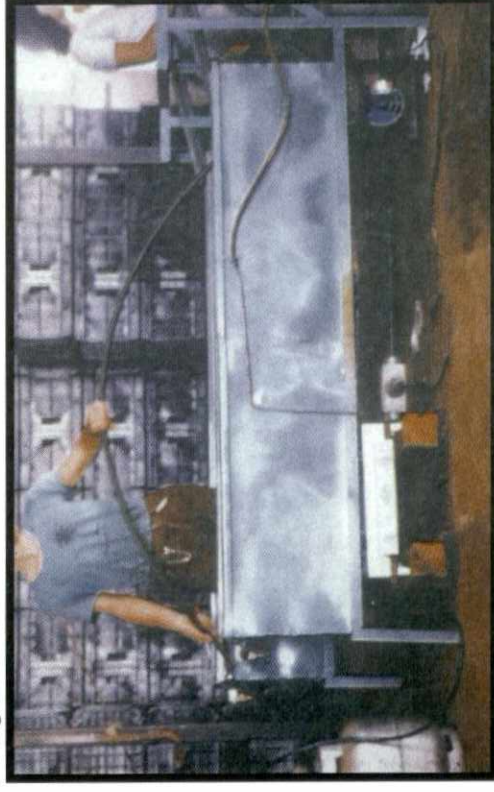


Fotografía 6.49



Fotografía 7.1

Fotografía 7.2



Fotografía 7.3

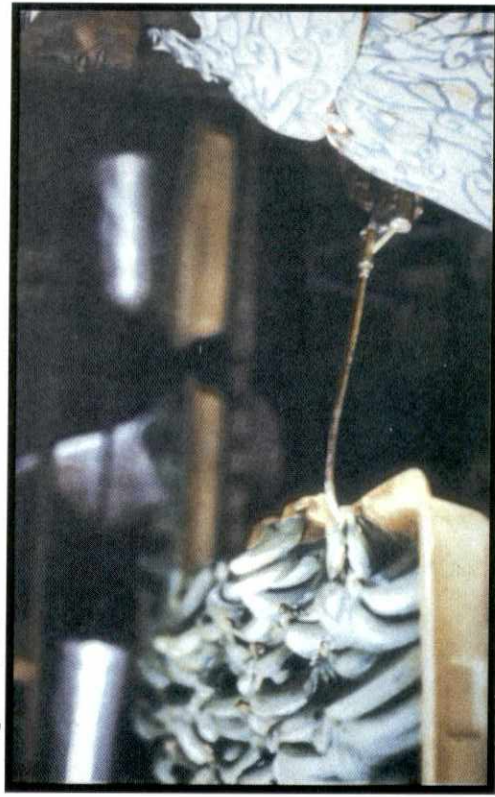




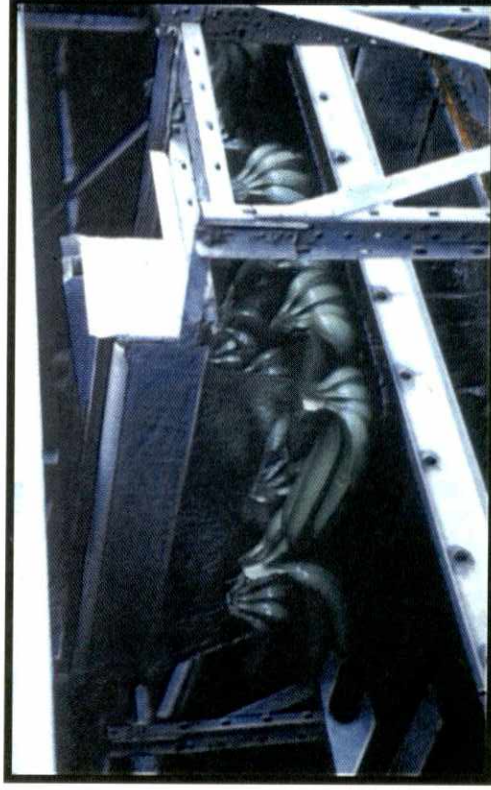
Fotografía 7.4



Fotografía 7.5



Fotografía 7.6



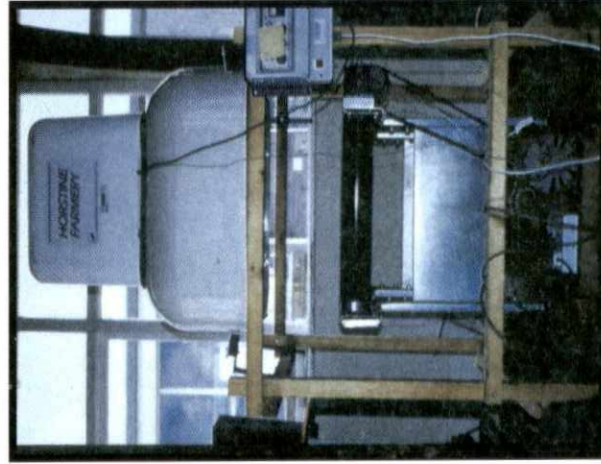
Fotografía 7.7



Fotografía 7.8



Fotografía 7.9



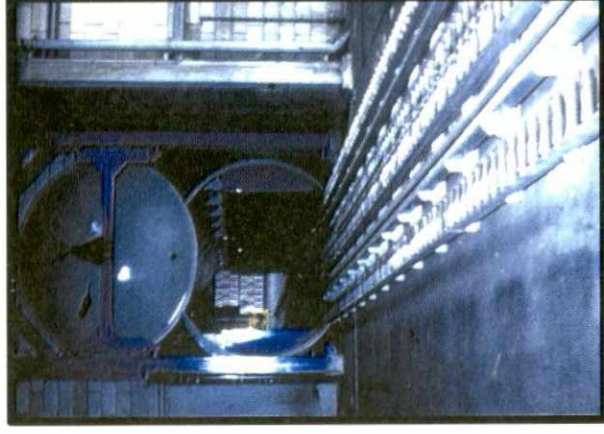
Fotografía 7.10



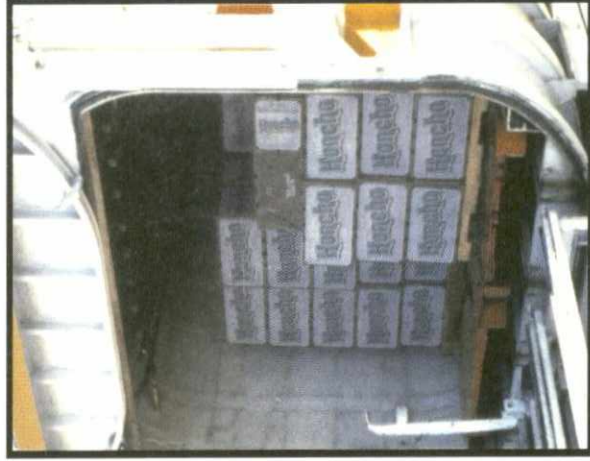
Fotografía 7.11



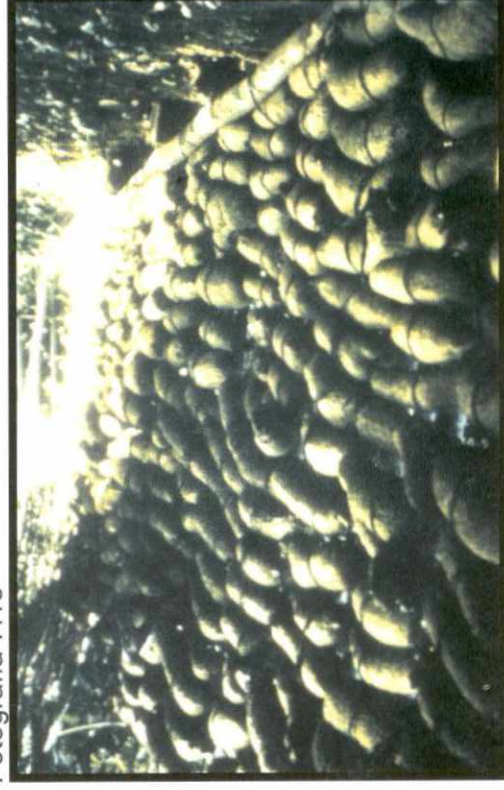
Fotografía 7.12



Fotografía 7.13



Fotografía 7.14



Fotografía 7.15



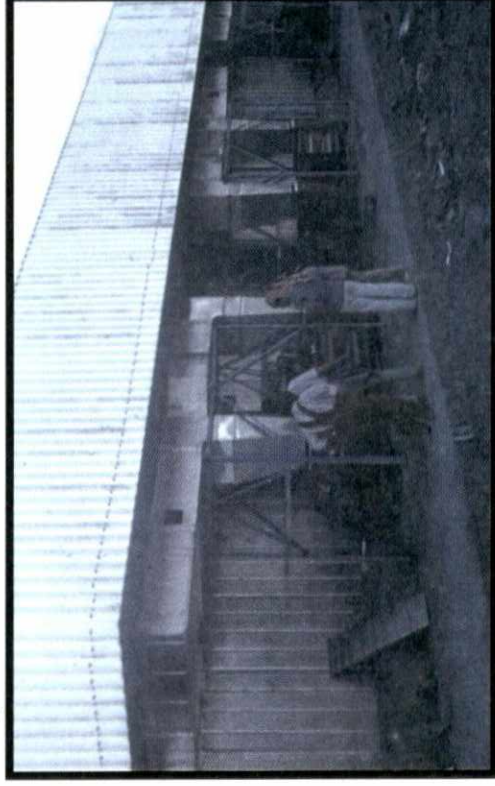
Fotografía 8.2



Fotografía 8.3



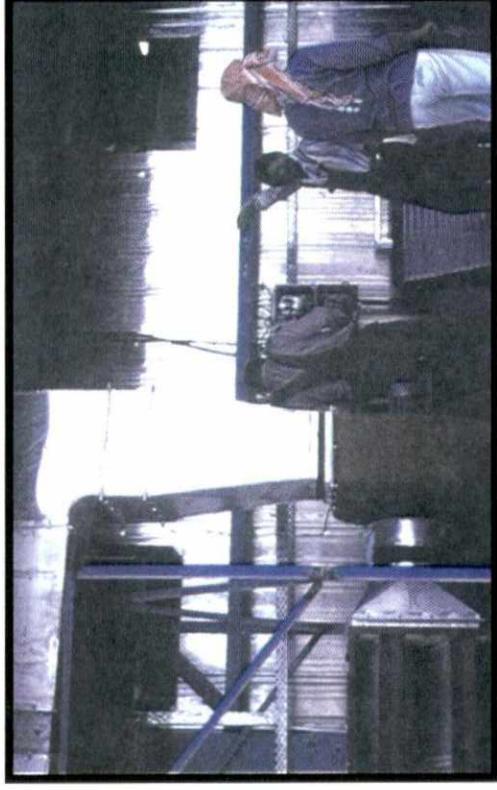
Fotografía 8.4



Fotografía 8.5



Fotografía 8.6



Fotografía 8.7

Fotografía 8.8



Fotografía 8.9

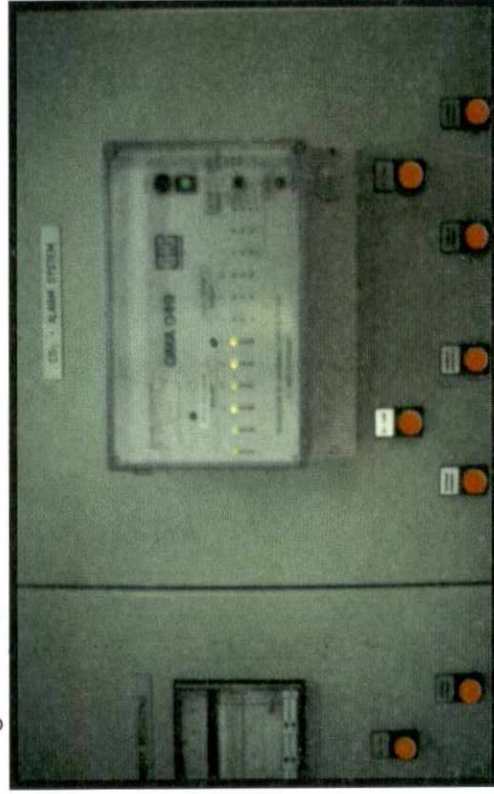




Fotografía 8.10



Fotografía 8.11



Fotografía 8.12



Fotografía 8.13

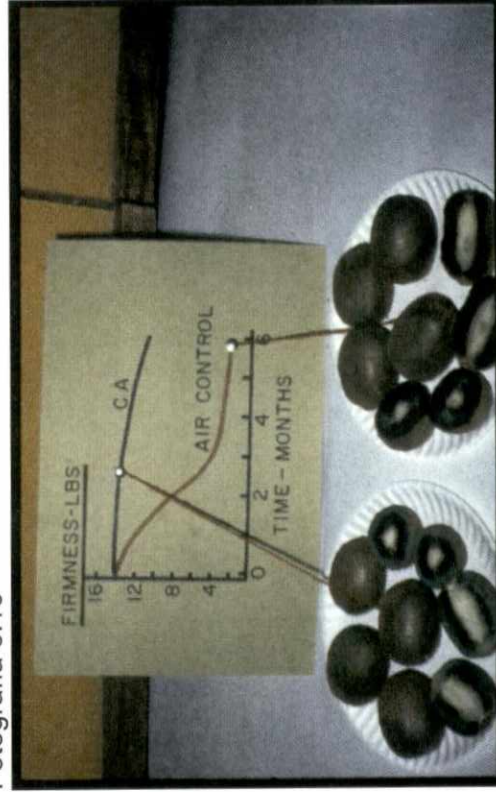


Fotografía 8.14

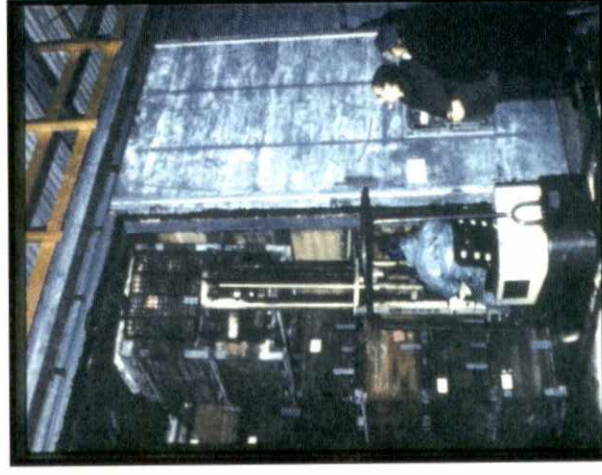


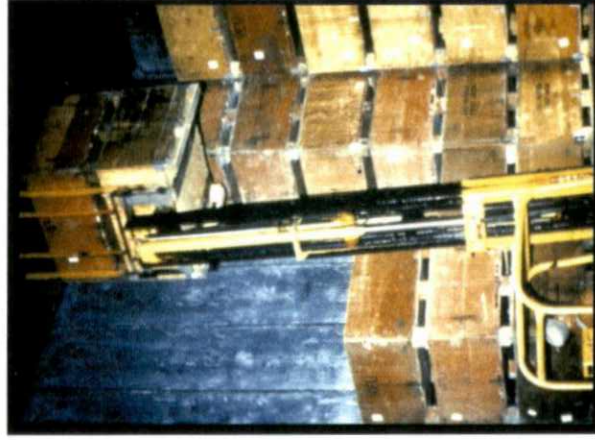
Fotografía 8.15

Fotografía 8.16

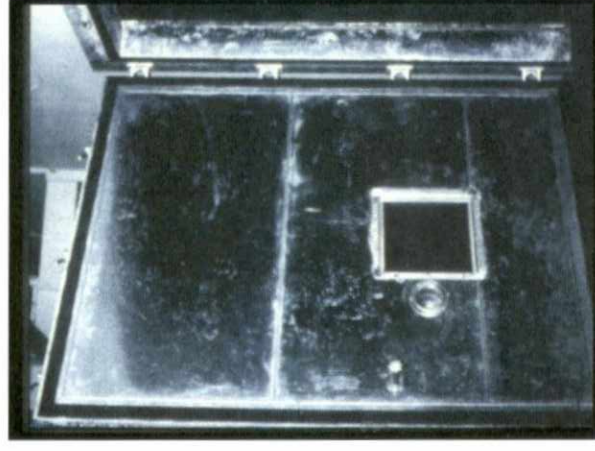


Fotografía 8.17

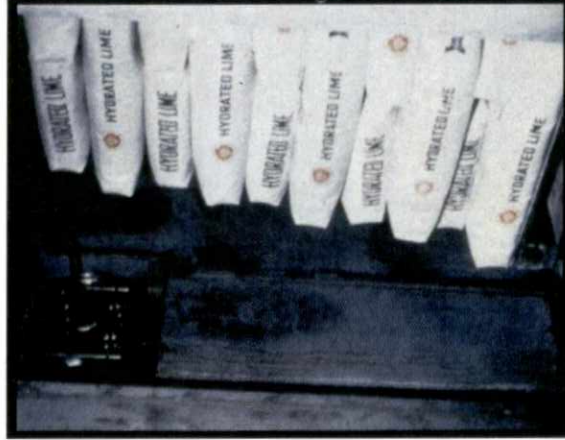




Fotografía 8.18



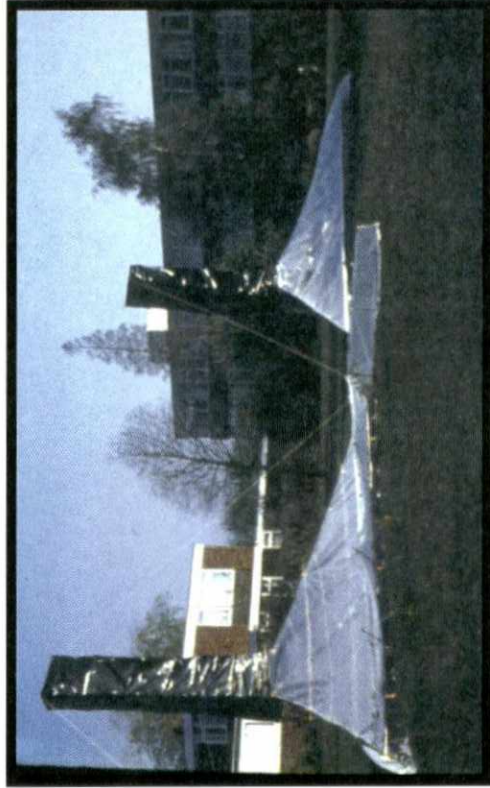
Fotografía 8.19



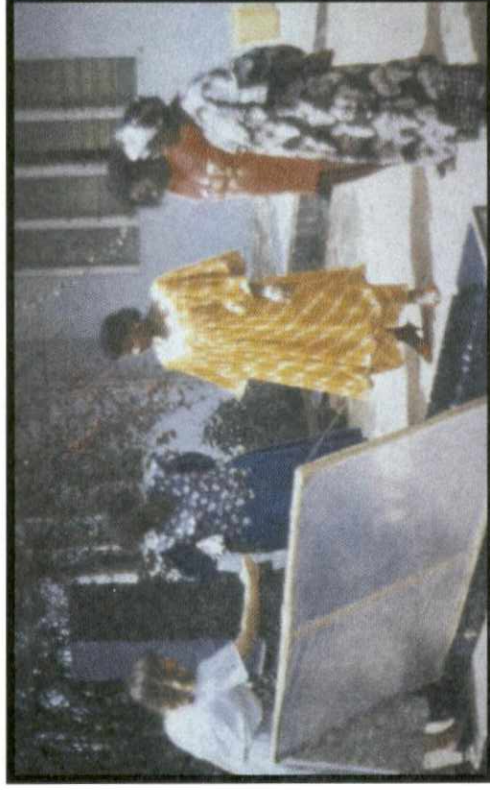
Fotografía 8.20



Fotografía 8.21



Fotografía 11.1



Fotografía 11.2



Fotografía 11.3



Fotografía 11.4



Fotografía 11.5



Fotografía 11.6

Fotografía 11.7



Fotografía 11.8

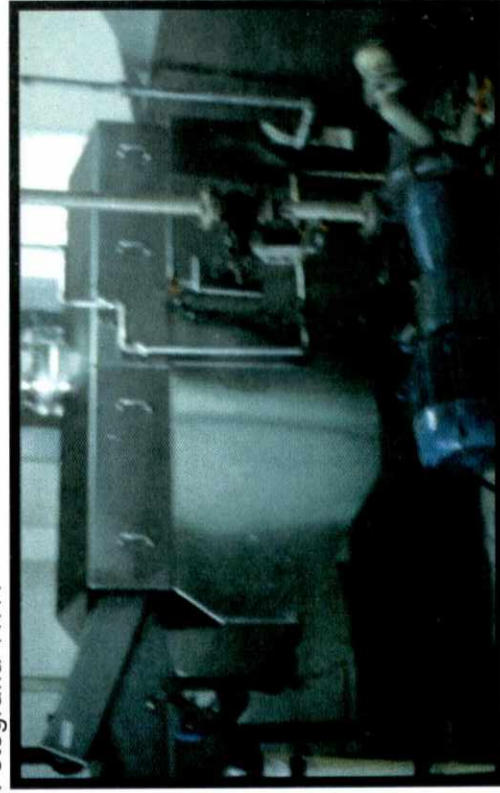




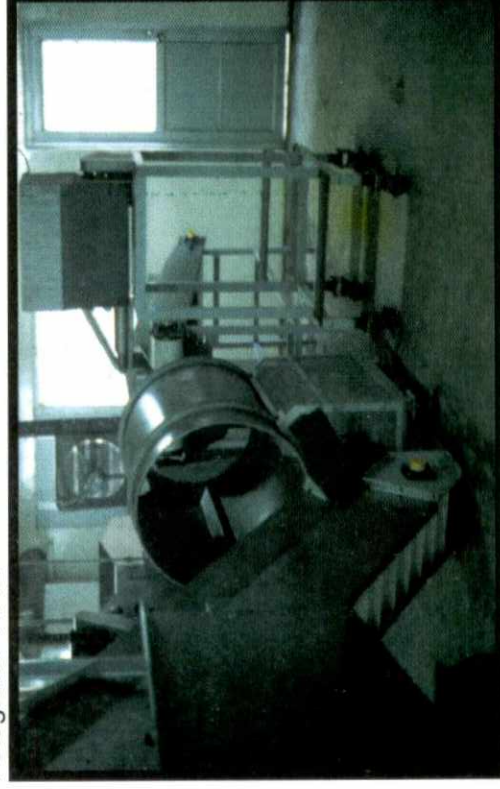
Fotografía 11.9



Fotografía 11.10



Fotografía 11.11



Fotografía 11.12

Tecnología Post - Cosecha de Frutas y Hortalizas

ISBN 958-9401-16-3



9 789589 401163

