

DE

C. W. HALL

F. S. ARANGO

EQUIPO PARA PROCESAMIENTO
DE PRODUCTOS AGRICOLAS

UNIVERSITY OF CALIFORNIA
LIBRARY



RESERVA
NO PUEDE SACARSE
DE BIBLIOTECA



CARL W. HALL Y
FREDDY SALAS ARANGO

**EQUIPO PARA
PROCESAMIENTO
DE PRODUCTOS
AGRICOLAS**



EQUIPO PARA PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS AGRICOLAS



EQUIPO PARA PROCESAMIENTO DE PRODUCTOS AGRICOLAS

CARL W. HALL
Profesor y Jefe
de Ingeniería Agrícola
Universidad del
Estado de Michigan
East Lansing, E. U. A

FREDDY SALAS ARANGO
Profesor de Tecnología
de Alimentos
Universidad Agraria
La Molina
Lima, Perú

**INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS
DE LA OEA LIMA, PERU 1968**

Título de la obra en inglés:

"Processing Equipment for Agricultural Products"

Copyright © 1963 by Carl W. Hall. All rights reserved

PRIMERA EDICION EN ESPAÑOL

Traductor: Ing. Freddy Salas Arango

Diseño de la cubierta: A. Otayza Ibáñez

Derechos de autor © 1968 Carl W. Hall y Freddy Salas Arango
Todos los derechos reservados por el IICA

Library of Congress Catalog Card Number: 68-57923

EDITORIAL IICA



1968

Serie: Textos y Materiales de Enseñanza N° 19

Este libro ha sido publicado por el Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Es parte del Programa de Textos y Materiales de Enseñanza para las Facultades de Agricultura de América Latina, auspiciado con una donación de la Fundación Kellogg, que tiene a su cargo la Dirección Regional para la Zona Andina.

Setiembre de 1968

Lima, Perú

PREFACIO

El procesamiento en Agricultura se refiere a la acción que se realiza sobre el producto agrícola, después que éste se produce. El procesamiento incluye: tratamiento de superficie, como limpieza, separación y clasificación; un cambio en la dimensión, como en el molido y triturado; influencia en la respiración, como en el secamiento, enfriamiento o control del nivel de oxígeno; inactivación de las enzimas y destrucción de bacterias, como en la pasteurización o esterilización.

El principal objetivo en el procesamiento agrícola es la disminución de las pérdidas del producto en calidad y cantidad. Las pérdidas pueden ocurrir en el momento de la cosecha, mientras se transporta el producto, durante el almacenamiento o en la comercialización.

Unos pocos productores proporcionan los productos a un gran número de consumidores y la mayoría de éstos se hallan localizados a cierta distancia de los productores. Durante todo el año los consumidores solicitan y pagan por productos de calidad. De esta manera el procesamiento ha llegado a ser más importante con el desarrollo económico de los Estados Unidos y de otros países. Leyes y reglamentos, ya sean del gobierno o impuestos a través de asociaciones, son más numerosos y se cumplen más estrictamente en los países más desarrollados. El procesamiento agrícola tiene lugar en la granja o fuera de ella, y depende del aspecto económico de la situación. Personas con espíritu de innovación pueden tratar un nuevo proceso en la granja y si obtienen buenos resultados pueden desarrollar una industria que proporcione el proceso a un costo más bajo que el que tendría cuando lo realiza una sola persona. El proceso agrícola industrial consiste por lo general de un equipo de mayor tamaño instalado fuera de la granja, que trata los productos de muchos productores individuales.

En este libro se describe el equipo que se usa en el procesamiento agrícola en granjas o en empresas relacionadas con ella. Se estudiarán el principio de operación, las características de diseño, las prácticas de uso y otros temas relacionados. El libro no utiliza un fundamento matemático, usado en otros libros sobre la materia, y por lo tanto será útil para profesores de agricultura vocacional en escuelas superiores o como una referencia para la escuela secundaria, estudiantes de agricultura mecanizada, personal del Cuerpo de Paz, etc.

La limitación de espacio requiere que sólo se traten los procesos más importantes en términos de volumen de producto. Sin embargo, hay mucha

similitud entre diferentes procesos tanto para líquidos como para sólidos. Así, por ejemplo, la pasteurización de jugos es similar a la pasteurización de la leche, o el manipuleo de manzanas es similar al manipuleo de melocotones o peras. En cada caso, sin embargo, debe utilizarse equipo especializado. El secamiento de maíz es similar al secamiento de otros cereales, pero deben considerarse características especiales del producto tales como resquebrajamiento, color, cubierta de la semilla, germinación y respuesta térmica.

Carl W. Hall y Freddy Salas Arango

Lima, Perú
Agosto de 1968

CONTENIDO

CAPITULO I. MOLIENDA Y MEZCLA DE ALIMENTOS PARA GANADO

Introducción, justificación de la molienda, determinación y designación de la finura de los alimentos molidos, requerimientos de tamaño para varias clases de ganado, equipo para la reducción de tamaño, molino de discos, molino de martillos, molino de rodillos, trituradora, molino para forrajes, requerimientos de potencia, eficiencia de molienda, accesorios, sistemas de manipuleo para la molienda, operación, costos, preguntas.

7 tablas, 15 figuras, 50 referencias.

1 — 27

CAPITULO II. EQUIPO PARA MANEJO Y PROCESAMIENTO DE LECHE

Introducción, utilización de la leche, requerimientos del proceso, salud y limpieza, equipo para el manipuleo de leche, requerimientos para la construcción, leche procesada, propiedades de la leche, olor y sabor del alimento, sanidad, almacenamiento casero, máquinas ordeñadoras, sistemas de tuberías, colado, medidor en la línea de vacío, enfriadores de superficie, enfriamiento de cántaros, sistemas y equipo para enfriamiento de leche en tanques, instalación, necesidades de electricidad, costos, camiones tanque, procesamiento en plantas pequeñas o en pasteurizadoras en la granja, manipuleo, preguntas.

3 tablas, 8 figuras, 59 referencias.

28 — 56

CAPITULO III. EQUIPO PARA LIMPIEZA Y CLASIFICACION DE SEMILLAS

Importancia, leyes y reglamentos, terminología, limpiadoras de criba y de ventilador, operación y ajuste de las limpiadoras de ventilador, cribas, operación, separación neumática, separadores por gravedad, separadores por aspiración, separación basada en la forma de las partículas, separador de discos, separación basada en características de superficie, selección por color, separación electrostática de semillas, mezclador de semillas, escarificador, desbarbador, pulidor, equipo para tratamiento, manipuleo de semillas, preguntas.

2 tablas, 9 figuras, 20 referencias.

57 — 74

CAPITULO IV. EQUIPO PARA PROCESAMIENTO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

Importancia, cantidad procesada, separación basada en la gravedad específica, tamaño, peso, color, características de la superficie, análisis químico, propiedades mecánicas, manipuleo de manzanas, clasificación y separación por tamaños, planta empacadora, lavado, requerimientos para la clasificación, economía y eficiencia, procesamiento por secamiento, extracción de jugo, enlatado, procesamiento y manipuleo de cerezas, clasificación, enlatado, procesamiento y preservación de algunas frutas tropicales, aguacate, higo, toronja, guayaba, níspero japonés, mango, manzanita, papaya, piña, coco; granadilla, preguntas.

4 tablas, 7 figuras, 31 referencias.

75 — 107

CAPITULO V. PROCESAMIENTO DE HUEVOS, AVES Y CARNES

Introducción, características de los huevos, mantenimiento de calidad, enfriamiento, limpieza, clasificación, empaquetamiento de huevos, velocidad de enfriamiento vs. índice de iluminación, carta de flujo de una planta para clasificación de huevos, procesamiento de aves, tiempo de procesamiento para carnes y aves, alimentación antes del beneficio, flujo de la evisceración de aves, empaquetamiento, almacenamiento, preparación de residuos para alimentación de cerdos, beneficio de cerdos y vacunos, tratamiento de cueros, derretido de manteca, congelación, preguntas.

3 tablas, 6 figuras, 21 referencias.

108 — 126

CAPITULO VI. SECAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS VEGETALES

Mecanización de la cosecha y preservación del producto, pérdidas en agricultura, secamiento mecánico, principios del movimiento de humedad, determinación del contenido de humedad, sistemas de secamiento, relación entre el flujo de aire y la presión estática, requerimientos de potencia, secadoras con aire calentado, sistemas de distribución de aire, secamiento de heno, secamiento de granos, aspectos económicos del secamiento, aereación de granos, ensilaje, ensilaje de heno de baja humedad, preguntas.

7 tablas, 10 figuras, 9 referencias.

127 — 150

CAPITULO VII. REFRIGERACION Y ALMACENAMIENTO REFRIGERADO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

Principios de la refrigeración, componentes de un sistema de refrigeración, sistema de compresión, evaporador, compresor, condensador, refrigerante, controles, operación económica, sistema de absorción, generador, almacenamiento con aire enfriado, almacenamiento refrigerado de productos, preenfriamiento, sistemas de transporte al almacén y del almacén, tamaño y capacidad, atmósfera controlada, carga de calor, pérdida a través de las paredes, carga de producto para enfriamiento, carga de producto para congelación, requerimientos para congelación, maduración, procesamiento, almacenamiento de plátanos, cítricos, preguntas.

7 tablas, 8 figuras, 18 referencias.

151 — 179

CAPITULO VIII. OTROS SISTEMAS DE PROCESAMIENTO

Productos agrícolas usados como combustible, bebidas alcohólicas, plátanos y productos derivados, azúcar de remolacha, cacao, beneficio de café, copra, desmotado de algodón, nuez inglesa, fibras, lúpulo, irradiación de productos, cebada cervecera, miel de arce y azúcar de arce, destilación de aceite de menta, piñas, arroz, caña de azúcar, té, tabaco, preguntas.

3 tablas, 5 figuras, 20 referencias.

180 — 198

APENDICE

199 — 215

INDICE DE MATERIAS

217 — 220

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO I. MOLIENTA Y MEZCLA DE ALIMENTOS PARA GANADO

- Fig. 1.1 Maíz en grano entero y molido
- Fig. 1.2 Tamices normalizados para clasificación por tamaño
- Fig. 1.3 Agitator Ro-tap de tamices
- Fig. 1.4 Corte seccional de un molino de martillos
- Fig. 1.5 Separador de polvo o de alimentos molidos
- Fig. 1.6 Molino de rodillos
- Fig. 1.7 Maíz de un depósito elevado triturado por un molino de rodillos
- Fig. 1.8 Efecto de la fineza en la potencia para molienda de maíz en grano
- Fig. 1.9 Efecto de la fineza en la potencia para molienda de avena
- Fig. 1.10 Mezcla antes de la molienda
- Fig. 1.11 Mezcla después de la molienda
- Fig. 1.12 Mezcladora de alimentos por carga
- Fig. 1.13 Costo de molienda - pequeñas unidades vs. grandes unidades
- Fig. 1.14 Diagrama de flujo para un molino modelo de alimentos que opera con el sistema de pedidos
- Fig. 1.15 Diagrama de flujo de un molino con manipuleo de alimentos al granel

CAPITULO II. EQUIPO PARA MANEJO Y PROCESAMIENTO DE LECHE

- Fig. 2.1 Densidad aproximada de la leche entera y normalizada
- Fig. 2.2 Disposición de la máquina ordeñadora
- Fig. 2.3 Tuberías de leche al vacío para tanques a presión atmosférica
- Fig. 2.4 Tanques de banco de hielo y expansión directa
- Fig. 2.5 Disposición esquemática del transporte de leche de la vaca al camión tanque y del camión tanque a la planta
- Fig. 2.6 Esquema de un sistema de pasteurización por cargas
- Fig. 2.7 Esquema de un sistema de pasteurización HTST
- Fig. 2.8 Plano de una pequeña planta rural de procesamiento de leche fluída en una granja

CAPITULO III. EQUIPO PARA LIMPIEZA Y CLASIFICACION DE SEMILLAS

- Fig. 3.1 Corte seccional de una limpiadora típica de dos cribas
- Fig. 3.2 Diagrama esquemático del flujo de maíz a través de una criba cilíndrica para obtener seis grados
- Fig. 3.3 Separador neumático de productos de acuerdo al tamaño, forma y densidad
- Fig. 3.4 Separador de productos secos por gravedad específica
- Fig. 3.5 Separador por longitud - disco y cilindro
- Fig. 3.6 Separador de banda inclinada
- Fig. 3.7 Equipo para separación de semillas ásperas de las semillas suaves
- Fig. 3.8 Equipo de selección por color
- Fig. 3.9 Escarificador para semillas

CAPITULO IV. EQUIPO PARA PROCESAMIENTO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

- Fig. 4.1 Manipuleo de frutas en plataformas
- Fig. 4.2 Plano de una planta empacadora
- Fig. 4.3 Vaciado de las cajas de fruta

- Fig. 4.4 Diagrama de flujo para enlatado de manzanas
 Fig. 4.5 Diagrama de flujo para procesamiento de cerezas
 Fig. 4.6 Plano de distribución de una cocina comunal de procesamiento

CAPITULO V. PROCESAMIENTO DE HUEVOS, AVES Y CARNES

- Fig. 5.1 Carta de flujo para un centro de clasificación de huevos
 Fig. 5.2 Vista superior de un centro de procesamiento de huevos
 Fig. 5.3 Comparación entre el cuerpo de un huevo fresco y el de uno añejo
 Fig. 5.4 Plano de una pequeña planta para procesamiento de aves
 Fig. 5.5 Carta de flujo para el desplumado y evisceración de aves
 Fig. 5.6 Plano de un matadero comunal y de una planta de procesamiento y de congelación de carnes

CAPITULO VI. SECAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS VEGETALES

- Fig. 6.1 Relación de contenido de humedad a peso seco
 Fig. 6.2 Silo metálico circular con falso piso de metal perforado
 Fig. 6.3 Ducto triangular en posición central horizontal
 Fig. 6.4 Criba circular para secamiento de granos por aire forzado con ductos principal y laterales
 Fig. 6.5 Silo metálico circular con ducto vertical
 Fig. 6.6 Secador continuo, con transportador de tela, para forrajes y granos
 Fig. 6.7 Secadores del tipo de columna vertical
 Fig. 6.8 Ducto vertical para sistemas de aereación
 Fig. 6.9 Ductos horizontales para sistemas de aereación
 Fig. 6.10 Capacidades de silos

CAPITULO VII. REFRIGERACION Y ALMACENAMIENTO REFRIGERADO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

- Fig. 7.1 Calor en un gramo de agua a varias temperaturas
 Fig. 7.2 Flujo de calor para cambios de estado
 Fig. 7.3 Sistema de refrigeración mecánica
 Fig. 7.4 Control termostático para un sistema de compresión
 Fig. 7.5 Relación de las presiones de entrada y de salida con la potencia
 Fig. 7.6 Sistema de refrigeración por absorción
 Fig. 7.7 Plano de un almacén refrigerado para ventas al por mayor y menor con capacidad de 350 metros cúbicos
 Fig. 7.8 Cálculos de flujo de calor
 Fig. 7.9 Temperatura de la superficie del evaporador en relación con la humedad del almacén

CAPITULO VIII. OTROS SISTEMAS DE PROCESAMIENTO

- Fig. 8.1 Fabricación de azúcar de remolacha
 Fig. 8.2 Beneficio de café
 Fig. 8.3 Desmotado de algodón
 Fig. 8.4 Destilación de aceite de menta
 Fig. 8.5 Procesamiento de arroz

APENDICE

- Fig. A.1 Carta psicrométrica

LISTA DE TABLAS

CAPITULO I. MOLIENDA Y MEZCLA DE ALIMENTOS PARA GANADO

- Tabla 1.1 Granos dados al ganado como alimento en 1960
- Tabla 1.2 Módulo de fineza e índice de uniformidad de los alimentos molidos
- Tabla 1.3 Clasificación del módulo de fineza promedio para molienda de granos y forrajes
- Tabla 1.4 Energía, costo y uniformidad de molienda de diferentes granos a varias finezas
- Tabla 1.5 Energía para la molienda de algunos forrajes con molino de discos y molino de martillos
- Tabla 1.6 Tamaño aproximado de cribas para varias finezas de molienda, diámetro en centímetros
- Tabla 1.7 Elevación de temperatura durante la molienda — °C
- Tabla 1.8 Capacidades de equipo y rango de costo de los molinos para alimentos

CAPITULO II. EQUIPO PARA MANEJO Y PROCESAMIENTO DE LECHE

- Tabla 2.1 Sumario de características de los dos tipos de tanques para leche al granel
- Tabla 2.2 Requerimientos de electricidad para tanques de leche de recolección diaria
- Tabla 2.3 Dimensiones para una lechería que usa tanques de leche

CAPITULO III. EQUIPO PARA LIMPIEZA Y CLASIFICACION DE SEMILLAS

- Tabla 3.1 Cribas recomendadas para algunos productos agrícolas
- Tabla 3.2 Especificaciones para la clasificación de semilla de maíz híbrido en Michigan

CAPITULO IV. EQUIPO PARA PROCESAMIENTO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

- Tabla 4.1 Tiempo de procesamiento a 115°C para frutas y hortalizas
- Tabla 4.2 Tiempo de procesamiento a 100°C para frutas y hortalizas
- Tabla 4.3 Tamaños comunes de latas usadas para frutas y hortalizas
- Tabla 4.4 Materia prima necesaria para llenar un número de envases de medio litro
- Tabla 4.5 Resumen de instrucciones para enlatado de frutas tropicales

CAPITULO V. PROCESAMIENTO DE HUEVOS, AVES Y CARNES

- Tabla 5.1 Índice de prueba a trasluz y tiempo necesario de enfriamiento de huevos en diferentes recipientes
- Tabla 5.2 Carta de flujo para una planta de clasificación de huevos
- Tabla 5.3 Tiempo de procesamiento a 120°C para carnes y pollos

CAPITULO VI. SECAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS VEGETALES

- Tabla 6.1 Contenido de humedad para almacenamiento seguro durante un año
- Tabla 6.2 Relaciones entre flujo de aire, presión estática y profundidad, para granos, usando aire sin calentar
- Tabla 6.3 Estado de maduración del heno para la obtención máxima de nutrientes
- Tabla 6.4 Costo total por hectolitro para secamiento de maíz en grano a 13 por ciento de contenido de humedad
- Tabla 6.5 Flujo de aire recomendado para aereación de granos almacenados
- Tabla 6.6 Requerimientos típicos de potencia para aereación de maíz desgranado en almacén
- Tabla 6.7 Resistencia al flujo de aire en sistemas de aereación

CAPITULO VII. REFRIGERACION Y ALMACENAMIENTO REFRIGERADO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

- Tabla 7.1 Equivalentes de una kilocaloría
- Tabla 7.2 Características de algunos refrigerantes
- Tabla 7.3 Requerimientos para el almacenamiento de frutas frescas
- Tabla 7.4 Requerimientos para el almacenamiento de hortalizas frescas
- Tabla 7.5 Conductividad de materiales usados comúnmente en la construcción de almacenes
- Tabla 7.6 Calor específico y calor latente de algunas frutas y hortalizas
- Tabla 7.7 Calor de respiración de frutas y hortalizas

CAPITULO VIII. OTROS SISTEMAS DE PROCESAMIENTO

- Tabla 8.1 Bebidas alcohólicas hechas de productos agrícolas.
- Tabla 8.2 Efecto de la irradiación en algunos productos.
- Tabla 8.3 Curado del tabaco de hoja brillante.

APENDICE

- Tabla A.1 Número de semillas por kilogramo.
- Tabla A.2 Peso de granos y semillas por hectolitro.
- Tabla A.3 Pesos y medidas de frutas y hortalizas.
- Tabla A.4 Recomendaciones para el secamiento de granos.
- Tabla A.5 Secamiento de heno con aire caliente.
- Tabla A.6 Factores de conversión para productos agrícolas.
- Tabla A.7 Humedad en equilibrio con aire a varios porcentajes de humedad.
- Tabla A.8 Diagnóstico de fallas en un sistema de refrigeración por compresión.
- Tabla A.9 Litros de fumigante para 1,000 hectolitros de grano.

Capítulo I

MOLIENDA Y MEZCLA DE ALIMENTOS PARA GANADO

Introducción. Entre 1952 y 1956 se vendieron en los Estados Unidos un promedio anual de 29,400 molinos de alimentos para animales y en 1955 se dieron al ganado 131.7 millones de toneladas de granos como alimento. Los más importantes de estos granos están señalados en la Tabla 1.1. Una gran parte de ellos fue molido o desmenuzado en la granja, en elevadores de granos o en molinos comerciales, antes de dárselos al ganado.

Tabla 1.1. Granos dados al ganado como alimento en 1960 (USDA, 1962)

Granos	Metros Cúbicos	Porcentaje del producto para alimento en la granja
Maíz	92'118.000	66.3
Avena	28'840.000	71.0
Trigo	1'016.000	2.1
Cebada	5'130.000	34.4
Sorgo	5'717.000	25.6
Centeno	178.000	1.6

A fin de poder proporcionar un alimento que tenga un tamaño óptimo de partícula es necesario conocer los requerimientos alimenticios de los animales. El costo de la molienda de los alimentos al grado de fineza debida puede justificarse por las siguientes ventajas:

1. **AUMENTO EN EL BUEN SABOR DEL ALIMENTO.** El buen sabor se refiere al deseo de los animales por el alimento para que puedan consumirlo en cantidad suficiente. Esto es particularmente importante en la producción de animales de engorde.

2. **AUMENTO EN LA DIGESTIBILIDAD DEL ALIMENTO.** Para algunos animales la molienda de los alimentos evitará el pasaje de granos enteros a través del tracto digestivo con lo que se aumenta la utilización del producto.
3. **FACILITA LA MEZCLA DE DIFERENTES INGREDIENTES.** Cuando el alimento está molido es más fácil la mezcla uniforme de materiales gruesos y finos y de alimentos de contenidos variables de fibras, proteínas y grasas.
4. **FACILITA EL MANEJO Y EL ALMACENAMIENTO.** Algunos granos, en particular maíz en mazorca y forrajes, son de difícil manipulación en la forma en que se cosechan.
La molienda proporciona un material que puede manejarse mecánicamente con más facilidad y, asimismo, disminuye el volumen de almacenamiento que se requiere para el producto.
5. **LA MOLIENDA ROMPE LAS SEMILLAS DE LAS MALAS HIERBAS,** que de otro modo pasarían con el alimento a través del animal y retornarían al campo con el estiércol. La rotura de estas semillas previene la reinfestación del campo con malas hierbas.
6. **LA MOLIENDA PUEDE PREVENIR EL DESPERDICIO DE FORRAJE,** el cual, durante la alimentación, podrían botar los animales fuera del comedero.

Estas ventajas se anulan algunas veces por el costo que representa la molienda, la mayor cantidad de polvo que se presenta en el manipuleo y en la alimentación del producto molido y en la necesidad de secar el grano si es que se va a moler y a almacenar por cierto tiempo. En caso de usar en la ración granos de alto contenido de humedad, es necesario molerlos sólo unos pocos días antes de dárselos a los animales.

Determinación y designación de la fineza del alimento molido.

La fineza del alimento molido se designa, por lo general, como gruesa, media o fina (Fig. 1.1). La fineza representa el diámetro inicial dividido por el diámetro final y se expresa en números redondos de 1 a 16. Un método recomendable para designar el material molido es utilizando dos números: a) el módulo de fineza y b) el índice de uniformidad, que representan la fineza del material y la distribución de los ingredientes gruesos, medios y finos en el alimento.

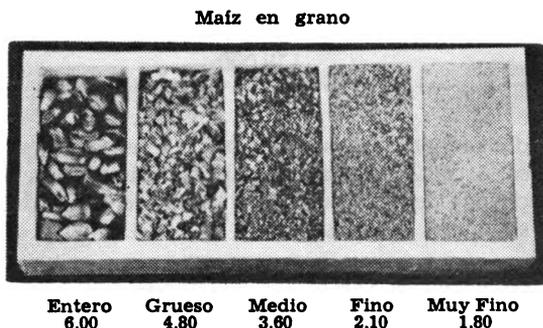


Fig. 1.1. Maíz entero y maíz molido grueso, medio, fino y muy fino.

Para determinar la fineza del alimento molido se coloca una muestra de 454 gramos en el tamiz superior de un juego de siete tamices (Fig. 1.2) y se agita durante cinco minutos con una máquina Ro-Tap (Fig. 1.3). Los siete tamices son tamices normales Tyler de mallas de $\frac{3}{8}$ de pulgada, (9,525 mm) N^o 4, 8, 14, 28, 48 y 100. Después de la agitación se pesa el material que queda en cada tamiz y se calcula su porcentaje (Tabla 1.2). El porcentaje de alimento molido acumulado en cada tamiz se multiplica por el número correspondiente, el cual va de siete a cero y los productos resultantes se suman. Tómese por ejemplo el tamiz N^o 8, que tiene asignado el número cinco y asúmase que el porcentaje de material retenido en dicho tamiz es de 6 por ciento; luego, el producto resultante es 30. Los productos retenidos en los diferentes tamices se suman y el resultado se divide entre 100 para dar el módulo de fineza. En el ejemplo de la Tabla 1.2 la suma de productos es 320, que dividida entre 100, dá un módulo de fineza de 3,20 ó sea una fineza media. El módulo de fineza no dá la relación de la proporción de los materiales grueso, medio y fino en el alimento y así es posible tener dos muestras diferentes de alimentos con el mismo módulo de fineza pero con constituyentes muy diferentes. Para evitar este inconveniente se estableció el módulo de uniformidad, el cual indica las proporciones de materiales grueso, medio y fino en la muestra de alimento. El material retenido en los tres tamices superiores se considera como grueso, el retenido en los dos siguientes como medio y el retenido en los dos inferiores y en el recipiente, como fino. En el ejemplo de la Tabla 1.2 la suma de los porcentajes retenidos en cada grupo resulta: grueso 9,5 por ciento, medio, 67 por ciento, y fino, 23,5 por ciento. Cada uno de estos porcentajes se divide entre diez y se toma como respuesta el número entero más cercano; de este modo el índice de uniformidad lo consituyen tres números, la suma de los cuales es diez. En el ejemplo de la Tabla 1.2 se logra de esta manera la relación 1:7:2 para materiales grueso, medio y fino, respectivamente. Hay 66 diferentes combinaciones para expresar las proporciones de estos materiales.

El módulo de fineza para granos y forrajes molidos a tamaños grueso, medio y fino varía según se muestra en la Tabla 1.3.

Requerimientos de tamaño del alimento. La fineza recomendable de molienda varía con la edad del animal, si éste está en período de engorde o en producción, con la digestibilidad del grano por el animal, con el efecto del polvo y con el producto mismo. A continuación se ofrecen algunas sugerencias para la fineza de molienda de varios granos utilizados para diferentes clases de animales.

OVINOS. Cuando se da una mezcla de heno y grano, el grano debe molerse o triturarse para ovinos viejos, corderos hasta de seis semanas de edad y ovejas que se autoalimentan. En otros casos, el grano entero da mejor resultado. El heno no debe molerse a menos que se use en una mezcla y se de a discreción.

VACUNOS DE CARNE. Los granos chicos se muelen por lo general. La avena y el trigo deben molerse a tamaño grueso o medio y el maíz, cebada y soya, sólo grueso. El maíz se puede dar entero si hay cerdos que siguen a los animales. Por lo común, el maíz se da entero hasta que el ganado tiene un año de edad, y luego partido grueso a los animales de carne. El heno y

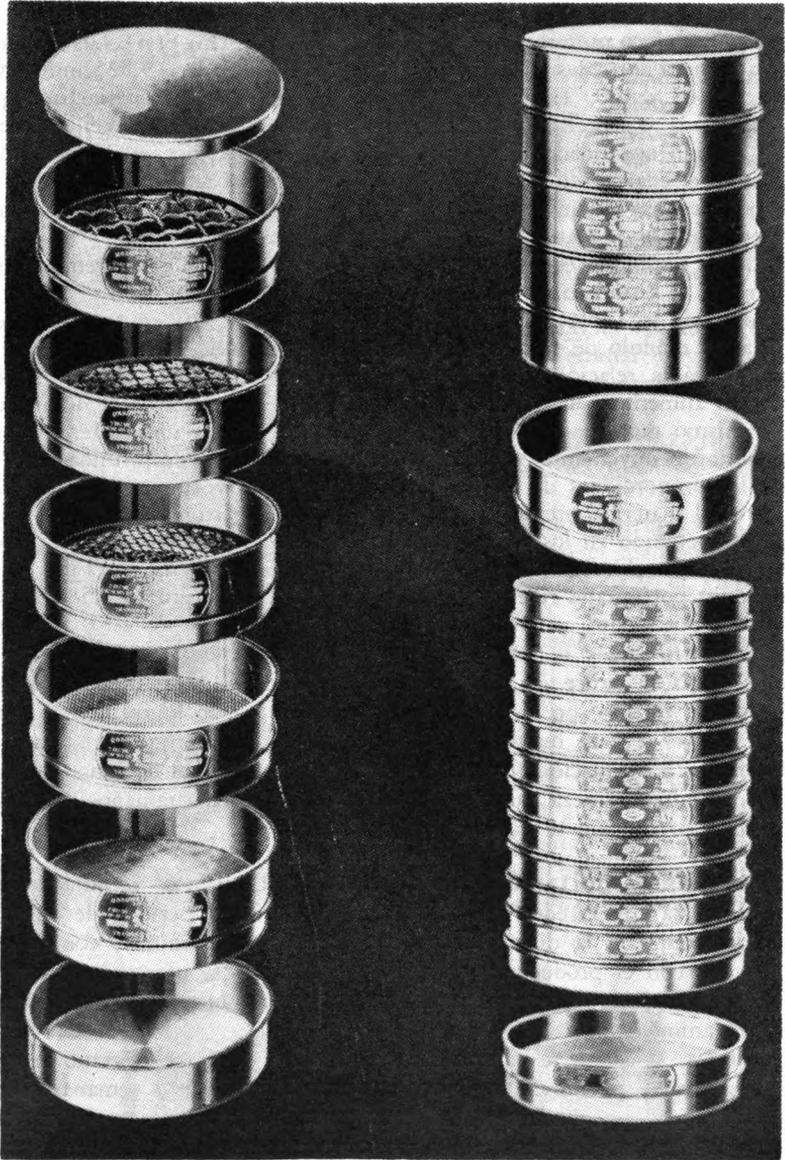


Fig. 1.2. Tamices normalizados para clasificación por tamaño
(arriba) Tamices anidados de altura regular;
(abajo) Tamices anidados de altura media.
(Cortesía de W.S. Tyler Co., Cleveland, Ohio).

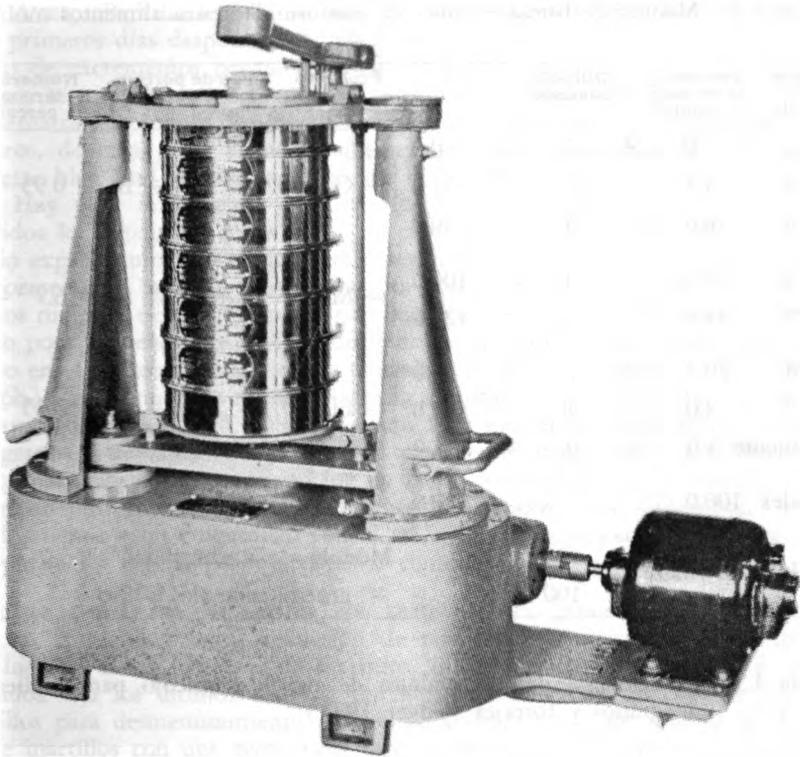


Fig. 1.3. Agitador Ro-tap de tamices (Cortesía de W.S. Tyler Co., Cleveland, Ohio).

el maíz forrajero pueden darse enteros o picados; el heno molido no muestra ninguna ventaja sobre el picado y es mucho más costoso. La principal justificación del picado es prevenir el desperdicio de alimentos, más que mejorar la ganancia en peso por kilo de alimento consumido.

GANADO DE LECHE. No es necesario moler el alimento para animales hasta de seis a ocho meses de edad, pero en caso de hacerse, debe ser a una fineza media. Todos los granos y el maíz en mazorca deben molerse a una fineza media para vacas lecheras y vaquillonas. El picado del heno no aumenta su palatabilidad o digestibilidad pero mejora su manipuleo y reduce las pérdidas. Igual cosa sucede con el maíz forrajero. Si toda la ración de una vaca lechera se hiciera de heno molido muy finamente, el rendimiento de grasa en la leche disminuiría y sería necesario un mínimo de 2,8 kilos de heno que no esté molido, si nó largo o cortado, para prevenir esta depresión de grasa en las vacas en producción.

CERDOS. A los cerdos que están en engorde se les puede dar maíz entero. En general no hay ventaja en moler el alimento hasta que los animales están por encima de los 68 kilos de peso. El maíz en grano o en mazorca constituye la forma más económica de alimentar marranas. Cuando se muele el maíz debe hacerse a una fineza media, la cual se prefiere a un mero tritu-

Tabla 1.2. Módulo de fineza e índice de uniformidad para alimentos molidos

Tamiz o (malla)	Porcentaje en cada tamiz	Número Asignado	Producto	Suma de porcentaje en tamiz	Número entero más cercano
3/8	0	× 7 =	}— Grueso =	9.5 ÷ 10 = 0.95 = 1	
4	3.5	× 6 =			
8	6.0	× 5 =			
14	25.0	× 4 =	}— Medio =	67.0 ÷ 10 = 6.7 = 7	
28	42.0	× 3 =			
48	20.5	× 2 =	}— Fino =	23.5 ÷ 10 = 2.35 = 2	
100	2.0	× 1 =			
recipiente	1.0	× 0 =			
Totales 100.0.....			320.0		
Módulo de fineza = $\frac{320}{100} = 3.2$			Módulo de uniformidad = 1:7:2 = grueso : medio : fino		

Tabla 1.3. Clasificación de los módulos de fineza promedio para molienda de granos y forrajes (Silver 1931)

	Grano entero	Grueso	Medio	Fino
Maíz en grano, maíz en mazorca, soya	6.0	4.8	3.6	2.4
Trigo, cebada	5.0	4.1	3.2	2.3
Avena	4.5	3.7	2.9	2.1
Maíz chala	—	5.5	4.2	2.9
Alfalfa, trébol, heno de soya	—	4.0	3.1	2.2

rado del grano o a una molienda fina. Otros granos chicos deben molerse a una fineza media y en el caso del heno, éste debe picarse o molerse.

EQUINOS. Los caballos por lo común se alimentan a base de avena y de maíz enteros. Hay un aumento muy ligero en la digestibilidad debido a una molienda gruesa, pero no lo suficiente para justificar el costo de la operación. El trigo, el centeno y la cebada deben molerse a tamaños medio o grueso, triturarse o pasarse por rodillos. Si los animales tienen una dentadura pobre, todo el grano debe molerse a tamaño medio. Picar el heno y otros forrajes es preferible a la molienda y sólo puede justificarse desde el punto de vista de prevenir pérdidas de alimento.

AVES. Para las aves se recomienda maíz finamente triturado durante los tres primeros días después de la salida del cascarón, a fin de prevenir el desarrollo de excrementos pegajosos. Luego se reemplaza el maíz por una mezcla de granos molidos a tamaños medio o fino. Los pollos para la parrilla deben alimentarse con granos finamente molidos, y las gallinas, con granos de maíz enteros, de trigo y de avena finamente molidos y mezclados. El heno debe molerse bien fino y darse como harina de alfalfa.

Hay poca información que indique si es deseable tener uniformemente molidos los productos como indica el módulo de uniformidad. Se han efectuado experimentos con cerdos para determinar la relación entre maíz y cebada uniformemente molidos y una mezcla a varios grados de fineza. Cuando los cerdos tuvieron tiempo suficiente para masticar su alimento en comederos secos hubo poca diferencia en el resultado, tanto en la velocidad de ganancia de peso como en el alimento necesario por unidad de aumento en peso vivo (Bohstedt, 1936b). La ventaja que mostró el grano uniformemente molido fue en que la ganancia de peso resultó más económica. Para los cerdos alimentados a mano, los granos molidos en diferente forma se pusieron en comederos y en los casos en que la velocidad de consumo fue un factor importante, hubo ventaja en dar el grano uniformemente molido. Alimentar en húmedo o "enlodando" a los cerdos tiende a un desperdicio considerable del material sólo triturado, el cual no puede ser digerido completamente como lo son las partes finas.

Equipo para la reducción de tamaño. En general el equipo que se usa en la granja para la reducción de tamaño se clasifica en cuatro tipos: molinos de discos, molinos de martillos, molinos de rodillos y molinos combinados. En los últimos años ha tomado importancia el uso del molino de rodillos para desmenuzamiento. El molino combinado es un molino de discos o de martillos con una pieza para picar forrajes, que consiste en una cabeza de cilindro o en una rueda cortadora.

MOLINO DE DISCOS. El molino de discos, llamado también molino de platos, consiste de unos discos, usualmente dos, de 102 a 1524 mm de diámetro que se frotan uno al otro. Los discos pueden estar en posición vertical u horizontal; para los molinos agrícolas, se usan por lo general los de posición vertical. Si se usan dos platos, uno se mueve en un eje y el otro está fijo o se mueve en dirección contraria. Cuando se usan tres platos, el del centro tiene bordes cortantes a ambos lados y gira, mientras que los platos de los extremos permanecen estacionarios. Se encuentran molinos para acabados grueso, medio y fino de productos. Los molinos de discos originalmente consistieron en dos piedras que se frotaban en posición horizontal para reducir el tamaño del material. El molino de discos es particularmente bueno para una molienda gruesa y, en algunos casos, para una molienda media; sin embargo, para una molienda media de avena, resulta más costoso que con molino de martillos. La molienda fina es más costosa con un molino de discos que con un molino de martillos. Debe evitarse la operación del molino vacío, a menos que se libere la presión de los platos. Estas unidades por lo común son de baja velocidad y operan entre 400 y 1800 rpm y tienen un menor costo inicial que los molinos de martillos para los tamaños chicos. En general, el rendimiento de un molino de discos está alrededor de 0,70 a 1,05 hectolitros por hora por caballo de fuerza. La fineza que se obtiene depende del plato que se use, la velocidad, condición y presión de los platos, la velocidad de ali-

mentación, el grano que se muele y el contenido de humedad del grano. Debe colocarse un dispositivo delante de los platos para lograr una alimentación positiva y controlada y, asimismo, debe existir un dispositivo de seguridad que permita que los platos se separen cuando se presente una obstrucción.

Para un módulo de fineza dado, la potencia requerida para la molienda disminuye a medida que la velocidad del molino aumenta (Bruhn, 1936). Las necesidades de potencia disminuyen a una velocidad de 2000 rpm aproximadamente. Para moler 45 kilos de grano a un módulo de 2,5 se requiere 0.6 hp por hora y a un módulo de fineza de 3,9 se requiere 0,2 hp por hora a 200 rpm. Cuando se aumenta la velocidad a 2000 rpm se puede moler diez veces más grano por hp/hr.

El molino de discos comparado con el molino de martillos, da un producto más uniforme en los casos de moliendas gruesa y media. La capacidad de un molino en particular depende de la fineza, velocidad del molino, producto a molerse y potencia disponible.

MOLINOS DE MARTILLOS. El molino de martillos consiste de martillos fijos u oscilantes, montados en un eje de rotación (Fig. 1.4), de una criba y de un ventilador. Los martillos tienen una separación de 2,5 a 7,5 cm y giran a una velocidad de 2500 a 4000 rpm, dependiendo del diámetro a las puntas de los martillos. La velocidad de las puntas puede variar entre 75 y 100 metros por segundo. Una criba, a través de la cual pasa el producto molido, va montada debajo, sobre o alrededor de los martillos. El producto que se muele permanece en la cámara de molido hasta que esté lo suficiente pequeño para pasar a través de los agujeros de la criba; los martillos no deben tocar la criba. Estos pueden ser invertidos para ofrecer cuatro superficies de desgaste o pueden tener puntas desmontables para ser reemplazadas después del desgaste. La velocidad de alimentación al molino se controla con unas compuertas deslizables o con un alimentador positivo, tal como un tornillo. A medida que el producto molido pasa a través de la criba una corriente de aire suministrada por un ventilador lo coge y lo lleva al separador, de donde pasa al silo o al ensacado. No todo el aire pasa a través de la criba, si no que parte entra al molino por un agujero situado en la cámara de molido en la parte opuesta al colector. Recientes trabajos muestran que se requiere menos potencia para la molienda cuando se localiza la criba sobre los martillos.

El molino de martillos se adapta particularmente bien para moliendas media y fina. La alta velocidad con que trabajan los martillos es excelente para una conexión directa con un motor eléctrico y no es perjudicial operar el molino cuando está vacío. Materias extrañas, tales como piedras o pedazos de metal, tal vez no le causan tanto daño como a un molino de discos. Para una molienda fina, se requiere menos potencia con el molino de martillos que con el de discos. La fineza de la molienda depende del tamaño de la criba y de la velocidad de circulación del material molido a través de la cámara de molido. La capacidad de un molino depende de la clase de grano, la fineza de la molienda, la potencia disponible, la velocidad y el contenido de humedad del producto. Normalmente se requiere alrededor de 1 hp por $\frac{1}{2}$ hectolitro o por 45 kilos por hora para molienda media.

La reducción de tamaño se debe a las siguientes causas: (1) explosión debido al impacto de los martillos, (2) corte por los bordes de los martillos y (3) acción de frotamiento o rozadura. La acción de frotamiento es impor-

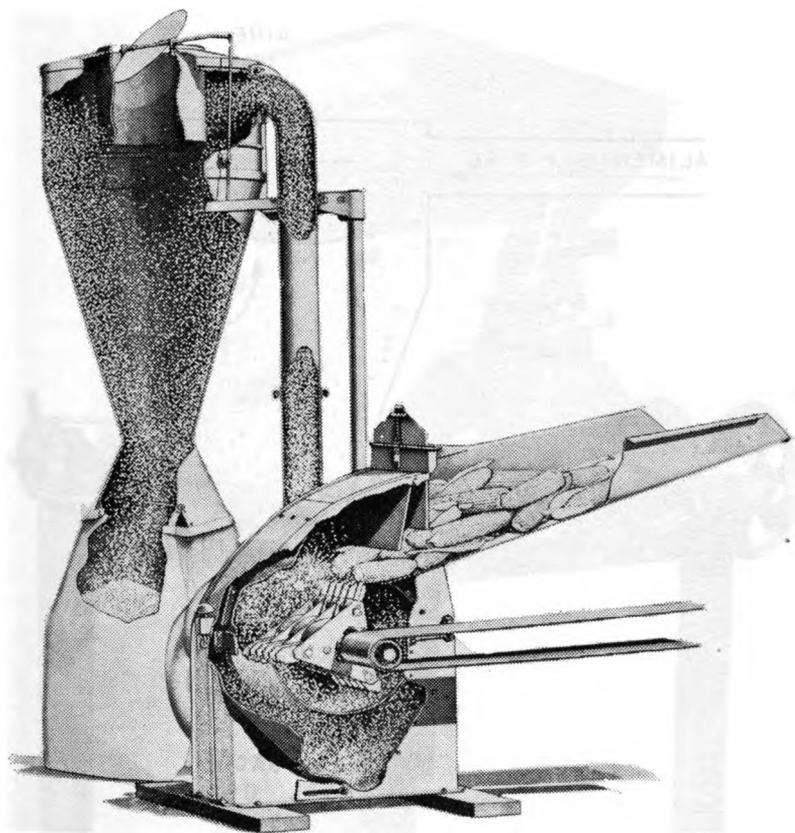


Fig. 1.4. Corte seccional de un molino de martillos. (Cortesía de Deer y Co., Moline, Illinois).

tante con cereales mientras que la acción de impacto es importante con maíz y materiales pesados y quebradizos.

Mientras un molino de discos requiere de a 1 2 hp cuando trabaja vacío, un molino de martillos requiere de 4 a 8 hp en las mismas condiciones (considerándose una unidad que necesita 35 hp cuando trabaja a carga completa). La mayoría de los molinos de martillos tienen ventiladores para mover el grano molido a través de la criba y llevarlo al colector, lo cual requiere una potencia considerable (Fig. 1.5).

La alimentación del producto puede ser por los lados o por los extremos de los martillos. En general el punto de admisión está situado casi directamente sobre el eje del rotor, de tal modo que si se mira al molino cuando gira en el sentido de las agujas del reloj la admisión está entre las posiciones de la una y de las dos.

Molinos de rodillos de tipo agrícola. Los molinos de rodillos se denominan de acuerdo con el diámetro y longitud de los rodillos (Figs. 1.6

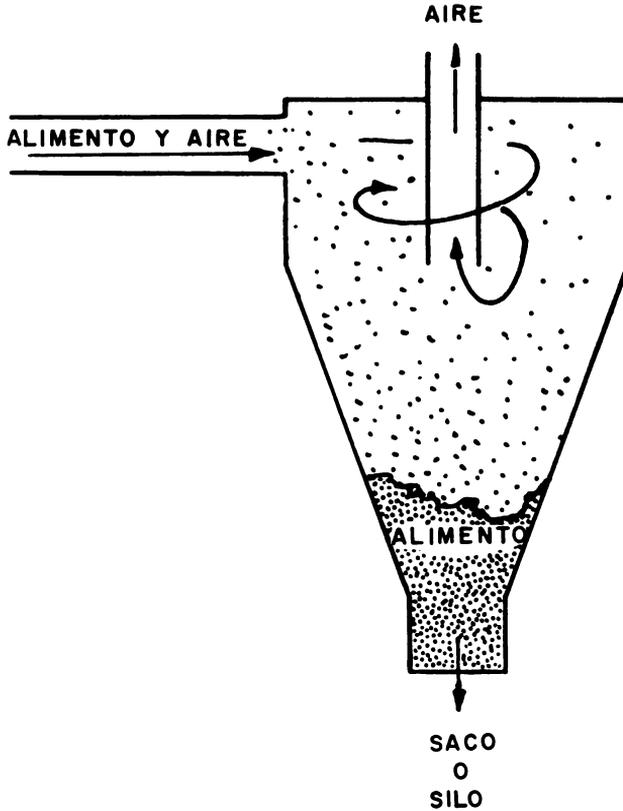


Fig. 1.5. Separador de polvo o de alimentos molidos.

y 1.7). Un molino de 254 mm por 457 mm se refiere a uno con rodillos de 254 mm de diámetro y 457 mm de largo; los diámetros varían de 152 a 305 mm, los tamaños más populares son de 229 a 254 mm, mientras que las longitudes varían entre 102 y 1067 mm.

Los molinos de rodillos no pueden ponerse en marcha cuando tienen granos en los rodillos, hay que esperar a que el molino alcance cierta velocidad antes de efectuar la alimentación con el grano, pues de otro modo puede ocurrir que la correa de transmisión resbale, el motor se ahogue o el pasador de seguridad se rompa.

Hay muchas reglas diferentes que se usan para ajustar la separación entre rodillos. El espacio entre los rodillos puede ajustarse con una tarjeta postal o con una lámina calibradora, separándolos 2,5 mm para maíz y 0,875 mm para cebada, aproximadamente. Debe pasarse primero una muestra de granos por los rodillos y luego cambiar el ajuste para lograr un producto más grueso o más fino, según se necesite. Cuando se colocan los rodillos muy juntos se reduce la capacidad, se produce polvo y hay un aumento en el consumo de

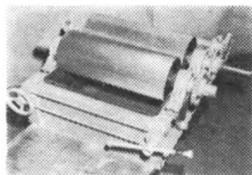
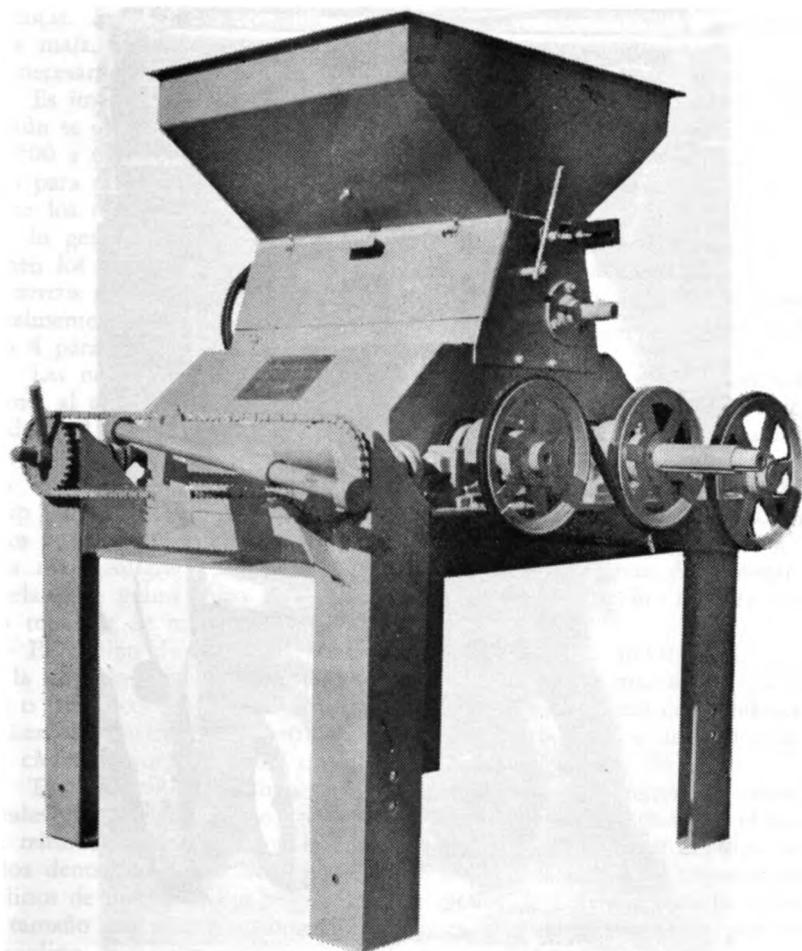


Fig. 1.6. Molino de rodillos. Cuadro - rodillos al descubierto. (Cortesía de H.C. Davis Sons Manuf. Co., Bonner Springs, Kansas).



Fig. 1.7. Maíz desgranado proveniente de un almacén elevado es quebrado por un molino portátil de rodillos y transportado con un tornillo al pozo de un elevador. (Cortesía de Deer & Co., Moline, Ill.).

potencia. Para avena y cebada se recomienda un desmenuzado, mientras que para maíz, es suficiente una simple rotura y un triturado ligero del grano. Es necesario ajustar periódicamente los rodillos para compensar el desgaste.

Es importante que los rodillos no se alimenten muy rápidamente. Por lo común se usan velocidades de 350 a 660 rpm y, cuando el grano está húmedo, de 500 a 600 rpm. En algunas unidades un rodillo opera más rápido que el otro para proporcionar una ligera acción de molido mientras el material pasa entre los rodillos. Los molinos de rodillos para las granjas están equipados por lo general con rodillos corrugados que en la mayor parte de los casos tienen los surcos paralelos al eje del rodillo. El fabricante diseña el número de surcos por pulgada que se debe usar con los varios tamaños de granos y usualmente son 14, 12 ó 10 surcos por pulgada para granos chicos y 8, 6, 5 ó 4 para maíz o para una trituración gruesa.

Las necesidades de potencia varían de acuerdo a la clase o calidad del grano, al grado de fineza, a la condición de los rodillos, al contenido de humedad del grano, a la velocidad de operación, a la potencia disponible y a la velocidad de alimentación. Sin embargo, se considera en general que para una velocidad de alimentación de 14 hectolitros por hora se requieren de 1 a 2 hp para granos chicos y $\frac{1}{2}$ hp para maíz en grano y que para 70 hectolitros por hora, se requieren de $7\frac{1}{2}$ a 10 hp para granos chicos, y de 5 a 7 hp para maíz en grano. Una regla empírica señala que para desmenuzar una tonelada de grano chico se requiere un Kwh (o un hp/hr) y para triturar una tonelada de maíz, 2 hp/hr.

El molino de rodillos se usa intensivamente en la industria de harinas, en la cual dos rodillos se mueven en sentido opuesto, uno a una velocidad dos o tres veces mayor que el otro. Para la operación final de la fabricación de harina se usan rodillos suaves, de los cuales uno opera a una velocidad 25 por ciento mayor que la del otro.

TRITURADORAS. Cuando se trata de moler maíz en mazorca u otros materiales grandes el producto debe ser triturado antes de ser puesto en el molino. Las trituradoras son del tipo de rodillos corrugados grandes o del tipo de rodillos dentados; el uso de la trituradora elimina la carga de impacto en los molinos de martillos. Los requerimientos totales de potencia para la reducción de tamaño son mucho menores si se tritura el producto antes de ponerlo en el molino.

MOLINOS PARA FORRAJES. El forraje debe picarse antes de colocarlo en el molino de martillos o de discos. Se pueden usar dispositivos picadores de cilindro o de cabezal cortador y cuando van como parte del molino de discos o de martillos, la combinación se conoce con el nombre de molino combinado.

Requerimientos de potencia. Hay un aumento en la potencia necesaria para la molienda, tanto para el molino de discos como para el de martillos, cuando el contenido de humedad del maíz en mazorca y del maíz en grano aumenta de 9 a 26 por ciento. Así, por ejemplo, se puede moler de $1\frac{1}{2}$ a 2 veces más alimento al 10 por ciento que al 25 por ciento de humedad. Tráandose de maíz en grano, el aumento de las necesidades de potencia es mayor para el molino de discos que para el de martillos a medida que el contenido de humedad aumenta. El efecto de la fineza en las necesidades de potencia de los molinos de disco y de martillo se muestra en la Fig. 1.8, Fig. 1.9 y en la Tabla 1.4.

Durante la molienda de maíz en grano, el molino de discos muestra un menor consumo de potencia para molienda gruesa que el molino de martillos; igual cosa sucede para el trigo. Para el caso de una molienda fina se mantiene la relación inversa. Los granos con un alto contenido de fibra, como la avena, necesitan una mayor potencia para una molienda fina. Cuando se usa un molino de martillos, la avena tiene un rango de molienda más grande.

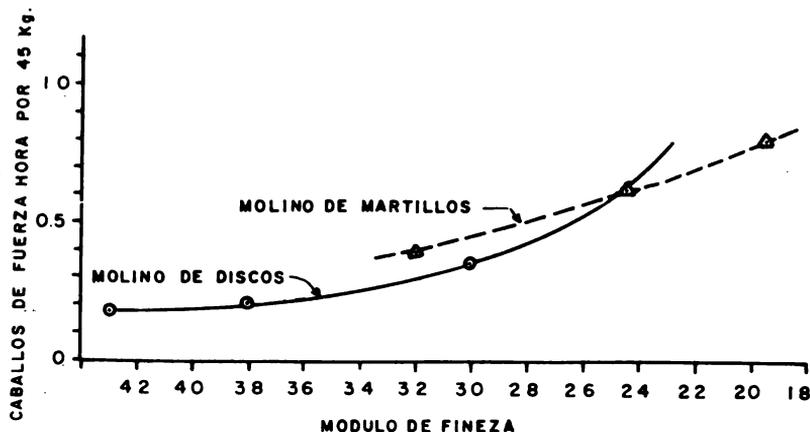


Fig. 1.8. Efecto de la fineza en la potencia necesaria para molienda de maíz en grano. (Basado en Silver, 1931).

La molienda de forrajes a tamaño medio y fino requiere por lo general, una potencia mayor que la de granos chicos (Tabla 1.5). Una alimentación uniforme es muy importante para mantener la capacidad de un molino combinado. En la Tabla 1.6 se ofrece el tamaño aproximado de las cribas para obtener varias finezas de molienda.

La molienda, tal como se hace en la actualidad es una operación ineficiente. Algunos estimados señalan que desde el punto de vista teórico es sólo de 1 a 5 por ciento eficiente. Una indicación de la ineficiencia es la elevación de la temperatura durante la molienda (Tabla 1.7), ya que la energía absorbida por el material en la forma de calor no se utiliza en la rotura o reducción de tamaño. Para moler avena a una fineza media de 2,8 se observó en algunos molinos de discos, elevaciones de temperatura tan altas como de 42°C. La operación de un molino de martillos muestra menos elevación de temperatura debido principalmente al efecto de enfriamiento del aire movido por el ventilador a través del molino. El tremendo efecto de enfriamiento del aire que lleva el material molido puede apreciarse si se compara la información concerniente a un molino de discos que usa un elevador, en un caso, y un ventilador, en otro caso, para retirar el material molido. Si se usa un elevador con un molino de discos para moler alfalfa a un grado fino, se obtiene una elevación de temperatura de 39°C, mientras que si se usa un ventilador, para una molienda a la misma fineza, la elevación de temperatura es de 9,5°C aproximadamente.

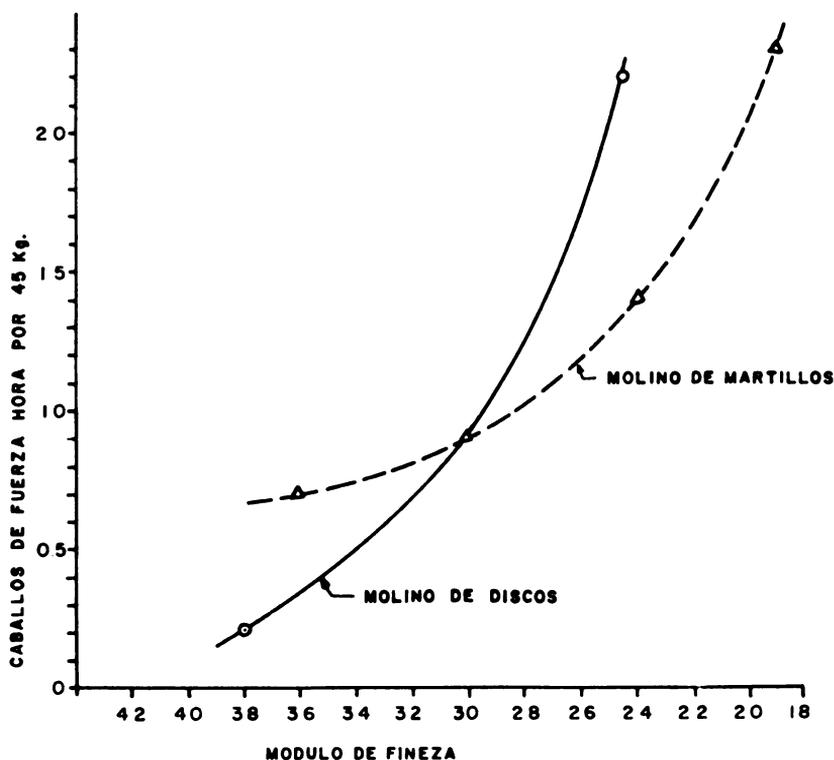


Fig. 1.9. Efecto de la fineza en la potencia necesaria para molienda de avena. (Basado en Silver, 1931).

Existen algunos accesorios para molinos, tales como mezcladoras de melaza o equipo para la eliminación de pedazos de hierro. Las pérdidas anuales debido a los pedazos de hierro se estiman en dos millones de dólares (Knight y Craig, 1954). Existen dos métodos eléctricos para la eliminación de los pedazos de hierro: (1) de electromagneto y (2) de magneto permanente. Con el electromagneto la electricidad proporciona la energía para magnetizar un tambor que recoge el pedazo de metal y lo deposita fuera del molino. Con el magneto permanente se magnetiza un rodillo y es necesario retirar periódicamente el hierro de dicho rodillo. Se recomienda especialmente la utilización de un dispositivo magnético para la eliminación de pedazos de hierro suelto.

Sistemas de molienda. El molino puede accionarse por una banda con un tractor o por un motor eléctrico, por la toma de fuerza de un tractor o estar directamente acoplado a un motor. Los equipos automáticos de molienda utilizan controles y motores eléctricos pero son por lo general unidades de poco volumen que operan varias horas por día, más que unidades de gran capacidad que operan unas pocas horas por semana.

Tabla 1.4. Energía, costo y uniformidad de molienda de diferentes granos a varias finezas (Docking, 1960)

MOLINO DE DISCOS

Clase de grano	Porcentaje de Hum. b.h	Molienda	Capacidad 0.35 Hl/hr	Kw/hr	Costo hr/2c Kwh	Costo 0.35 Hl/2c Kwh	Indice de uniformidad
Trigo	13.0	Gruesa	17.2	3.93	7.86c	0.46c	1.8.1
Trigo	13.0	Media	16.9	4.48	8.96c	0.52c	0.8.2
Trigo	13.0	Fina	6.2	4.51	9.02c	1.44c	0.5.5
Cebada	15.5	Gruesa	15.9	3.7	7.4 c	0.46c	1.8.1
Cebada	15.5	Media	12.6	4.4	8.8 c	0.7 c	0.8.2
Cebada	15.5	Fina	5.35	5.6	11.2 c	2.1 c	0.5.5
Avena	13.2	Gruesa	15.9	3.36	6.7 c	0.42c	1.8.1
Avena	13.2	Media	10.6	3.52	7.0 c	0.66c	0.8.2
Avena	13.2	Fina	6.6	4.0	8.0 c	1.2 c	0.5.5

Se usó el tornillo alimentador mediano. Considerable cantidad de polvo particularmente en la molienda más fina. La trampa magnética operó muy bien cogiendo los objetos metálicos.

MOLINOS DE MARTILLOS

Clase de grano	Porcentaje de Hum. b.h	Molienda	Capacidad 0.35 Hl/hr	Kw/hr	Costo hr/2c Kwh	Costo 0.35 Hl/2c Kwh	Indice de uniformidad
Trigo	13.0	¼" grueso	34	2.62	5.24c	0.15c	1.8.1
Trigo	13.0	⅜" medio	19	2.65	5.3 c	0.28c	1.8.1
Trigo	13.0	⅛" fino	9.1	2.66	5.3 c	0.58c	0.7.3
Cebada	15.5	¼"	23	2.62	5.24c	0.22c	3.6.1
Cebada	15.5	⅜"	10.1	2.65	5.3 c	0.52c	1.7.2
Cebada	15.5	⅛"	7.2	2.9	5.8 c	0.8 c	0.8.2
Avena	13.2	¼"	27	2.54	5.0 c	0.2 c	0.8.2
Avena	13.2	⅜"	11.4	2.35	4.7 c	0.41c	0.7.3
Avena	13.2	⅛"	11	2.54	5.0 c	0.45c	0.6.4

Mucho polvo en todas las clases de molienda. La cebada, por ser dura, redujo la capacidad de la máquina. La avena fue quebrada fácilmente por el molino de martillos.

RODILLOS PARA AVENA

Clase de grano	Porcentaje de Hum. b.h	Molienda	Capacidad 0.35 Hl/hr	Kw/hr	Costo hr/2c Kwh	Costo 0.35 Hl/2c Kwh	Indice de uniformidad
Avena	13.2	—	40	1.8	3.6c	0.09c	

RODILLOS PARA GRANOS

Clase de grano	Porcentaje de Hum. b.h	Molienda	Capacidad 0.35 Hl/hr	Kw/hr	Costo hr/2c Kwh	Costo 0.35 Hl/2c Kwh	Indice de uniformidad
Trigo	13.0	Quebrado grueso	17.5	1.48	3.0c	0.17c	5.5.0
Trigo	13.0	Quebrado medio	10	1.5	3.0c	0.3 c	1.8.1
Trigo	13.0	Desmenuzado fino	5	1.68	3.4c	0.68c	1.7.2
Cebada	15.5	Quebrado grueso	13.3	1.5	3.0c	0.23c	8.2.0
Cebada	15.5	Quebrado medio	8.0	1.4	2.8c	0.35c	5.4.1
Cebada	15.5	Desmenuzado fino	5.0	1.8	3.6c	0.72c	2.6.2
Avena	13.2	Quebrado grueso	18.4	1.3	2.6c	0.14c	8.2.0
Avena	13.2	Quebrado medio	10.0	1.4	2.8c	0.28c	7.3.0
Avena	13.2	Desmenuzado fino	6.2	1.7	3.4c	0.55c	5.4.1

Los fabricantes recomiendan motores de 1 a 2 hp. La capacidad aumentaría con el uso de un motor de 2 hp.

Tabla 1.5. Energía para moler algunos forrajes con molino de discos y molino de martillos (Silver, 1931)

Forraje	Módulo de fineza	Porcentaje de Humedad b.h	Molino de discos combinado Hp-hr por 45 Kg	Molino de martillos combinado Hp-hr por 45 Kg.
Alfalfa	1.9	7.0 a 8.0	2.1 a 4.0	0.9 a 1.5
Heno de soya	3.0	10 a 12	1.0 a 1.4	0.6 a 0.8
Maíz caña	3.2	12 a 13.5	0.9 a 3.0	1.2 a 1.5
Maíz en grano	2.45	11 a 12	0.6	0.6
Avena	3.0	10 a 12	0.9	0.9

Tabla 1.6. Tamaño aproximado de las cribas para varias finezas de molienda, diámetro en centímetros

Producto	Grueso	Medio	Fino
Maíz en grano		1.9	0.63
Cebada	3.17	0.63	0.32
Avena	3.17	0.79	0.32
Heno de soya		1.90	0.24
Alfalfa		1.90	0.24
Maíz caña		1.27	

Tabla 1.7. Elevación de temperatura durante la molienda — °C

Producto	Módulo de fineza	Molino de discos (elevador)	Molino de martillos (ventilador)
Avena	2.8	11 a 41	2 a 13
Cebada	3.5	2 a 15	2 a 4
Maíz en grano	4.0	3 a 17	
	3.0		3 a 12
Maíz en mazorca	3.1	3 a 15	3 a 6
Alfalfa	2.0	37 a 40	3 a 7
		5 a 8*	
Heno de soya	3.0	15 a 20	0.5 a 11
		2 a 3*	
Maíz caña	3.3	28 a 31	3 a 12
		0*	

*Se usó ventilador en lugar de elevador.

Para un procesamiento continuo de alimentos pueden seguirse dos procedimientos: (1) El grano sin moler se mezcla, o se junta antes de la molienda con los otros materiales: maíz en mazorca, avena, trigo y suplemento, que vayan al mismo tiempo. Para las unidades que emplean motores eléctricos de 5 a 7½ hp es necesario triturar el maíz en mazorca antes de molerlo (Fig. 1.10). (2) Otro procedimiento es el de moler los varios componentes (por ejemplo se usa un molino de martillos para el maíz en mazorca y un molino de discos para el maíz en grano y otros granos chicos) y mezclarlos después que se hayan reducido de tamaño (Fig. 1.11).

La eliminación de pedazos de hierro suelto es más difícil de conseguir en el heno picado que en los granos. Existen platos magnéticos que van colocados en los ductos del ventilador. Una invención más reciente es un dispo-

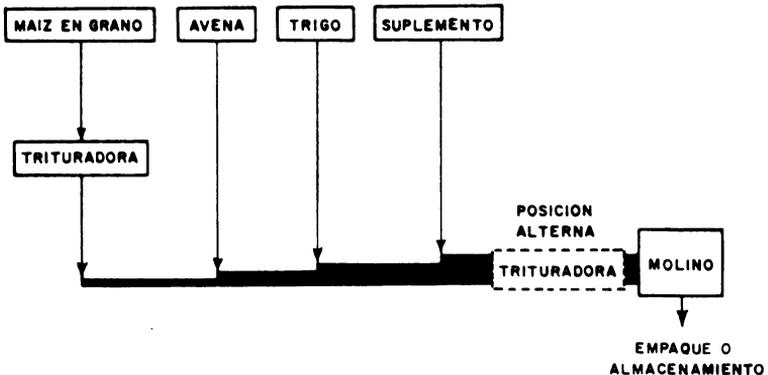


Fig. 1.10 Mezcla antes de la molienda.

sitivo electrónico que tiene una bobina de inspección para detectar el hierro en el heno. Cuando una pequeña pieza de hierro pasa la bobina de inspección, ésta envía una señal a un mecanismo de control el cual, a su vez, opera una compuerta de deflexión en la corriente de aire del ventilador. Al ser detectada la masa de heno que contiene el pedazo de hierro, ésta es lanzada por la operación de la compuerta de deflexión, generalmente a una distancia de 4,5 a 6 m del dispositivo de detección.

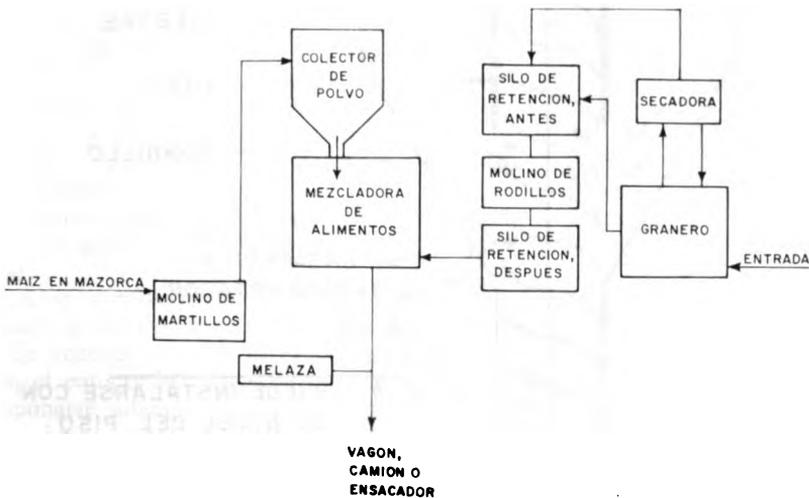


Fig. 1.11. Mezcla después de la molienda.

En los sistemas automáticos, los granos y el maíz deben transportarse mecánicamente. La pendiente del fondo del silo debe ser lo suficiente inclinada para que se logre un flujo libre, con agitadores colocados en el silo o vibradores en un lado del silo, que aseguren que los productos fluyan del silo. Cuando se usa una vibración inadecuada puede resultar un apelmazamiento del alimento molido. Se pueden instalar microinterruptores a la salida de los silos para asegurar que los diferentes constituyentes del alimento vayan a la mezcladora o al molino. El grano puede medirse por uno de los siguientes dispositivos: (1) Una faja plana de loneta con una compuerta, (2) un disco rotativo que alimenta el material que viene del silo, (3) una rueda de alimentación (como las que se usan en algunas sembradoras de granos), (4) un tornillo, (5) una faja metálica con una compuerta, (6) un vibrador.

Un molino automático debe diseñarse de tal modo que toda la unidad se detenga si alguna parte deja de funcionar. El diseñador debe considerar cuatro partes en el molino: (1) el molino más el motor, incluyendo trituradoras para el maíz en mazorca, (2) los dispositivos de medida o mezcladores, que preceden a la molienda, (3) las unidades de control dentro del rango de la operación, y (4) entrega y distribución del alimento molido.

El mezclado se lleva a cabo normalmente (1) en un tambor horizontal con un agitador de cinta o de clavijas o (2) en una mezcladora de tornillo

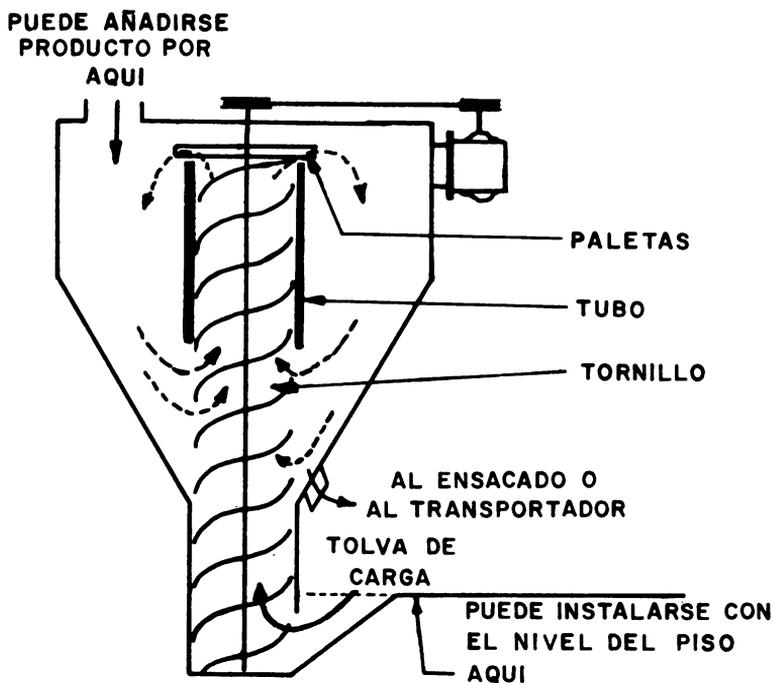


Fig. 1.12. Mezcladora de alimentos por cargas.

vertical (Fig. 1.12). El desgrane del maíz se hace en general en una desgranadora de cilindro, en la cual las mazorcas pasan a través de un cilindro desgranador y de las concavidades desgranadoras; se quitan los granos de la tusa y se efectúa también alguna limpieza. Las unidades, por lo común, son de tamaños que varían de 35 a 175 hectolitros por hora. La extracción completa de los granos de la tusa y la eliminación de polvo del maíz desgranado se llevan a cabo controlando la velocidad de alimentación, la velocidad del cilindro, el tamaño de la salida de las tusas y el aire para la limpieza.

Operación. Los datos que se presentan sobre la energía para la molienda de varios granos a diferentes módulos de fineza, se obtuvieron en el laboratorio. Una regla empírica señala que si se usa un tractor o un motor se necesita aproximadamente 1 hp/hr o 1 Kwh para moler 45 Kg de alimento. Este sería un valor promedio de molienda en la mayoría de las granjas ganaderas en un período de un año o más aproximadamente.

Los costos de energía para la molienda representan sólo una parte del costo total de molienda. Los costos fijos también deben considerarse; éstos incluyen una depreciación de 8 a 10 años para el molino y costos adicionales para seguros, local, interés del capital. Se considera razonable un costo fijo anual total de 20 por ciento del capital de inversión. Los costos variables deben incluir también reparaciones, mantenimiento y mano de obra para la molienda.

Existe siempre el dilema de que si el granjero debe moler su propio alimento o comprarlo molido. Cuando el granjero muele en su propio molino debe usar un molino grande con un tractor o una unidad automática pequeña movida eléctricamente. A medida que aumenta el volumen de molienda, es más económico tener una unidad automática con un motor eléctrico. Un estudio reciente que compara el costo de un molino eléctrico de 2 hp con un rango de rendimiento de 180 a 900 kilos por hora con el de un molino accionado por un tractor, incluyendo todos los costos, mostró que si se elaboran más de 90 TM por año resulta más económico usar el pequeño molino eléctrico (Morris y Jackson, 1958). Las tarifas de molienda, a pedido, son de 10 a 15 centavos de dólar por saco. El precio de molienda de alimento, por pedido, en la granja, varía de US\$ 2.80 a US\$ 3.60 por tonelada. La molienda y mezclado en el elevador cuesta de US\$ 2.00 a US\$ 3.00 por tonelada. Además, se debe considerar el costo de transporte al elevador y del elevador (Fig. 1.13).

Como regla empírica, se puede decir que hasta un 10 por ciento del valor del grano se puede gastar económicamente en procesamiento (Docking, 1960).

Una instalación de molienda debe diseñarse para operar con seguridad. Cuando la unidad se mueve por una banda desarrolla electricidad estática que puede encender el aire cargado de polvo y ocasionar una explosión, por lo cual, el equipo debe conectarse a tierra. Para prevenir explosiones debe proporcionarse además una buena ventilación. Hay códigos bien establecidos sobre los centros comerciales de molienda. Debe proporcionarse protección para sobrecarga en todos los dispositivos eléctricos a fin de que los alambres no se sobrecalienten y puedan ocasionar fuego.

Es necesario que exista buena ventilación para tener buenas condiciones de trabajo alrededor del molino.

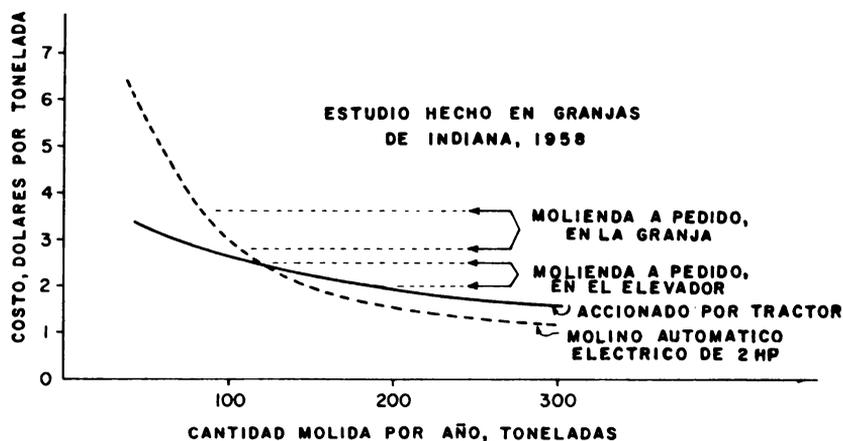


Fig. 1.13. Costo de molienda — pequeñas unidades vs. grandes unidades (Morris, 1958).

Un molino instalado en una localidad bien ventilada se mantiene mucho mejor que en otras circunstancias.

Molienda de alimentos a base de pedidos. Una considerable cantidad de alimento se muele por operadores que trabajan con el sistema de órdenes, ya sea en unidades móviles o en unidades estacionarias. Normalmente las unidades móviles las opera un hombre. El molino portátil con el equipo apropiado para la mezcla y molienda se lleva en un camión. También es usual que lleven concentrados. El servicio se proporciona para órdenes directas o en base a un itinerario regular. Algunas unidades se diseñan para operarse por dos hombres y el camión que carga el concentrado lo maneja uno de ellos y se mueve junto con el molino. Ambos hombres trabajan en las operaciones de molienda y mezcla.

Las operaciones de los molinos estacionarios de esta clase incluyen molienda, mezclado y ensacado de alimentos y concentrados. Cuando estas operaciones se llevaron a cabo por separado, una investigación mostró los siguientes costos en 1957 (Vosloh): molienda, US\$ 2,90 por tonelada; mezclado, US\$ 1,80 por tonelada y ensacado, US\$ 1,50 por tonelada. Cuando la molienda y el mezclado se combinaron el costo fue de US\$ 4,17 por tonelada. Además hubo un cobro mínimo por cliente de US\$ 2,50 ó más. En la Figura 1.14 se ilustra un molino modelo, el cual lo puede operar un hombre con el equipo enumerado en la Tabla 1.8. El molino modelo se diseñó para tratar un volumen anual de 3,700 toneladas de molienda, alrededor de 2,500 toneladas de mezclado y 500 toneladas de ensacado. En términos de operación diaria, los niveles de trabajo se basan en pedidos de 15

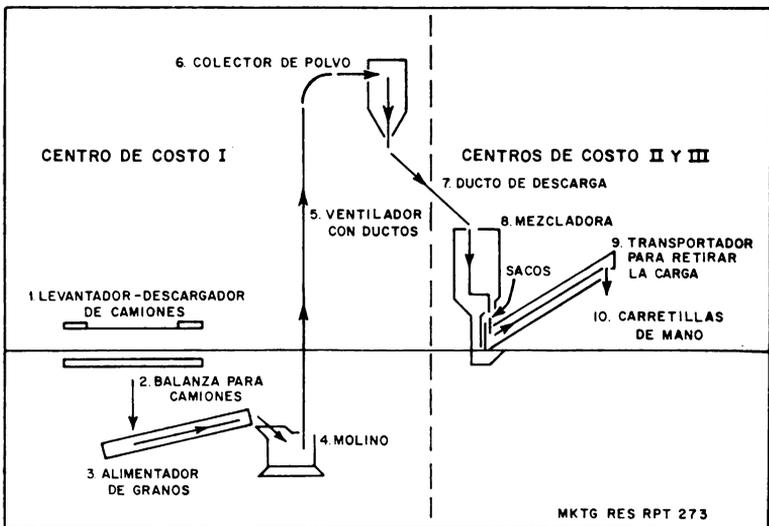


Fig. 1.14. Diagrama de flujo de un molino modelo de alimentos que opera con el sistema de pedidos.

Tabla 1.8. Capacidades de equipo y rango de costo para un molino modelo de alimentos que trabaja a pedido. (De USDA AMS MRR 273)

Centros de costo y equipo	Capacidad o tamaño de la unidad	Rango aproximado de costo
Centro de costo I		Dólares
1. Levantador-descargador de camiones, 5 hp.	5 ton.	900-1,000
2. Balanza para camiones . .	20 ton.	3,500-4,500
3. Alimentador de granos, 1-3 hp.	4½ ton. por hora	500-1,000
4. Molino, 75 hp.	4-8 ton. por hora	500-1,000
5. Ventilador con ductos . .	tubería de 8" (20.3 cm)	3,500-5,000
6. Separador de polvo		
Costo estimado de instalación ¹		2,800-3,833
Centros de costo II y III		
7. Ductos	tubería de 8" (20.3 cm)	15-25
8. Mezcladora, 10 hp.	2 ton.	1,500-2,500
9. Transportador, 2-3 hp. . .	4 ton. por hora	500-700
10. Carretillas de mano ² . .		75-100
Costo estimado de instalación ¹		665-1,064
Costo total		13,955-19,722

(1) Se ha considerado un 33 por ciento del costo del equipo para instalación y alambres eléctricos.

(2) Para acompañar a la Fig. 1.14.

toneladas de molienda, de 10 toneladas de mezclado y de 2 toneladas de ensacado, por día de 8 horas (Marketing Research Report 273).

Manipuleo de alimento al granel. El manipuleo al granel de granos al centro de alimentos y el manipuleo de alimentos preparados también al granel, del centro de alimentos, se desarrolló a medida que el tamaño de las operaciones de la granja fue en aumento. Muchos empresarios de elevadores de granos pueden incorporar equipo de manipuleo al granel en una forma bastante simple, (1) incorporando el equipo de carga de tal modo que los granjeros puedan obtener el alimento al granel en la planta y (2) facilitando la entrega a fin de que los granjeros puedan recibir el alimento en la granja. El alimento al granel puede entregarse de un camión directamente a los comederos de autoalimentación o a los comederos operados mecánicamente que tienen grandes facilidades para el almacenamiento. La disposición ideal es aquella donde todos los productos se reciben al granel, se almacenan en grandes depósitos y se reparten desde el molino en camiones, en unidades de carga al granel, para un cliente en cada servicio. El dia-

grama del flujo a través de un molino para alimentos al granel se muestra en la Fig. 1.15. El costo de entrega del alimento del molino a la granja varía considerablemente, depende del tamaño de la carga, distancia recorrida y eficiencia en la utilización del equipo. El costo de la mano de obra para transportar una tonelada de alimento de la mezcladora al camión es alrededor de 14 centavos de dólar mientras que si se ensaca en el ducto de descarga, es de 25 a 29 centavos de dólar por tonelada, sin amarrar los sacos. El costo se dobla cuando se amarran los sacos.

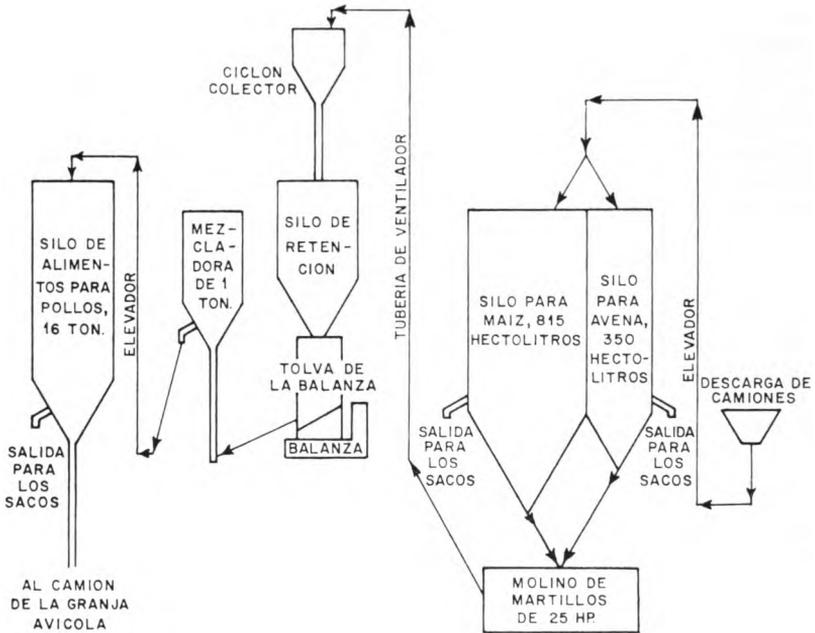


Fig. 1.15. Diagrama de flujo de un molino con manipuleo de alimentos al granel. (White, 1954).

PREGUNTAS

1. Refiérase a "Alimentos y Alimentación" (Morrison) para determinar el porcentaje de aumento en peso debido a la molienda, para diferentes clases de animales. Compare el costo para obtener la reducción de tamaño con el valor del aumento en peso.
2. Calcule la velocidad periférica, en metros por segundo, de un martillo de 75 cm de diámetro que opera a 3,500 rpm.
3. ¿Cuál es el costo total de la molienda, a fineza media, de 125 toneladas de maíz en grano con un molino de 2 hp?
4. Determine el módulo de fineza y el módulo de uniformidad de una mezcla de alimentos molidos que tienen los siguientes porcentajes en

- cada tamiz: $\frac{3}{8}$ - 5 por ciento, N° 4 - 10 por ciento, N° 8 - 15 por ciento, N° 14 - 20 por ciento, N° 28 - 20 por ciento, N° 48 - 20 por ciento y N° 100 - 5 por ciento.
5. Un tractor que opera a 1,800 rpm tiene una polea de 15 cm de diámetro. ¿Cuál deberá ser el diámetro de la polea en el molino para obtener 3,500 rpm con 5 por ciento de resbalamiento en la faja?
 6. Haga un diagrama de flujo completo con descripción de uno de los molinos automáticos descritos en una de las referencias que se dan al final del capítulo.
 7. Describa el principio de operación del ciclón separador.
 8. El aire que pasa a través de la avena molida en un molino eleva su temperatura en 12°C. La avena, que se muele a razón de 2 toneladas por hora, es enfriada en 16°C por el aire. ¿Cuál es el flujo de aire en metros cúbicos por segundo?
 9. Describa un interruptor de mercurio; un microinterruptor. De un ejemplo de su uso.
 10. En el ejemplo 8, ¿cuánta humedad se eliminaría si la avena estuviera originalmente a 15 por ciento de humedad, y si se asume que todo el calor se utiliza en la evaporación de la humedad?
 11. ¿Cuánto dinero podría ahorrar un granjero, a 2 centavos de dólar por Kwh, si su ganado utilizara debidamente 100 toneladas de alimento grueso en lugar de alimento molido a fineza media, que está utilizando en la actualidad? Señale suposiciones, animales, referencias usadas, etc.

REFERENCIAS

1. AGRICULTURAL ENGINEER'S YEARBOOK. American Society of Agricultural Engineers. St. Joseph, Michigan. 1957.
2. BERSFORD, HOBART. The bin method of mixing feed. Idaho Agricultural Experiment Station. Bulletin 203. 1933.
3. ———, y ATKESON, F.W. A combined feed grinding and mixing unit. Agricultural Engineering 15(5). 1934.
4. BLAUSER, I.P. An economic analysis of large and small grinding units for dairy farms. Agricultural Engineering 22(6): 226-230. 1941.
5. BOHSTEDT, G. Feed processing in relation to animal nutrition. Agricultural Engineering 17(3):98-100. 1936a.
6. ———. Feed grinding (what feed, why, when, how fine?). Wisconsin Agricultural Experiment Station. Circular 286. 1936b.
7. BOWEN, RALPH. Dialing the right mix. Electricity-on-the-Farm. 27(9):14-16, 34. 1954.
8. BRACKET, E.E. y LEWIS, E.B. Processing feeds on Nebraska farms. Nebraska Agricultural Experiment Station. Bulletin 302. 1936.
9. BROWN, R.R. New system to grind feed. Successful Farming. 53:99. September. 1955.
10. BRUHN, H.D. Burr mill design and performance. Agricultural Engineering. 17(3):101-102. 1936.
11. BUTT, J.L. Results of performance tests of a small farm mixer-grinder. Alabama Agricultural Experiment Station. Progress Report N° 57. 1955.
12. CARNES, HOWARD. Automatic feed control for feed grinders. Agricultural Engineering 26(8):325-326, 330. 1945.
13. CLARK, T.F. y LATHROP, E.C. Dry grinding of agricultural residues. AIC-336, North Regional Research Laboratory, USDA. Peoria, Illinois. May. 1952.
14. COLBY, H.N. Feed grinding, mixing, elevating. University of Washington. Popular Bulletin 151. 1937.

15. DARNELL, A.L. y COPELAND, O.C. Ground versus unground grain for lactating dairy cows. Texas Agricultural Experiment Station. Bulletin 530. 1936.
16. DAVIDSON, J.B. Farm machinery and Farm motors. New York. Orange Judd Company. 1920. 513 pp.
17. DOCKING, E.A. Feed processing machines. Canadian Agricultural Engineering 2(1):10-12, 34. 1960.
18. FEED GRINDER BIBLIOGRAPHY. Agricultural Engineering 14(6):168. 1933.
19. FORTH, M.W. y LEHMANN, E.W. Feed grinding with electric motors. Agricultural Engineering 35:648-650. 1955.
20. ———. Performance and electric load characteristics of automatic 5-HP grinders and motors. Illinois Agricultural Experiment Station. Bulletin 581: 1-24. 1954.
21. ———, MOWERY, R.W. y FOOT, L.S. Automatic feed grinding and handling. Agricultural Engineering 32 (11):601-605. 1951.
22. FRITZ, J.C. Effect of grinding on digestibility of Argentine flint corn. Poultry Science 14(5):267-272. 1935.
23. GALLAGHER, H.J. Grinding grain with electric power. Michigan Agricultural Extension. Bulletin 88. 1930.
24. ———. Homemade feed mixer. Michigan Agricultural Experiment Station. Quarterly Bulletin 16(3):133-136. 1934.
25. GEER, O.M. A small diameter feed collector. Agricultural Engineering 19(3): 109-110. 1938.
26. HEBBLETHWAITE, P. y HEPARD, R.Q. Procedure for testing hammermills. National Institute of Agricultural Engineering (England). Technical Memo 129. 1956.
27. HENDERSON, S.M. Feed grinding-some basic observations and challenges. ASAE Paper 60-319 (mimeo). 1960.
28. ——— y PERRY, R.L. Agricultural Process Engineering. New York. John Wiley & Sons. 1955. 402 p.
29. HURD, C.J. Automatic feed control for small feed grinders. Agricultural Engineering 22(3):69. 1941.
30. HURST, W.M. Farmers' cooperative feed mills-plans and operations. USDA Farm Credit Administration. Miscellaneous Report 125. 1948. 42 pp.
31. KICK, C.H., GERLAUGH, P., SCHALK, A.R. y SILVER, E.A. Effect of mechanical processing of feeds on mastication and rumination of steers. Journal of Agricultural Research 55:587-597. 1937.
32. JOHNSON, DEXTER W. General specifications on farm type roller mills. North Dakota Agricultural Extension Service (mimeo). 1962.
33. KLINNER, W.E. Effect of varietal differences of oats on the performance of small hammermills. Journal of Agricultural Engineering Research 4:66-71 (England). 1959.
34. KNIGHT, W.H. y CRAIG, E.S. Tramp iron in livestock feeds. Farm Electrification Leaflet 28. December. University of Idaho. 1954.
35. KRUEGER, W.C. Basic principles involved in the design of the small feed grinder. Agricultural Engineering 8(7):167. 1927.
36. LONG, T.A. et al. Effect of grinding and pelleting upon digestibility of a ration by lambs. Journal of Animal Science 14:947-950. 1955.
37. MARTIN, J.W. y ROBERTS, J. Feed grinding with small electric motors. Kansas Agricultural Experimental Station. Bulletin 87. September. 1941.
38. MORRIS, W.H.M. y JACKSON, C.E. The cost of grinding feed with small electric mills, ASAE Paper 58-814 (mimeo) Chicago. 1958.
39. MORRISON, F.B. Feeds and Feeding. Ithaca, New York. Morrison Publishing Company. 1945.
40. NEVENS, W.B. Feeding the dairy herd. Illinois Agricultural Experimental Station. Circular 502. 1940.
41. NICHOLAS, JOHN E. How to determine the quantity of air and air horsepower, delivered by a hammermill fan. Agricultural Engineering 13(8): 214-216. 1932.
42. ———. Performance of small hammermills. Agricultural Engineering 21(6) 207-210. 1940.
43. PERRY, JOHN. Chemical Engineers' Handbook. 3rd. ed. New York. McGraw-Hill Book Company. 1950. 1116, 1149 pp.
44. PIRET, E.L. Fundamental aspects of crushing. Chemical Engineering Progress 49:56. 1953.

45. PUCKETT, H.B. y PEART, R.M. Volumetric feed meters. Illinois Agricultural Experiment Station. Bulletin 618. 1957.
46. RICEY, L.F. Costs of pelleting feeds at selected cooperative feed mills. USDA Farmer Cooperative Service. Bulletin 3. April. 1954. 26 pp.
47. ———. Feed bags-kinds, costs, and problems. USDA Farmer Cooperative Service. Circular 2. 1954. 22 pp.
48. SAVILLE, J.E. Push-button feed processing. *Electricity-on-the Farm* 30(1):8-9. 1957.
49. SCHAENZER, J.P. Rural Electrification. Milwaukee, Wisconsin. Bruce Publishing Company. 1948. 136-146 pp.
50. SCHILLING, E. The behavior of different kinds of grain in grinding (translated). *Technik in der Landwirtschaft* (Berlin) 12, no 12. *Agricultural Engineering* 13(7):187. 1932. 308-310 pp.
51. SILVER, E.A. A simple system for testing ground feeds. *Agricultural Engineering* 13(7):183-184. 1932.
52. ———. Feed grinder investigation. Ohio Agricultural Experiment Station. Bulletin 490. October. 1931.
53. ———. Preparation of feeds for cattle as it affects digestibility and absorption. *Agricultural Engineering* 16(7):257-259, 270. 1935.
54. ———. A proposed method for determining uniformity of ground feeds. *Agricultural Engineering* 19(6):250. 1938.
55. ———. Characteristics of feed mill performance. *Agricultural Engineering* 33(2):31-34. 1952.
56. SMITH, H.P. *Farm Machinery and Equipment*. 4th ed. New York. McGraw-Hill Book Company. 1955. 460 pp.
57. SORENSON, V.L. y HALL, CARL W. Efficiency of distribution of mixed feeds. Michigan Agricultural Experiment Station. *Quarterly Bulletin* 38(3): 460-470. 1956.
58. THALMAN, R.R. y CATHCART, R.B. Grinding shelled, ear and snapped corn for yearling steers. Animal Husbandry Department, University of Nebraska, N° 143. *Agricultural Engineering* 17(6):270, 1936. 1934.
59. TURNER, A.W. y JOHNSON, E.J. *Machines for the Farm, Ranch and Plantation*. New York. McGraw-Hill Book Company. 1948. 793 pp.
60. UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. 1957 *Agricultural Statistics*, Washington D.C. 1958.
61. VOSLOH, CARL J., et al. Custom feed milling in the Midwest. Marketing Research. Report 273. United States Department of Agriculture, September. 1958.
62. VUTZ, WILLIAM. Some observations on hammer type feed grinders. *Agricultural Engineering* 12(7):271. 1931.
63. WALLACE FARMER. Should you grind feed? December. 1954. p. 10.
64. WEBER, H.E. y KEENAN, J.H. Head loss inflow through a cyclone dust collector. ASME Paper N° 56-A-8. 1956.
65. WHITE, H.D., BRUCE, W.M., y HURST, W.M. Small pre-mixed feed mills for the poultry industry. Georgia Agricultural Experiment Station. Bulletin NS 3. November. 1954. 20 pp.

Capítulo II

EQUIPO PARA MANEJO Y PROCESAMIENTO DE LECHE

Introducción. En las granjas de los Estados Unidos se producen anualmente más de 56,000 millones de kilos de leche. La producción de leche aumenta uniformemente, mientras que, el número de vacas en las granjas disminuye. En los Estados Unidos existen en la actualidad 21 millones de cabezas de ganado y la renta de la leche que se produce en las granjas alcanza a 5 billones de dólares por año. La producción promedio por vaca es de 2,730 kilos por año. A medida que el número de vacas disminuye, las granjas lecheras aumentan en tamaño, lo cual da por resultado que hayan menos granjas y más vacas por ganadero. La lechería viene a ser la empresa ganadera más importante en los Estados Unidos.

De la producción de leche, el 47 por ciento se utiliza como leche líquida, 25 por ciento para la fabricación de mantequilla y el resto para leche evaporada, leche condensada, queso, queso tipo "cottage" y helados. En 1956 el precio que se pagó a los granjeros por la leche líquida fue de US\$ 5,34 por 45 kilos de 3,5 por ciento de grasa y US\$ 3,28 por 45 kilos de 3,9 por ciento de grasa, la cual se usa en la fabricación de productos lácteos.

En 1959 se entregaron 47,000 millones de kilos de leche entera a las plantas de procesamiento; además hubo 137 millones de kilos de grasa que los granjeros vendieron con un valor de 180 millones de dólares. La leche vendida por los granjeros al por menor, como leche y crema, alcanzó 810 millones de kilos.

Los siete estados que tienen la mayor renta anual (1960) de producción lechera son: Wisconsin, 625 millones de dólares; Nueva York, 461 millones de dólares; California, 394 millones de dólares; Pennsylvania, 331 millones de dólares; Minnesota, 312 millones de dólares; Ohio, 224 millones de dólares y Michigan, 210 millones de dólares. En los estados del sur la industria lechera está logrando un rápido desarrollo.

En 1956 en los Estados Unidos hubo un consumo promedio por persona de 152 kilos de leche; 4,1 kilos de mantequilla, lo cual disminuyó muy rápidamente desde 1940; 3,63 kilos de queso y 7,26 kilos de leche evaporada y condensada.

La industria lechera ha cambiado bastante en los últimos cien años. En 1860 se recomendaba: (1) no agitar la leche mientras se enfriaba, al ex-

tremo que se acostumbraba construir la lechería separada del establo, para evitar que cualquier sacudida o movimiento agitara la leche; (2) mantener cerradas las puertas y ventanas de la lechería durante las tormentas porque se creía que el ozono dañaba rápidamente la leche y (3) no beber la leche que estaba en estado de cambio.

En este capítulo se estudiará el manejo de la leche y productos derivados, desde la vaca a la planta lechera o desde la vaca al cliente, en el caso de plantas operadas en las granjas.

Requerimientos de proceso. El objetivo del proceso es producir y mantener una leche líquida limpia, saludable y con un olor, sabor y apariencia aceptables. Los siguientes requerimientos o factores fueron establecidos por las Ordenanzas sobre la Leche y Productos Lácteos de los gobiernos locales, estatales y federal de los Estados Unidos. Las ordenanzas deben consultarse en cada zona:

SALUD Y LIMPIEZA DE LOS ANIMALES. La leche la deben producir animales libres de tuberculosis (TB), brucelosis (Bangs) y mastitis. Muchas áreas de los Estados Unidos están libres de las dos primeras enfermedades. La mastitis resulta en la producción de leche filamentososa y puede transmitirse de una vaca a otra, pero hasta el momento no se ha encontrado un método para determinar cuáles son los animales que tienen posibilidad de contraerla. La leche de estas vacas debe mantenerse separada de la producción regular. La carga bacteriana de la leche se usa como una indicación de su calidad. En la mayoría de las lecherías no se acepta leche con más de un millón de bacterias por centímetro cúbico y los requerimientos para el grado A exigen por lo general, no más de 50,000 organismos por mililitro de leche. En algunas zonas se paga un sobreprecio por la leche que tiene una carga bacteriana menor que la normal. A fin de eliminar el polvo y la suciedad se debe lavar la ubre antes del ordeño. Los pezones deben ordeñarse antes para eliminar la leche de alta carga bacteriana que sale primero de la ubre.

SALUD Y LIMPIEZA DEL GRANJERO. Para la pasteurización de la leche no se les solicita a los operadores de las granjas lecheras que se sometan a exámenes médicos periódicos. Si se va a producir leche certificada se requieren exámenes médicos muy estrictos y se controla la salud del operador. Las enfermedades transmisibles son particularmente importantes porque con algunas de ellas, los productores de leche no pueden despachar sus productos a ciertas zonas lecheras.

EQUIPO PARA EL TRANSPORTE Y ENFRIAMIENTO DE LA LECHE. El equipo para el transporte de la leche debe construirse de tal modo que: (a) no afecte el sabor y condición de la leche y (b) la leche no afecte adversamente la condición del material. Entre los materiales comunes para superficies que van a estar en contacto con la leche se tiene el aluminio, las superficies estañadas y el acero inoxidable. El aluminio es ligeramente soluble en la leche, pero no afecta el sabor y se usa para baldes de ordeño y otros utensilios de lechería. Las soluciones que se usan en la limpieza son bastante corrosivas para el aluminio. Materiales tales como el cobre y el hierro que, en contacto directo con el producto son corroídos y afectan el sabor del producto, pueden cubrirse con una superficie estañada. El estaño no reacciona con la leche de manera importante ni causa sabores extraños, pero las

soluciones clorinadas lo afectan bastante. El acero inoxidable que se usa más comunmente para superficies en contacto con la leche es el de la serie 300, esto es, 302, 310, 316, etc., que está hecho de 18 por ciento de cromo y 8 por ciento de níquel (18-8). Los aceros de la serie 300 no son magnéticos. El acero inoxidable es más caro que los otros materiales mencionados pero tiene una duración mayor. No es un material indestructible, como se piensa a menudo, porque debe mantenerse debidamente limpio; es algo sensible a las soluciones clorinadas pero con un buen uso el equipo dura mucho y proporciona buen servicio. Para mantener la calidad de la leche, ésta debe enfriarse rápidamente a 4.5°C (la mayoría de las ordenanzas anteriores exigían hacerlo a 10°C).

Requerimientos para la construcción del establo y lechería. Los requerimientos de construcción cuando se vende leche líquida están bien establecidos por las Ordenanzas sobre la Leche. Las ordenanzas cubren puntos tales como la construcción, utilización y limpieza del establo para las vacas, iluminación y ventilación, eliminación de estiércol, construcción y disposición de la lechería, equipo de lavado, incluyendo el calentador de agua y las tinas de lavado, equipo de enfriamiento, recipientes para el transporte de la leche, colado de la leche, desagües y suministro de agua. Algunos de estos requerimientos permanecen en estado de cambio por el reciente uso de sistemas de cobertizo abierto, en el cual las vacas se ordeñan en una sala de ordeño separada, en contraste con el sistema de estabulación. Las paredes deben tener una construcción hermética, de tal modo que el alimento no pueda filtrarse en la sala de ordeño y las puertas deben tener malla de alambre en el establo y en la lechería para impedir la entrada de moscas.

Leche procesada. Hay una diferencia considerable en el gusto y olor de la leche cruda y de aquella que se compra en botellas y envases de cartón después del procesamiento. La mayor parte de la gente que se ha acostumbrado a la leche procesada no le gusta el olor y sabor de la leche cruda; esto se debe principalmente al hecho que el producto se trata con calor durante la pasteurización. En el tratamiento térmico se producen ligeros cambios en el gusto y sabor del producto. La pasteurización puede hacerse por el método de retención o discontinuo, en el cual se requiere una temperatura no menor de 61.6°C y un tiempo de retención no menor de 30 minutos o por el método continuo, el cual necesita una temperatura más alta por un tiempo mucho más corto; al presente el método más corriente es el HTST (alta temperatura - corto tiempo) en el cual se calienta la leche a una temperatura no menor de 72°C por un tiempo no menor de 15 segundos, después de lo cual se enfría. En los últimos años ha habido una tendencia de ir a mayores temperaturas aún, con tiempos más cortos; se tiende a usar temperaturas sobre 93°C y el proceso se conoce como pasteurización UHT (temperatura ultra alta). El principal objetivo de la pasteurización es tratar el producto con calor para destruir los organismos que producen enfermedades y para inactivar ciertos compuestos químicos conocidos como enzimas, de tal modo que se logre un mayor tiempo de conservación del producto.

La homogenización es otra operación de procesamiento que puede afectar el gusto y sabor de la leche. La leche en su estado normal tiene glóbulos

de grasa hasta de 20 micrones de diámetro. Durante el proceso de homogenización se reduce el tamaño de los glóbulos de grasa, forzando el paso de la leche a una presión muy alta a través de una abertura muy pequeña; la mayoría de glóbulos adquieren un diámetro menor de 2 micrones, de tal modo que después de 48 horas de la homogenización no se forma ninguna capa visible de crema en la parte superior de la botella de leche.

Propiedades de la leche. La compra de la leche se basa en la prueba de grasa y en los kilos de producto a un nivel de calidad ya establecido. Debido a la disminución del valor de la grasa, la leche se compra en algunas zonas en base a sus sólidos totales. Normalmente se acepta que la leche, para considerarse como tal, debe contener más de 3,0 por ciento de grasa. Cuando la leche está en la condición natural en que la produce la vaca, a medida que el porcentaje de grasa aumenta, los sólidos no grasos (SNG) también aumentan. La densidad de la leche cambia con el contenido de grasa y con la temperatura. La leche que se produce naturalmente, a medida que el porcentaje de grasa aumenta, el peso por litro (o densidad) también se incrementa (Fig. 2.1a); a medida que la temperatura aumenta la densidad o el peso por litro disminuye. Cuando la leche o crema se normaliza añadiéndoles más crema para obtener un porcentaje más alto de grasa se aprecia una reducción en el peso por litro a medida que el porcentaje de grasa se aumenta (Fig. 2.1b). En la calibración de los tanques de leche, hay que considerar que existe un aumento en la densidad como resultado de un aumento en la grasa, cuando se trata de la leche natural. En la planta lechera donde se acostumbra a normalizar la leche para obtener ciertas pruebas de grasa, con el aumento de la grasa resulta una disminución de la densidad. Debe proporcionarse el equipo necesario para determinar el peso de la leche y lograr una muestra representativa para las pruebas de grasa.

El sabor y olor de la leche no son mayormente afectados por el hecho de que la leche esté cerca de las vacas o del alimento que se dá a las vacas. La leche no absorbe sabores de alimentos y de animales a través del aire o por su proximidad inmediata a éstos. Años atrás se requería que la lechería y los cuartos de alimentos estuvieran a cierta distancia del establo y de la leche para evitar malos olores en ella. La leche adquiere los olores y sabores extraños a través de la corriente sanguínea y el sistema respiratorio del animal. Así, cuando se produce leche con un sabor a alimento, es porque la vaca respira aquellos olores a alimento hasta dos horas antes del ordeño; de igual manera se absorbe el olor a estiércol del establo. Para evitar estos olores y sabores extraños es necesario asegurarse que los animales estén en un área limpia y nó en una zona de estiércol, y que no coman ensilaje u otros alimentos que producen sabores extraños en un período de dos horas antes del ordeño. Algunas veces se hace tratamiento de la leche al vacío en la planta para eliminar componentes que causan olores y sabores indeseables.

Existen varias enzimas, una catálisis producida por una célula viva, que afectan la velocidad de una reacción química pero que no llegan a ser parte de la sustancia formada. La lipasa y la fosfatasa son dos enzimas comunes, las cuales son inactivadas — esto es, la reacción química se detiene cuando se calientan. Si la lipasa no fuera inactivada la leche se volvería rancia porque la lipasa ayuda a la descomposición de la grasa de la leche. La lipasa

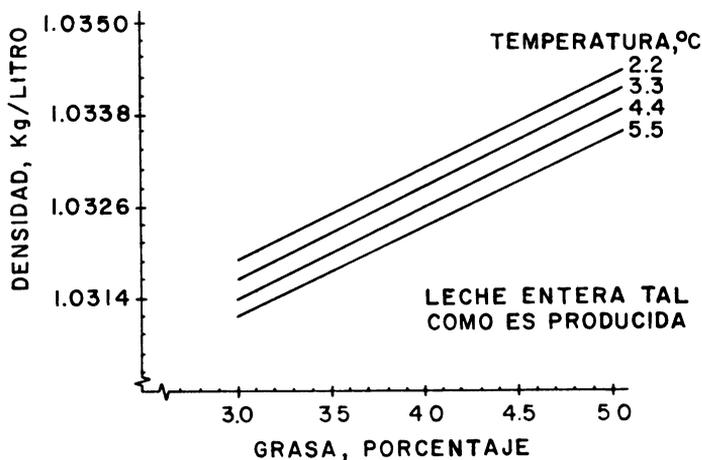


Fig. 2.1a. Densidad aproximada de la leche entera tal como se produce (Thomsen, 1953).

normalmente es inactivada por calentamiento a 46°C. La fosfatasa se usa como una medida de la efectividad de la pasteurización de la leche, porque prácticamente se destruye toda cuando la pasteurización se lleva a cabo en la forma debida. La reductasa es una enzima producida como un resultado del crecimiento bacterial y con frecuencia se usa como una medida de la carga bacterial de la leche.

La leche con 3,5 por ciento de grasa tiene 8,6 por ciento de sólidos no grasos —caseína, albúmina, azúcar y cenizas— lo que hace un total de 12,1 por ciento de sólidos totales con una gravedad específica de 1,033 ó sea 1,033 gramos por centímetro cúbico. El valor calorífico es de 660 calorías por kilogramo de leche entera. La leche entera tiene un calor específico de 0,93, un punto de congelación de $-0,5^{\circ}\text{C}$ y un punto de ebullición de $100,5^{\circ}\text{C}$. La incorporación de aire en la leche a 35°C induce a una rancidez. Una agitación rápida causa aglutinamiento de la grasa que resulta en la formación de escamas. Las altas temperaturas causan el quemado de los sólidos de la leche en la superficie de transmisión de calor. La leche normal tiene una viscosidad de 1,370 centipoises a 25°C (Bateman y Sharp, 1928).

Saneamiento. El saneamiento es de máxima importancia en la elaboración de productos lácteos en la granja o en el procesamiento en la planta. Debe evitarse la acumulación de los sólidos de la leche sobre las superficies, fenómeno que se conoce con el nombre de "piedra de leche" o eliminarse una vez que se produzca, pues, constituye una fuente de contaminación. En la actualidad se están introduciendo muchas innovaciones con respecto a la limpieza del equipo lechero en su lugar, sin desarmarlo. La limpieza en circuito sin desarmar se practica en la granja para los sistemas de tuberías y tanques, y en las plantas. Los mismos principios básicos intervienen si la limpieza se hace manualmente o con el sistema automático de limpieza en circuito (CIP). Primero se deben limpiar bien las superficies y sacar todos

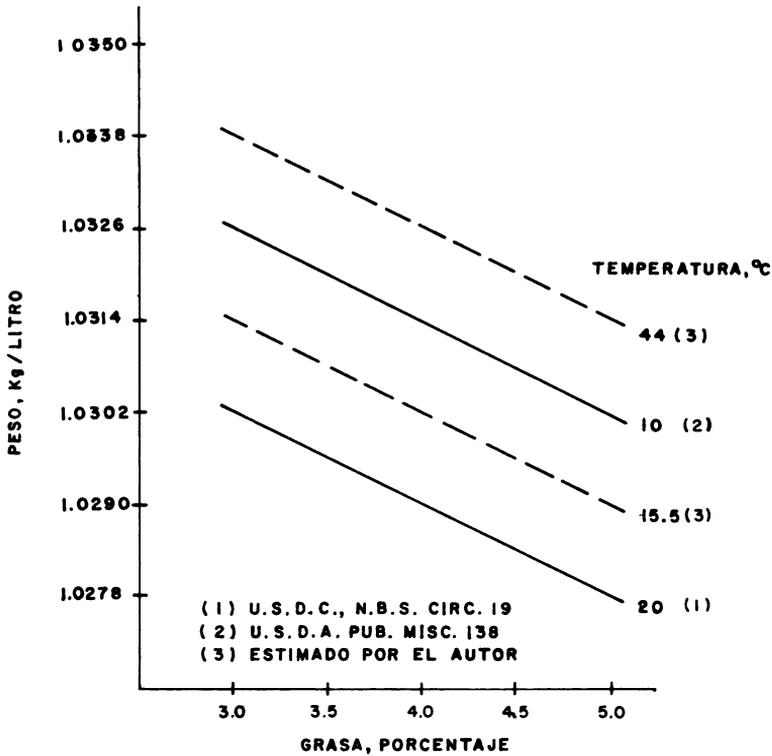


Fig. 2.1b. Densidad aproximada de la leche normalizada.

los sólidos. Cuando los sólidos se encuentran en la superficie que se va a limpiar, se deben eliminar antes de proceder con la limpieza en circuito. La superficie se enjuaga con agua a 38°C. Algunos operadores de planta usan soluciones ácidas y otros usan detergentes alcalinos. Un procedimiento normal consiste en alternar estas soluciones o usar una solución por cinco días, seguida de otra, por dos días. Inmediatamente después de lavar, todos los utensilios o superficies, éstos deben enjuagarse para eliminar las soluciones de lavado; luego se deja que las superficies se sequen. En el caso del acero inoxidable, es importante que las superficies se expongan al aire seco, de tal modo que se pueda formar una capa protectora, llamada capa pasiva, que sirve para proteger el acero. El procedimiento de colocar una solución de hipoclorito de cerca de 200 partes por millón sobre la superficie se conoce como sanitización*. La sanitización debe hacerse poco antes de colocar la leche sobre la superficie, y no después del lavado, ya que si se hace después de la limpieza y se permite que la solución permanezca en la superficie por más de dos horas, causará la corrosión y picado de la superficie del acero

* Nota: no es esterilización.

inoxidable. Debe seguirse muy fielmente las instrucciones de los fabricantes para usar las soluciones de limpieza y sanitización. Muchos fabricantes establecieron las recomendaciones para la limpieza de algunas piezas de equipo tales como máquinas ordeñadoras, tuberías, líneas de vacío y equipo de procesamiento en la planta. Otra razón para sanitizar inmediatamente antes del uso es que la superficie se halla libre de contaminación en el momento previo al uso del equipo.

Un grupo conocido como organización de los 3-A que representa las tres asociaciones: Salud Pública de los Estados Unidos, la Asociación Nacional de Sanitarios de Leche y Alimentos y el Comité de Industrias Lecheras, estableció normas para la construcción y uso de varias piezas de equipo de lechería, tales como: tanques, carros tanque, homogenizadores, pasteurizadores y otros equipos de procesamiento, por lo que se recomienda que al comprar equipo se seleccione aquel que cumpla con las normas 3-A.

Almacenamiento doméstico de productos lácteos. La leche debe almacenarse a temperaturas sobre la congelación, usualmente en el rango de 1° a 4,5°C. En los últimos años se ha prolongado el tiempo de conservación de la leche que se mantiene en recipientes cerrados, lo cual hace posible conservarla hasta por 4 ó 5 semanas. Después que se abre el recipiente la leche debe usarse dentro de los 3 ó 4 días siguientes. Es necesario conservar la leche libre de la luz solar que le causa un sabor a oxidación y que además, puede romper la homogenización, dando lugar a la formación de un anillo de grasa en la parte superior de la botella. Las botellas coloreadas y los envases de cartón o plástico reducen el efecto de la luz solar. El queso tipo "cottage" debe usarse dentro de 3 ó 4 días y se debe mantener cubierto bajo refrigeración entre 4,5° y 7°C. La mantequilla se conserva por varias semanas a 4,5°C o menos y debe mantenerse tapada. También se puede congelar a -18°C para conservarla por un largo tiempo. Sin embargo, muchas refrigeradoras domésticas no conservan helados a esta temperatura así que en las que no tienen compartimiento de congelación, el helado debe retirarse de su envase de cartón y colocarse en la cubeta de hielo. La leche evaporada y la leche condensada endulzada en latas se conserva en excelente condición hasta un año en almacén a temperaturas menores de 18°C. Después que se abren las latas deben usarse dentro de una semana y el producto se debe tratar en forma casi igual a la leche pasteurizada. La leche en polvo sin grasa se puede conservar por lo menos por seis meses sin refrigeración, siempre que la temperatura no pase de 32°C, arriba de la cual ocurre un cambio notable en el sabor. Cuando esta leche se almacena en ambiente con aire de alto contenido de humedad tiene lugar un aterronamiento del producto y podría ocurrir un cambio de sabor.

Las máquinas ordeñadoras como equipo asociado. Para comprobar la condición de la leche se debe extraer una copa, antes del ordeño definitivo, para descartar la leche con sangre y la leche filamentosa, que por lo general es el resultado de la mastitis. En la mayoría de las zonas se requiere que el balde de ordeño tenga boca pequeña para reducir al mínimo la entrada de suciedad y polvo.

El uso de máquinas ordeñadoras constituye en la actualidad una técnica general aceptada, aunque en algunas partes del mundo, como sucedió al comienzo en los Estados Unidos, se piensa que dañan severamente a los animales. Para evitar lesiones se debe ajustar y utilizar el equipo debidamente. Existen en la actualidad 720,000 granjas con máquinas ordeñadoras y se venden por año aproximadamente 30,000 máquinas a las granjas de los Estados Unidos. El ordeño a mano requiere de 12 a 20 minutos por vaca mientras que las máquinas ordeñadoras solo necesitan un tiempo neto de $3\frac{1}{2}$ minutos, aunque el tiempo total de ordeño, incluyendo la preparación de la vaca, retiro del equipo, etc. hace un promedio de 6 minutos por vaca aproximadamente.

Las vacas que se van a ordeñar deben tener sus ubres esquiladas, estar en una cama limpia con estiércol que se remueva regularmente y se les debe lavar las ubres antes de iniciar el ordeño; así producen una leche con una carga bacteriana mucho más baja. Se recomienda en especial que las vacas de alta producción se ordeñen con regularidad, lo que no es tan importante para las de baja producción. En la actualidad, la mayoría de las vacas se ordeñan dos veces al día, porque los costos de mano de obra no justifican el aumento de 15 a 20 por ciento en la producción que se obtiene, cuando se ordeña tres veces por día como se hacía por la década de 1930 y los primeros años de la década de 1940 (Snyder, 1953). Si se ordeña cuatro veces al día se obtiene sólo alrededor de 5 por ciento más de leche que cuando se ordeña tres veces.

Una máquina ordeñadora consiste básicamente de una unidad para proporcionar vacío con su equipo generador de potencia, por lo general eléctrico, tuberías o mangueras que van al animal, un dispositivo para producir pulsaciones y un recipiente para recoger el producto (Fig. 2.2).

Para producir el vacío de 250 a 380 milímetros de mercurio, se utilizan bombas de pistón o de paletas con un regulador que sirve para mantener el vacío deseado. A fin de comprobar periódicamente el vacío se debe instalar un medidor o vacuómetro, el cual debe calibrarse cada cierto tiempo porque tiene la tendencia a alterarse con el uso. Generalmente se tiene un tanque de 10 a 15 litros, cerca de la salida de la bomba de vacío, para reducir las fluctuaciones del pistón.

Las máquinas ordeñadoras pueden clasificarse como unidades portátiles o unidades de instalación fija con tuberías. Con la unidad portátil el motor y la bomba de vacío pueden estar ya sea como parte del cabezal de la ordeñadora o en un carro que se mueve detrás de las vacas. El tipo de instalación fija con tuberías puede incluir una tubería para el suministro de aire de la bomba de vacío al cabezal o una tubería para el transporte de la leche de la vaca a la lechería. Para este último tipo hay por lo general una línea de aire separada. Para la unidad portátil se utiliza un motor de $\frac{1}{4}$ ó $\frac{1}{3}$ hp y se estima un requerimiento de alrededor de 1.5 Kwh por vaca por mes en electricidad para el ordeño. Con el tipo de tuberías se usan motores de $\frac{1}{3}$ hp para ordeñadoras de dos unidades simples, de $\frac{1}{2}$ hp para ordeñadoras de cuatro unidades simples y motores de 1 hp para ordeñadoras de 8 unidades simples. Algunas unidades utilizan motores de 3 hp, depende del número de vacas o de la longitud de la línea de suministro de aire. Si la línea de vacío tiene una longitud mayor de 10 metros, el gasto de electricidad para la ordeñadora del tipo de instalación fija es de alrededor de 2 a 3 Kwh por

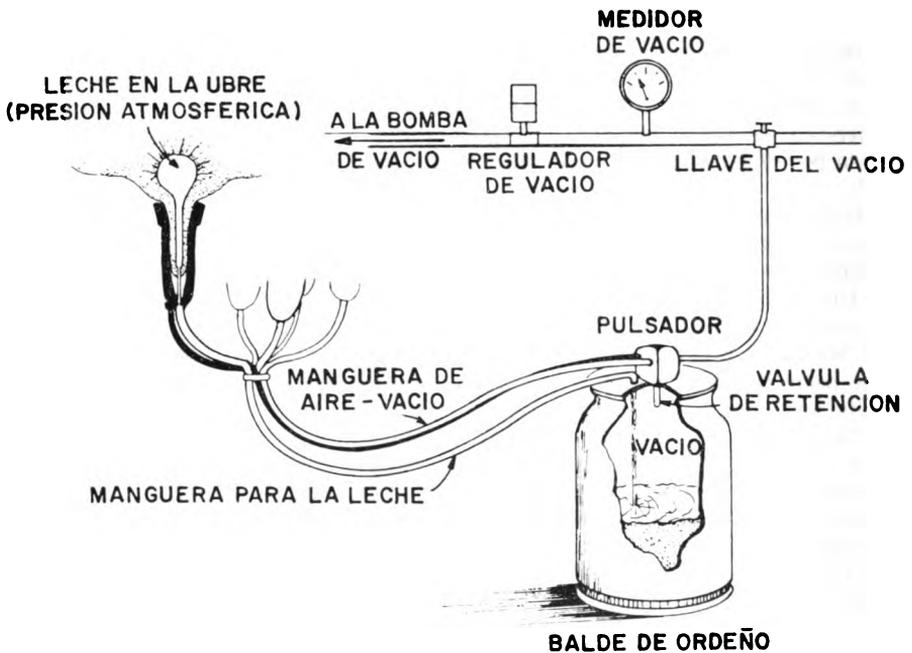


Fig. 2.2. Disposición de la máquina ordeñadora.

mes y por vaca. Si la unidad de vacío está a más de 10 metros del establo debe usarse una tubería más gruesa. Para la línea de aire se usa normalmente tubería de 1,9 a 2,5 cm ($\frac{3}{4}$ " a 1") galvanizada o negra. La línea de aire sostiene el medidor de vacío, el regulador de vacío y la llave o toma de vacío. Las tuberías pueden llegar a ser una fuente de contaminación para el producto, en particular si el balde de ordeño tiene rebose y parte de la leche pasa a la línea. Asimismo los olores de la leche pasan a la línea constantemente durante el ordeño. La línea se debe construir e instalar a pendiente y lavarse periódicamente con una solución de limpieza y desinfectante que pase por la línea en cada una de las llaves, las cuales se deben abrir después de la limpieza para que drenen.

El pulsador tiene por objeto proporcionar las fluctuaciones y acciones de contracción, de 48 a 54 veces por minuto para vacas lecheras y de 65 a 75 pulsaciones por minuto para cabras. Pueden diseñarse para mover las cuatro copas juntas o primero, las dos anteriores y luego las dos posteriores. El pulsador permite que se ejerza el vacío, luego lo corta y permite que la presión atmosférica actúe en las copas.

Las copas tienen una conexión de dos mangueras; una de ellas se llama manguera del aire y viene del pulsador que alternativamente proporciona a las copas aire a presión atmosférica y vacío y la otra, es la manguera de la leche que está bajo vacío y transporta la leche de las copas al balde de ordeño o a las tuberías, en el caso de las máquinas de instalación fija. La leche se obliga a fluir de la ubre, que está a presión atmosférica, a las copas y a

través de la manguera de la leche, al balde de la ordeñadora que está al vacío (baja presión). Una pezonera de goma rodea el pezón y proporciona una acción de masaje para el ordeño por la relación airevacío que establece el pulsador. La pezonera de goma va en la copa de metal y se conecta en forma alterna al aire y al vacío para proporcionar así la acción de masaje. Sin embargo, el espacio dentro de la pezonera está siempre al vacío cuando el aparato está colocado en la vaca. El vacío uniforme en la parte inferior de la pezonera sostiene la copa en su lugar. Si los cuatro frontales y los cuatro traseros se ordeñan por separado, se debe usar una doble manguera airevacío para suministrar alternativamente las pulsaciones a los cuartos.

El operador debe tener mucho cuidado para evitar daño a la ubre. Es particularmente importante que la unidad se retire tan pronto termine el ordeño de la vaca.

El uso de caucho o goma o de materiales sintéticos para la pezonera es de especial consideración para la limpieza del equipo de lechería. Para remover la grasa que se absorbe en las celdas de la pezonera se usa, por lo general, soluciones de lejía; en el pasado, se recomendaba hervir las pezoneras en una solución fuerte de lejía para eliminar las partículas de grasa; sin embargo, trabajos recientes indican que es mejor usar una solución de lejía al 5 ó 10 por ciento a la temperatura ambiente, por un período de siete días para remover las mayores cantidades de grasa que haya absorbido la pezonera. Temperaturas más altas hacen penetrar la grasa en lugar de eliminarla (Jensen, 1955). Existen pezoneras de látex, caucho sintético, caucho natural y neoprene.

La ordeñadora debe limpiarse debidamente después del uso; el primer paso consiste en limpiarla con un chorro de agua tibia a razón de 8 litros por cada copa, seguido por una solución de lavado de 60 ó 70°C, después de lo cual se enjuagan nuevamente todas las partes y se dejan drenar. Las pezoneras pueden desmantelarse diariamente, sostenidas en una gradilla dentro de una solución de producto químico o esterilizadas con vapor. Antes del ordeño las unidades deben sanitizarse con una solución (clorinada) de más o menos 200 ppm.

Ordeñadoras de instalación fija con tuberías. Con el advenimiento del transporte de leche al granel en tanques se ha difundido el uso de tuberías para llevar la leche de las vacas al cuarto de leche. El sistema es esencialmente el mismo que se discutió antes, el cual se presenta en la Figura 2.3, pero, el balde fue reemplazado por una tubería para leche que va de la vaca al cuarto de leche.

Las tuberías para leche se construyen de vidrio o de acero inoxidable. Cuando se utiliza un tanque al vacío para la leche, la tubería simplemente reemplaza al balde de ordeño y es el vacío en el tanque el que aspira la leche. Sin embargo, muchos de los tanques de leche son tanques a presión atmosférica, para los cuales es necesario proporcionar un medio que permita que la leche abandone la línea de leche que está al vacío para ir al tanque que está a presión atmosférica, a través de un dispositivo llamado aliviador de vacío.

La leche puede recogerse al pie de la vaca en un balde y luego vaciarse toda a la línea de leche después del ordeño. La leche puede llegar al tanque en un gran volumen o llevarse continuamente de la vaca al tanque. En el

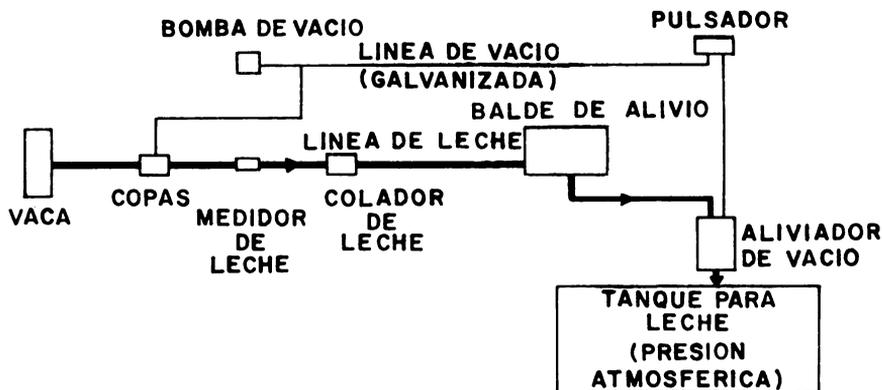


Fig. 2.3. Tuberías de leche al vacío para tanque de leche a presión atmosférica.

caso de que se pese la leche después de cada ordeño, se le puede recoger en balde al pie de la vaca; en otros casos se instala en la línea un medidor para medir la leche que la vaca produzca.

Colado. El propósito del colado es eliminar la suciedad que caiga en la leche. El colado no elimina ni reduce el contenido de bacterias y en algunos casos puede más bien aumentarlo, pues un colador sucio constituye una fuente de contaminación. La mayoría de los coladores para la leche que se recibe en balde consisten de un absorbente de algodón cubierto con una tela del mismo material. En los sistemas de ordeño con tuberías los coladores pueden colocarse en la línea, como coladores de tela o de metal, o si nó, se puede colocar un colador convencional de balde sobre el tanque o sobre el cántaro en el extremo de la tubería de leche. En algunas zonas se prohíbe el uso de coladores en la línea.

Medidor en la línea de vacío. Se ha desarrollado un medidor que permite determinar la cantidad de leche y obtener una muestra cuando se usan tuberías de leche con flujo continuo de la vaca al cuarto de leche. La unidad consiste de un receptáculo pesador hecho de dos compartimientos que van montados como una bandeja sobre un brazo oscilante dentro de una cámara al vacío. El brazo oscilante se extiende fuera de las paredes del armazón hasta la porción del dial del medidor que contiene dos magnetos y el mecanismo que mueve el índice marcador. Tan pronto como la leche llena una bandeja la empuja hacia abajo y descarga la leche, mientras se llena el otro compartimiento. Cada movimiento de la bandeja registra 0,113 kilos ($\frac{1}{4}$ lb) en el dial. También se incluye una unidad para toma de muestras que retira una pequeña cantidad de leche para el análisis de grasa. Con el uso de este aparato en la medición de la cantidad de leche producida en 545 ordeños, se obtuvo un error bruto de 2,2 por ciento mientras que el error neto fue de 0,53 por ciento (Hupp, 1957). El medidor por lo general subestima la producción de las vacas de ordeño rápido. El medidor es satisfactorio para que el ganadero pueda establecer su programa de alimentación y para

observar el progreso de cada animal, pero no es aceptable para pruebas oficiales o como base para la venta del producto.

TUBERÍAS PARA LECHE. En las tuberías de leche puede ocurrir una activación de la rancidez causada por adición de leche caliente a la leche fría, por mucha agitación o por espumaje de la leche caliente. Originalmente se pensó que los tanques eran los causantes de la formación de leche rancia, pero se encontró luego que la mayoría de la rancidez está asociada con los sistemas de tuberías, particularmente cuando están mal instaladas. El daño que causa la rancidez puede atribuirse a alguna de las siguientes causas: (1) mucha admisión de aire, (2) entrada de aire en la línea de la leche, (3) tuberías verticales muy numerosas o muy altas y (4) tuberías muy largas. Se pueden usar tuberías de 60 metros de largo con recorrido vertical de altura moderada sin causar aumento en el sabor rancio, siempre que la entrada de aire y el flujo de leche estén debidamente regulados. La entrada de aire puede ocurrir en las válvulas o en las uniones de las tuberías, que a menudo se sueltan con la vibración. Por lo general se produce rancidez cuando se observa turbulencia y leche caliente espumosa. Para el lavado de las tuberías se requiere una circulación continua de 45 a 115 litros, que puede estimarse en base a un litro por cada metro de línea más la capacidad de la bomba y del tarro de pesado. Puede usarse, ya sea vacío o una bomba para circular el fluido por un tiempo de 15 minutos o más (Jokay y Jensen, 1956).

Equipo para el enfriamiento de la leche

ENFRIADORES DE SUPERFICIE. Los enfriadores de superficie o aereadores se usan para enfriar la leche tal como viene de la vaca, antes que vaya al tanque o a los cántaros. El enfriador de superficie puede alimentarse con agua de pozo o bien puede tener agua de pozo para la sección superior del serpentín y refrigeración mecánica para la sección inferior. La unidad se construye de acero inoxidable o de cobre estañado para la sección donde pasa el agua, y de acero para la sección donde pasa el amoníaco, en el caso de refrigeración mecánica. Para enfriar la leche a una temperatura de 17 a 19°C se usa agua de 13 a 15.5°C. Cuando la leche sale de la vaca normalmente la temperatura es de 34°C. La mayoría de las ordenanzas sobre la leche requieren que ésta se enfríe a 7-10°C dentro de 2 ó 3 horas después del ordeño.

ENFRIAMIENTO DE LECHE EN CÁNTAROS. Los cántaros de la leche que se enfría en un enfriador de superficie pueden colocarse en un almacén refrigerado con atmósfera seca. Si la leche no se enfría en un enfriador de superficie, la velocidad con que los cántaros pierden calor en un ambiente seco es muy lenta, pues en la primera hora después del almacenamiento en un cuarto de 10°C tienen un descenso de temperatura de alrededor de 3°C. Los cántaros pueden colocarse en agua refrigerada en tanques conocidos con el nombre de enfriadores de inmersión. El agua que se usa en los enfriadores de inmersión puede ser de arroyo o de pozo, enfriada por hielo o por refrigeración mecánica; con agua a 10-13°C, la leche baja a 15,5°C en una hora. Para conseguir que la leche baje su temperatura a 10°C o menos, dos horas después del ordeño, se debe usar un sistema de refrigeración mecánica con

un sistema de agitación para el agua. Se requiere aproximadamente de 1 a 1½ Kwh de electricidad por cántaro de leche por día para enfriarla a 7-10°C. La capacidad de refrigeración debe ser suficiente para eliminar el calor; y el aislamiento en la caja debe colocarse de tal modo que el agua se extienda sobre el nivel de la leche en los cántaros; se necesitan alrededor de 1½ a 1 2/3 litros de agua por cada litro de leche para lograr un enfriamiento adecuado. La circulación del agua puede hacerse con un propulsor, por bombeo o por agitación con aire.

Un enfriamiento rápido se obtiene con unidades que rocían agua fría sobre los cántaros, lo que proporciona esencialmente una agitación rápida del medio de enfriamiento sobre la superficie del cántaro. Con estas unidades pueden colocarse las puertas al nivel del piso del enfriador de tal modo que no se necesite levantar los cántaros para ponerlos y sacarlos del enfriador. Para estar seguros que el agua de enfriamiento se distribuye uniformemente se deben revisar los agujeros que echan el agua fría sobre los cántaros ya que hojuelas, pajas y otras impurezas tienden a tapar estas aberturas. Con el enfriador de inmersión es necesario colocar el tanque debajo del nivel del piso para no tener que levantar los cántaros.

Para enfriar cuatro cántaros de 37,8 litros (10 galones) de leche por día de 33 a 5,5°C se necesita un motor de 1/3 hp para el compresor del sistema de refrigeración mecánica y de 12 a 18 metros de tubería de cobre de 1,27 cm (1½ pulgada) para el serpentín (McCalmont, 1946). Durante el enfriamiento se presenta una diferencia de temperatura de 5,5°C aproximadamente entre el fondo y la parte superior de un cántaro de 37,8 litros, con la leche más caliente en la parte superior. La agitación mecánica de la leche aumenta la velocidad de enfriamiento y disminuye la diferencia de temperatura entre las partes superior e inferior del cántaro (Nicholas, 1939). Cuando la leche se transporta en cántaros no debe mezclarse la leche fresca caliente con la fría porque la adición de la caliente eleva la temperatura y acelera el crecimiento bacterial, lo que induce a la rancidez.

Existen enfriadores de inmersión o por rociado con capacidad de 1 a 16 cántaros, con motores para los compresores mecánicos que van desde ¼ a 2 hp y con un requerimiento de electricidad de 1 Kwh aproximadamente por cántaro de 37,8 litros (10 galones). Para un tanque de inmersión se prefiere una relación de agua a leche de 5 a 1.

Enfriadores de leche a granel. El manejo de leche a granel se desarrolló primero en la Costa Oeste de los Estados Unidos, en los primeros años de la década de 1940. En los primeros años de la década de 1950, las regiones lecheras del Medio Oeste empezaron a adoptar el transporte de leche a granel en tanques, en granjas más pequeñas que aquellas de la región del Oeste. Se diseñaron nuevos tanques con características especiales y en la actualidad existen de 15 a 20 fabricantes que construyen tanques refrigerados para leche.

Se establecieron las normas 3-A para ayudar a los fabricantes en el desarrollo de equipo que pudiera limpiarse fácilmente y, además, para establecer ciertas normas mínimas de rendimiento. Los tanques que cumplen las normas 3-A deben enfriar la leche a 10°C en una hora y a 4°C en dos horas después del ordeño. Se considera un período de 1:30 horas para colocar la leche en el tanque en no menos de cinco incrementos iguales espaciados

uniformemente. Para un tanque de recolección diaria, la unidad debe enfriar la mitad de la capacidad del tanque y para uno de recolección interdiaria debe enfriar un cuarto de la capacidad del tanque, de acuerdo a las normas 3.A. Algunos estados de los Estados Unidos tienen requerimientos más estrictos que éstos y exigen que el producto se enfríe a 7°C en una hora después del ordeño. En otras zonas se requiere también que la leche no exceda 10°C (conocida como temperatura de mezcla) cuando se añade leche caliente al tanque en los siguientes ordeños. La leche normalmente se mantiene a menos de 4°C en el tanque.

Existen alrededor de 200,000 tanques de leche en las granjas de los Estados Unidos. Cerca del 70 por ciento de las áreas que producen leche de Grado A para el consumo líquido han adoptado el sistema de transporte en tanques. La leche que se usa para la fabricación de productos derivados se maneja en tanques.

Los tanques pueden clasificarse, de acuerdo con el método de refrigeración, en tanques de expansión directa y en tanques de banco de hielo (Figs. 2.4 a y b). Con el sistema de expansión directa el producto se enfría directamente por el serpentín enfriador que se extiende a lo largo del fondo del tanque. Con el sistema de banco de hielo, un bloque de hielo se congela alrededor del serpentín y se hace circular agua alrededor del banco y alrededor del tanque para enfriar la leche. Algunos tanques se enfrían por una combinación de estos dos métodos.

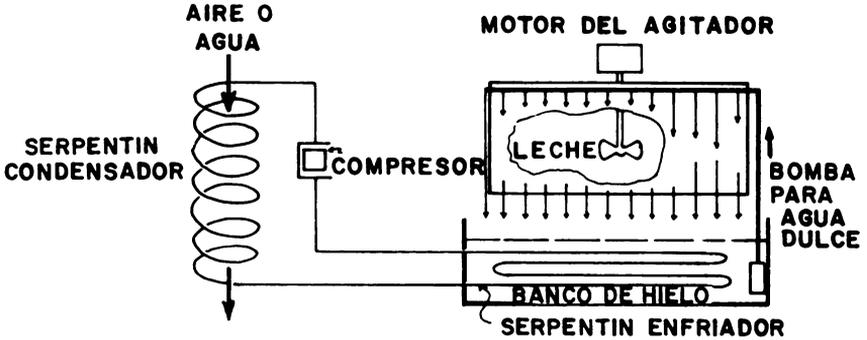
Los tanques pueden clasificarse de acuerdo a la regularidad de la recolección en tanques de recolección diaria (RD) o en tanques de recolección interdiaria (RID). Los tanques de recolección diaria predominan, aunque en muchas zonas, las rutas que son de recolección interdiaria usan tanques de recolección diaria para asegurar que los tanques tengan la capacidad de refrigeración adecuada para la leche que se transporta.

Los tanques también pueden clasificarse como tanques a presión atmosférica y tanques al vacío, que se usan a menudo con los sistemas de ordeño de instalación fija.

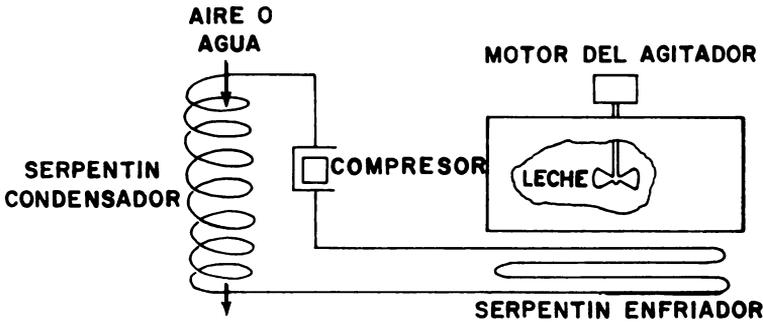
El tamaño de los tanques se designa por su capacidad en galones, cuando están llenos. Es difícil seleccionar el tamaño apropiado, pues muchas veces el productor de leche aumenta su producción después de adoptar el sistema de transporte al granel. El tamaño más común en el Medio Oeste es de 945 a 1,890 litros (250 a 500 galones). Cuando se tiene producción irregular de leche, el tanque debe escogerse en base a la producción máxima. Para una recolección interdiaria el tanque debe ser 2½ veces de la producción diaria máxima; con una producción diaria máxima de 380 litros (100 galones) debe ser de 570 litros (150 galones) para recolección diaria y de 950 litros (250 galones) para recolección interdiaria.

El sistema de manipulación en tanques normalmente cuesta más que el sistema de manipulación en cántaros. Mientras que un tanque de 760 litros puede costar 2,000 dólares, el enfriador de cántaros para hacer el mismo trabajo costará 700 dólares. No sólo hay un costo adicional por el tanque sino que la lechería necesita, por lo general, una remodelación de importancia en el 20 por ciento de las granjas, aproximadamente.

Las posibilidades de un retorno económico que justifique el aumento de costo del sistema de transporte en tanque son las siguientes:



a) BANCO DE HIELO



b) EXPANSION DIRECTA

Fig. 2.4. Tanques de banco de hielo y expansión directa.

Ganancia por medir la leche en la granja — 2 a 4 centavos de dólar por ciento.

Eliminación del costo de los cántaros — 2 centavos de dólar por ciento.
Ahorros en los costos de transporte — 0 a 10 centavos de dólar por ciento.

Premios pagados por la planta para la leche en tanques — 0 a 15 centavos de dólar por ciento.

En la mayoría de las granjas se ahorra poco en mano de obra con el transporte al granel, al menos con la instalación inicial. En muchos casos se requiere un aumento de mano de obra porque el granjero es responsable de la limpieza y mantenimiento del tanque. Para reducir los costos de mano de obra se necesita una inversión adicional en un sistema de tuberías. Muchas personas desean saber cuántas vacas se necesitan para justificar un sistema de transporte en tanques. En vez de basar la justificación en el número de

vacas es mejor hacerlo en la producción diaria en kilos aunque muchas veces se usan 15 vacas como mínimo. Para recolección interdiaria, se necesitan alrededor de 230 kilos de producción diaria para justificar el sistema de transporte en tanques y 460 kilos de producción diaria para recolección diaria (Cowden, 1956). Para obtener una reducción en el costo de transporte se necesita practicar una recolección interdiaria.

Los tanques de banco de hielo tienen una mitad de refrigeración motor compresora que opera varias horas por día, hasta 20 horas. Durante este tiempo se construye el banco de hielo, el cual queda disponible para un enfriamiento posterior de la leche. La energía eléctrica es más barata en las horas que no son de máximo consumo y podría utilizarse para la formación del banco de hielo, siempre que se encuentre disponible. Con el sistema de expansión directa el enfriamiento se debe hacer por el compresor mientras se llena y después del ordeño, lo cual reduce el número de horas para el enfriamiento. De este modo el motor del compresor es más grande para un sistema de expansión directa que para uno de banco de hielo. El sistema de expansión directa en general es más costoso que el de banco de hielo, pero no requiere tanta electricidad para el enfriamiento (Tablas 2.1 y 2.2). Se recomienda que por cada 380 litros a enfriarse diariamente haya disponible en el motor de 2/3 hp, para expansión directa y de 1/3 a 1/2 hp para banco de hielo. En el sistema de banco de hielo se usa un motor en el compresor, uno en el agitador y uno en la bomba de agua fría. Si se utilizan sistemas enfriados por aire, se necesitará un motor adicional para operar un ventilador. Una parte de los costos de remodelación podría ser para proporcionar instalaciones eléctricas adecuadas para el suministro de energía eléctrica a los motores del tanque de leche.

Existen muchos diseños de agitadores que se utilizan para lograr una mezcla más completa del producto y proporcionar una velocidad más rápida de

Tabla 2.1. Sumario de características de los dos tipos de tanques para leche al granel

Artículo	Expansión Directa ED	Banco de hielo (Agua dulce)
Leche enfriada por	Refrigerante (Freón)	Agua fría
Tamaño del compresor para 380 litros diarios de leche . .	2/3 a 1 hp	1/3 a 1/2 hp
Motores eléctricos para las unidades operativas	Compresor, agitador	Compresor, agitador bomba para el agua fría
Horas de operación por día . .	3 a 6	12 a 20
Requerimientos de electrici- dad, Kwh por 45 kilos RID*	0.80 a 1.1	1.3 a 1.6
Costo original	Por lo general más alto para capacidades menores de 1900 litros	Por lo general más bajo para capacidades menores de 1900 litros

*Recolección interdiaria.

Tabla 2.2. Requerimientos de electricidad para tanques de leche de recolección diaria (Witzel, 1955)

Tipo de tanque	Tipo de Condensador	Temperatura ambiente, °C	Kwh por 45 Kg de leche enfriada
Expansión directa	aire	1 - 4	0.6
	aire	23 - 31	1.1
	aire - agua	23 - 31	0.7
Banco de hielo	aire	3 - 4	0.9
	aire	23 - 31	1.3
	agua	23 - 31	1.1

enfriamiento. Los agitadores normalmente giran a velocidades de 30 a 50 rpm y se accionan por motores eléctricos de $\frac{1}{8}$ a 1hp que pueden ser de dos velocidades, velocidad múltiple o velocidad variable. El agitador, por lo general, trabaja despacio, pero cuando se necesita una mayor agitación antes de vaciar el tanque se usa una velocidad rápida. Se necesitan de 3 a 5 minutos para lograr una agitación completa. En los tanques de expansión directa, por lo general, el agitador trabaja cuando trabaja el compresor y en los tanques de banco de hielo, cuando trabaja la bomba de circulación de agua. Debido a la operación poco frecuente después que se enfría la leche, se produce una estratificación con la temperatura más baja al fondo del tanque y la temperatura más alta en la parte superior donde se acumula la grasa. Para prevenir esta estratificación algunas lecherías requieren que se use un reloj programador para operar el agitador periódicamente.

La agitación no debe salpicar de leche la tapa del tanque enfriador. Algunos agitadores tienen dos secciones, una en el fondo y otra en la parte superior para ayudar a evitar el salpicamiento. La leche salpicada en la cubierta tiende a formar grasa, no es refrigerada y no se lava fácilmente del tanque. La agitación no debe ser tan violenta que los glóbulos de grasa se aglutinen. Si el agitador se mueve muy rápidamente puede resultar un batido y formación de escamas de grasa o mantequilla en el tanque.

Algunos agitadores están provistos con un motor o mando de velocidad variable que puede operarse a la velocidad que se desee para un mezclado regular, un mezclado rápido o para ayudar en la limpieza del tanque.

El costo de la electricidad para operar un tanque, depende del tipo de tanque, de si el condensador se enfría por aire, por agua o por aire y agua, y de la temperatura del aire, para los condensadores que se enfrían con aire. Hay una estrecha relación entre el costo de operación y la estación del año. Se recomienda el uso de un condensador que se enfríe por agua o por agua y aire, cuando se tiene agua disponible a bajo costo y de buena calidad, que no cause incrustaciones excesivas. Para 45 kilos de leche de colección interdiaria se requiere de 0,8 a 1,1 Kwh para tanques de expansión directa y de 0,9 a 1,3 Kwh, para tanques de banco de hielo para recolección interdiaria (Tabla 2.2). Si parte de la electricidad para el tanque de banco de hielo se puede comprar a precios menores de los que rigen en la hora de máxima demanda de corriente, es muy posible que el costo de electricidad sea el mismo que el de las unidades de expansión directa que usan una cantidad

menor de electricidad. Es necesario tener control en la operación del tanque de banco de hielo en las horas fuera de máxima demanda, porque en algunos casos el tanque no forma suficiente hielo para enfriar la leche durante la siguiente carga.

El condensador enfriado por aire debe tener una buena ventilación para mantener los costos de refrigeración al mínimo. Se requieren 14 metros cúbicos por minuto de aire, aproximadamente, por cada caballo de fuerza en el compresor. Un condensador enfriado por agua necesita 1½ a 2½ litros de agua por cada litro de leche que se va a enfriar. Los costos de electricidad pueden reducirse en un 15 por ciento cuando se usa enfriamiento con agua en lugar de enfriamiento con aire. Existen unidades enfriadas por aire hasta de 5 hp aproximadamente, mientras que las unidades enfriadas por agua son más comunes desde 2 hp.

Instalación del tanque. En general se necesita un espacio libre de 60 cm alrededor de los lados y 92 cm en el extremo de salida del tanque (Tabla 2.3). La lechería debe tener una puerta que pueda abrirse hasta 122 cm de ancho para permitir la entrada del tanque a ella. El espacio libre que se requiere alrededor del tanque varía con las diferentes zonas lecheras, por lo que es importante verificarlo con las autoridades locales. Deben colocarse tomacorrientes de 230 voltios para el tanque, para un calentador eléctrico de agua y para la bomba del camión tanque. Los tanques se calibran en la fábrica y vienen con una varilla graduada que permite determinar la cantidad de leche; las determinaciones se hacen con el tanque en una posición a nivel.

Para ayudar a mantener el tanque muy próximo a su posición horizontal existen niveles de varios tipos — de burbuja, plomada o de rayas marcadas en el tanque. Es necesario comprobar la calibración del tanque llenándolo de agua, por lo general en incrementos de 20 litros. El tanque debe instalarse y mantenerse a nivel en la lechería. El piso debe soportar la carga concentrada. Un piso recomendable consiste de una capa de 30 cm de grava o piedra triturada cubierta con 12 cm de concreto reforzado con alambre Nº 6 colocado cerca del fondo del piso. Debe considerarse en la pared una abertura (20 cm por 20 cm) para pasar la manguera del camión tanque. En algunas zonas la abertura debe estar a 92 cm de altura del nivel del suelo.

Tabla 2.3. Dimensiones de una lechería que usa tanques de leche

Producción diaria, litros	Tamaño de la lechería para RD o RID, metros por metros
190 o menos	3.60 x 4.20
190 a 380	3.60 x 4.80
380 a 590	4.20 x 4.80
590 a 850	4.20 x 5.10
850 a 1140	4.20 x 5.40

Basado en 60 cm de espacio libre en los lados del tanque y 92 cm a la salida del tanque.

La cantidad de leche en el tanque se determina por la lectura en la varilla graduada y con referencia a una carta de calibración. La varilla graduada debe estar dividida en incrementos, desde 0,4 hasta 6,25 mm. La lectura de la cantidad de leche que hay en el tanque debe hacerse con cuidado. Se han hecho algunos intentos para usar medidores de leche, pero no existe uno disponible que proporcione la precisión requerida para la recolección de la leche en tanques en la granja. La dificultad principal que tienen los medidores existentes es la incorporación de aire al comienzo y al final del ciclo de medición. Se están desarrollando eliminadores de espuma para mejorar la precisión de los medidores.

Para determinar la cantidad de producto, también se usan medidores de superficie que funcionan moviendo una varilla en posición vertical hasta tocar la superficie del producto y midiendo la distancia de la superficie a un punto fijo. Existe una unidad que utiliza dos electrodos, los cuales, cuando hacen contacto, encienden una pequeña lámpara y hacen bastante fácil la determinación precisa de la elevación de la leche en el tanque. Los tanques se calibran sobre la base de 1,030 a 1,035 kilos por litro de leche. La tolerancia en los tanques de leche varía de 0,2 a 0,5 por ciento del volumen de leche en el tanque y depende del tamaño del tanque (NBS, 1956).

La tolerancia aceptable para la medida en litros de un tanque de 1,900 litros o menos es alrededor de 3,8 litros; para tanques de 1,904 a 3,800 litros de capacidad, la tolerancia es de más o menos 7,6 litros y para tanques de 3,804 a 5,700 litros es alrededor de 12 litros. La tolerancia aceptable en un tanque no debe ser menor que el menor volumen correspondiente a un intervalo graduado en cualquier punto de la varilla de medición o del medidor de superficie (NBS, 1955).

En general, el conductor del camión tanque es responsable por el enjuague del tanque y el granjero por la limpieza y sanitización. Debido a que el tanque es refrigerado, hoy se duda de la necesidad de enjuagarlo después que se saca la leche.

Camión tanque para leche. Para la recolección de leche se usan tanques cilíndricos térmicamente aislados, que van montados en posición horizontal sobre las ruedas de un remolque o sobre un camión. El conductor del tanque es responsable de la toma de muestra, pesado, comprobación de calidad y manejo de la leche. Algunas de las operaciones que se hacían anteriormente en la planta de leche las hace ahora el conductor del camión tanque. En algunas zonas el conductor del tanque debe tener licencia del estado para la recolección de leche.

Debido a que existe una tendencia hacia la recolección interdiaria de la leche, en el planeamiento inicial se selecciona un tanque de 7,600 litros para reemplazar dos rutas que recogen 100 cántaros de 38 litros (10 galones). Sin embargo, debe seleccionarse el tamaño en base a lograr una ruta de recolección eficiente de leche en tanque, más que a reemplazar dos rutas de camiones que recogen cántaros. La mayoría de las personas que tienen tanques de 6,000 y 7,600 litros encuentran ahora que un tanque más grande sería más económico para una operación de transporte más completa. El tanque puede montarse en ejes en tándem o en un eje simple. En muchas áreas del norte, una carga de 6,400 litros puede llevarse en un tanque montado en un eje

simple, mientras que para cargas más grandes se requieren ejes en tándem. Debido a las restricciones de carga en las carreteras durante la primavera, los requerimientos varían en los diferentes Estados. Debe consultarse la legislación antes de comprar un tanque y decidir si deben obtenerse ejes simples o ejes en tándem.

Se han establecido normas 3-A para los camiones tanque. La superficie o cubierta exterior debe ser de acero pintado, acero inoxidable, aluminio o plástico. En general, el tanque se construye de un compartimiento, pero es recomendable hacerlo de dos compartimientos cuando se va a recoger leche de dos grados. Hay la tendencia a usar el tanque sin desviadores. La bomba va localizada en un compartimiento posterior. Se recomienda tener una bomba centrífuga o de desplazamiento positivo con capacidad nominal de 280 litros por minuto. Las bombas positivas son mejores para uso general, bajo muy diferentes condiciones; se accionan por una polea de un motor eléctrico y se operan entre 400 y 500 rpm. La bomba centrífuga se conecta directamente a un motor eléctrico y se opera a 1,800 rpm. Una bomba muy pequeña requiere que el conductor tenga que esperar mucho tiempo para transportar la leche del tanque de la lechería al camión tanque. En la granja debe colocarse un tomacorriente de 230 voltios para servicio del motor.

En la parte posterior va también localizada una caja o bandeja para muestras, que se acondiciona con hielo o algún otro agente frigorífico, para mantener fría la muestra. Se utilizan muestras compuestas en las cuales se juntan muestras de varios días antes de hacer la prueba de grasa. El tanque debe estar provisto de mangueras de plástico o de caucho para transportar la leche de la lechería. En algunas localidades se limita la longitud de la manguera.

La agitación de la leche en el camión tanque puede lograrse mediante una bomba (recirculación), un propulsor (portátil), aire o manualmente. La determinación de la cantidad de leche en el tanque puede hacerse por pesado en una balanza o medida de la altura de la leche en el tanque cuando se coloca en una plataforma a nivel.

El costo de recolección en tanques normalmente es menor que cuando se recoge en cántaros, en el caso de una ruta bien organizada con recolección interdiaria. Al aumentar la longitud de la ruta de 20 Km a 160 Km con 25 despachadores, los costos de recolección y recepción subieron de 35 a 51 centavos de dólar por 45 kilos para recolección diaria en cántaros y de 24 a 32 centavos por 45 kilos para recolección interdiaria en tanques (Baum, 1952).

Procesamiento en pequeñas plantas o en la granja. En general las operaciones de la planta se dividen en tres partes: recepción, procesamiento y almacenamiento (Fig. 2.5). La operación de una planta lechera es un negocio especializado y aunque parezca simple al observador foráneo requiere de un operador especializado con entrenamiento y experiencia considerables para proporcionar productos que cumplan con los reglamentos sanitarios, que satisfagan a los clientes y que tengan un bajo costo de procesamiento.

Cuando se recibe la leche en cántaros de 38 litros deben proporcionarse instalaciones para el lavado de los cántaros.

Es usual utilizar en las plantas pequeñas lavadoras rotatorias de 3 a 6 cántaros por minuto. En plantas más grandes se utilizan lavadoras en línea con capacidades de 6 a 14 cántaros por minuto. El sedimento se puede eli-

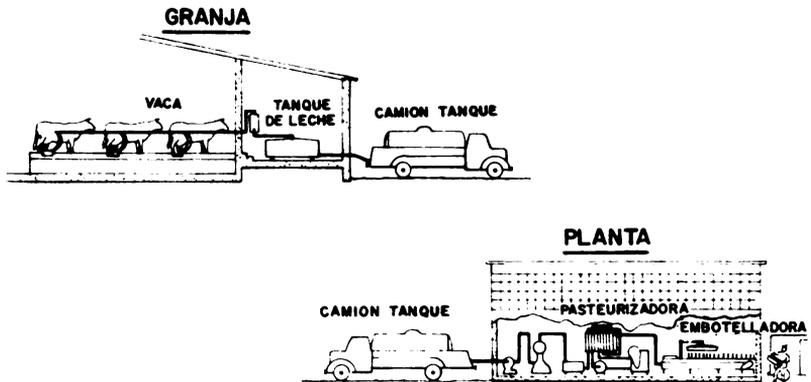
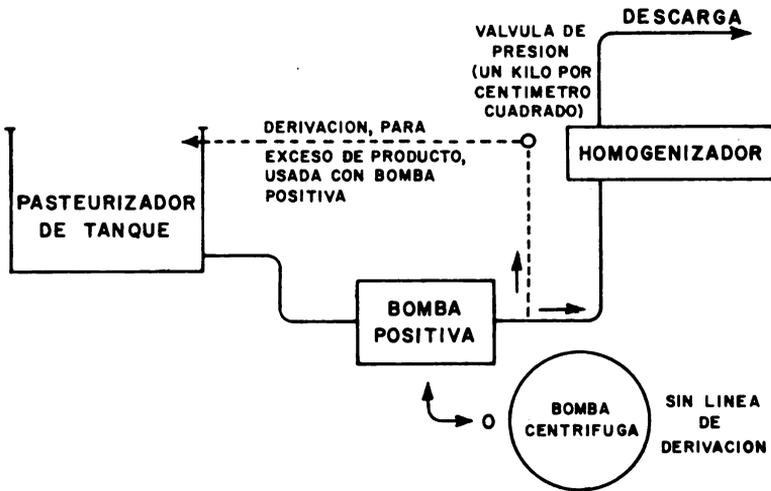


Fig. 2.5. Arreglo esquemático para el transporte de la leche de la vaca al camión-tanque y del camión-tanque a la planta.

minar por filtración o clarificación. Un clarificador es una máquina centrífuga para separar el sedimento de la leche del mismo modo que se separa la crema de la leche entera. Cuando se recibe la leche de un tanque debe tenerse una bomba en la planta porque, normalmente, la bomba del camión tanque no es lo suficiente grande para vaciarlo rápido. Por lo regular se requieren dispositivos para agitar la leche antes del procesamiento. La leche que llega a la planta en tanques está a 4°C o menos y la que llega en cántaros de 38 litros a 10°C o menos.

La mayor operación de procesamiento es la pasteurización. Esta se hace (1) para asegurar la destrucción de todas las bacterias productoras de enfermedades y (2) para aumentar el tiempo de almacenamiento de la leche por inactivación de las enzimas. La pasteurización de pequeñas cantidades se hace normalmente por cargas, en tanques o cubas que se encuentran en tamaños de 1,500 a 1,900 litros. El producto se mantiene a una temperatura de 60°C o más por 30 minutos o más. El proceso continuo se hace en intercambiadores de calor a 72°C o más por 16 segundos o más. Los controles deben asegurar la pasteurización de todas las partículas sin provocar contaminación. La leche se enfría después de la pasteurización y antes de colocarla en el recipiente. En la mayoría de los casos, se homogeniza para reducir el tamaño de los glóbulos de grasa. La leche se calienta a 46°C o más, antes de la homogenización, para prevenir el desarrollo de sabores indeseables. La homogenización se lleva a cabo forzando el producto a través de una pequeña abertura o de una válvula a una presión de 170 Kg/cm^2 . Un procedimiento consiste en calentar la leche, pasarla a través del homogenizador y luego colocarla en las tinas de pasteurización (Fig. 2.6 y 2.7). En caso que los reglamentos lo permitan, el producto puede homogenizarse mientras sale de las tinas, antes de enfriarse. La leche puede envasarse en botellas de vidrio de un cuarto de litro, medio litro o un litro o en recipientes de papel o plástico de un cuarto de litro o de un litro. En caso de pequeñas operaciones debe usarse un llenador de cajas de cartón que trabaja con cajas preformadas. Las máquinas que hacen los depósitos



La capacidad de la bomba es mayor que la del homogenizador. Entrada al homogenizador a la presión de un kilo por centímetro cuadrado para evitar la entrada de aire. La derivación no es necesaria cuando se usa la bomba centrífuga.

Fig. 2.6. Sistema de pasteurización por cargas.

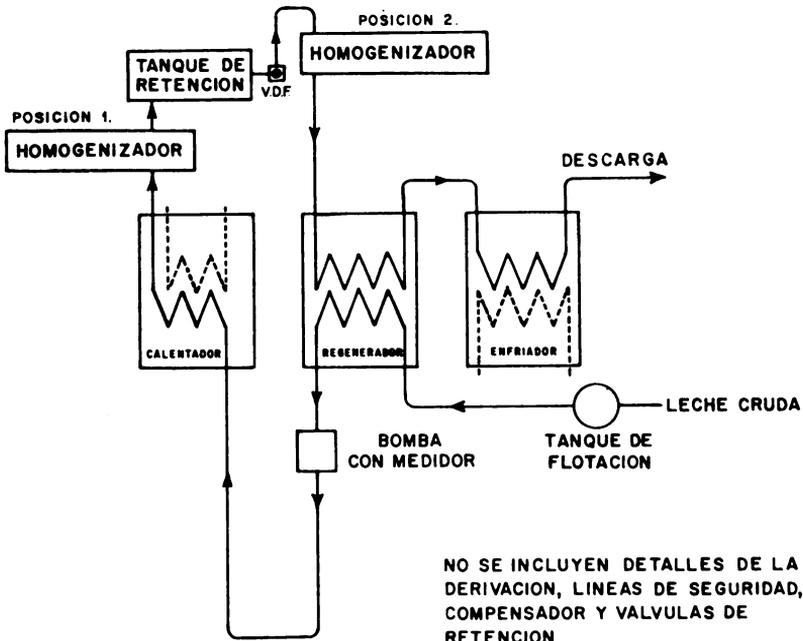


Fig. 2.7. Sistema de pasteurización continuo o HTST.

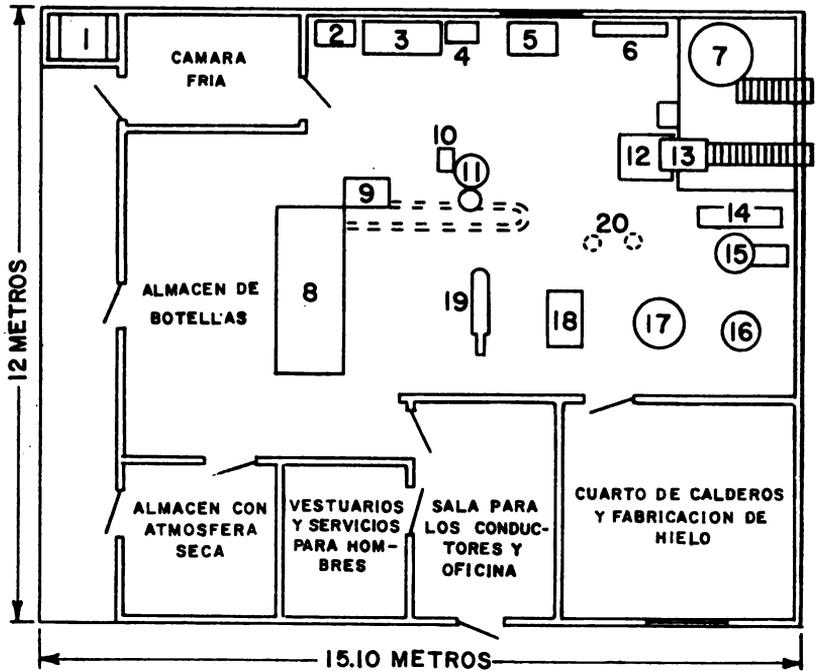


Fig. 2.8. Plano de una pequeña planta de procesamiento para manipuleo de leche fluida con capacidad para 1,000 a 2,700 litros por día (Owens, 1957).

Clave para el equipo

- | | |
|---|---------------------------------|
| 1. Compresor | 13. Llenadora |
| 2. Mesa | 14. Tapadora |
| 3. Mantequillero | 15. Pesado de cántaros |
| 4. Tina para quesos, 380 litros | 16. Tanque de recepción |
| 5. Tanque movable | 17. Clarificador |
| 6. Separador | 18. Pasteurizador, 760 litros |
| 7. Bastidor para distribución de cántaros | 19. Pasteurizador, 760 litros |
| 8. Lavadora de cántaros | 20. Pasteurizador, 570 litros |
| 9. Tanque | 21. Pasteurizador, 570 litros |
| 10. Mesa de acumulación | 22. Homogenizador, 1,140 litros |
| 11. Lavadora de botellas | 23. Tanque |
| 12. Enfriador de placas | 24. Bombas portátiles |

de cartón y los llenan son muy caras y se usan sólo para las grandes operaciones. Después que se embotellan o se llenan los cartones se colocan los recipientes en sus cajas.

Las cajas se transportan luego al almacenamiento refrigerado que se mantiene de 1 a 4°C y se descargan al día siguiente para su entrega. En algunas zonas es requisito poner la fecha del envasado de la leche a fin de que se venda dentro de cierto período después de envasada.

Una de las mayores dificultades para proporcionar plantas lecheras económicas, y en especial plantas pequeñas, es el procesamiento de muchos productos en la planta. Las personas a cargo del proceso deben determinar los productos de mayor rendimiento económico en su operación y limitar su fabricación a ellos.

Las especificaciones y reglamentos locales, estatales y federales deben cumplirse. Estos requerimientos deben comprobarse en cada localidad. Las exigencias mínimas se señalan en el Código y Ordenanzas de la Leche del Departamento de Salud Pública.

En la Figura 2.8 se muestra el plano de una pequeña planta para recibir y procesar 1,140 litros de leche por día, en cántaros de 38 litros. El plano es el mismo que para recepción de leche en tanques, excepto que la lavadora de cántaros y los transportadores asociados se eliminan. La planta puede operarla un hombre a tiempo completo más un ayudante a medio tiempo.

En la granja se separa una cantidad considerable de leche. Los separadores, con capacidad para 450 kilos de leche por hora con motores de $\frac{1}{4}$ hp, necesitan aproximadamente $\frac{1}{2}$ Kwh por cada 450 kilos de leche. Se consiguen separadores hasta de 500 kilos por hora. La leche se separa por lo general, mientras está caliente y rinde una crema con un contenido de grasa que varía de 30 a 35 por ciento. La crema debe enfriarse rápido en un enfriador de crema o en pequeñas cargas en un refrigerador doméstico. Esta se transporta en cántaros de 20, 30 y 38 litros o en bolsas de plástico, y se vende a las plantas especializadas en la fabricación de mantequilla. Muchos separadores tienen discos intercambiables, de tal modo que la misma unidad se puede usar como clarificador y como separador. Un separador operado apropiadamente produce leche descremada con un contenido de grasa no mayor de $\frac{1}{2}$ por ciento.

Cuando se opera un separador normalmente rinde una leche descremada que no contiene más de $\frac{1}{2}$ por ciento de grasa. La riqueza de la crema y la pérdida de grasa dependen de la temperatura de separación, la velocidad de flujo, la velocidad de los discos y la posición del tornillo de crema o de leche descremada. Este tornillo hace variar la resistencia al flujo de la crema o de la leche descremada que viene del separador.

La limpieza del separador es una operación que requiere mucho tiempo; en la actualidad se están desarrollando unidades para limpieza en circuito sin desarmar.

Pasteurizadores domésticos. Se practica mucho la pasteurización doméstica de leche cruda que se produce en la granja. Muchos granjeros compran para consumo de la familia leche pasteurizada en plantas lecheras situadas en el pueblo. Existen pasteurizadores domésticos en tamaños de 3,8 a 7,6 litros, equipados con calentadores eléctricos de 300 a 1,250 vatios. Estas unidades calientan la leche a temperaturas entre 63 y 66°C y la mantienen

a esa temperatura por un mínimo de 30 minutos. Debe instalarse un reloj programador conectado al interruptor o un timbre para señalar el final del período de pasteurización. Después de la pasteurización, la leche debe enfriarse tan rápido como sea posible, generalmente con agua fría, trabajo que requiere alrededor de 20 minutos. El calentamiento puede hacerse directamente por elementos eléctricos o por un baño de agua caliente. Los pasteurizadores domésticos poseen una eficacia para la utilización de energía de 85 a 95 por ciento. El tiempo total para pasteurizar, incluyendo enfriamiento, es de 60 a 90 minutos, y depende del tamaño del elemento y de la capacidad de la unidad. También hay pasteurizadores para leche embotellada pero no se usan mucho. Los pasteurizadores domésticos deben revisarse periódicamente para asegurar que la leche logra la temperatura de pasteurización. Si los controles están errados, la leche puede calentarse a temperaturas debajo de la pasteurización, dando así una leche no pasteurizada. El consumo de energía para pasteurizar un litro de leche es de 0,12 Kwh, más o menos.

PREGUNTAS

1. Describa el efecto del cambio de temperatura en la calibración de un tanque de leche. ¿Hay influencia del contenido de grasa en la calibración?
2. Si se hacen pruebas en los tanques de leche usando agua en lugar de leche ¿cómo se compararían los valores de: a) velocidad de enfriamiento y b) costo de la operación obtenidos por el uso del agua con aquellos que se esperaron obtener usando leche?
3. ¿Cómo puede justificar un granjero el mayor costo del equipo de transporte de leche en tanques?
4. Enumere los posibles efectos del transporte de leche en tanques en: a) las operaciones de la granja, b) la recolección de leche y c) las operaciones en la planta.
5. Enumere los requerimientos 3-A para el enfriamiento de leche.
6. ¿Cómo encaja un tanque al vacío en las operaciones de la granja? Haga un esquema que muestre la utilización de un tanque al vacío dentro de un conjunto con sala de ordeño.
7. Enumere y analice las recomendaciones para la limpieza de un tanque de leche.
8. Conteste lo siguiente con relación a un tanque de leche en particular: construcción, material y especificaciones; diseño de la válvula de salida; espesor, localización y tipo de aislamiento; método de nivelación del tanque después de la instalación; número de kilos representados por las marcas de calibración más estrechas cuando el tanque está cerca de su llenado; descripción del agitador y velocidad de operación; tipo de sistema de refrigeración; tamaño del motor para varias operaciones; área de la superficie de enfriamiento; sistema compacto o separado; controles.
9. Se recomienda que un motor compresor de 1 hp se utilice para expansión directa y $\frac{1}{2}$ hp para un banco de hielo para enfriar 380 litros de leche diariamente. Conteste lo siguiente: a) Proporcione el ta-

- maño de la unidad para un tanque de agua dulce, RID, tanque de 1,140 litros. b) Proporcione el tamaño de la unidad para sistema de expansión directa, RD, tanque de 1,900 litros.
10. Enumere los factores que afectan la velocidad de separación de los glóbulos de grasa.
 11. Describa la localización y operación del tornillo de crema.
 12. Dibuje el esquema de un tazón de separador, dando el número de discos, espaciamento de los discos, velocidad del tazón. Describa el principio de operación.
 13. Bosqueje los pasos a seguirse y la información necesaria para comparar el costo de un condensador enfriado con agua con uno enfriado por aire.
 14. ¿Por qué es preferible la localización de la regla graduada en el centro del tanque más que en los extremos?
 15. Describa la ruta seguida por la leche después que sale de la vaca y pasa a través de las tuberías de una ordeñadora de instalación fija hasta un tanque a presión atmosférica. Describa los cambios de presión y cambios de temperatura que ocurren en cada paso.
 16. ¿Por qué debe localizarse la manguera por lo menos a 60 cm sobre el nivel del piso en la parte exterior de la lechería?
 17. Describa un método por medio del cual pueda usarse una puerta de 92 cm que tenga una abertura de 152 cm para pasar el tanque a través de ella. Algunos tanques tienen más de 122 cm de ancho pero pueden inclinarse sobre un borde para pasarlos por una puerta de 122 cm de ancho.
 18. Describa el principio de operación de un medidor de leche disponible comercialmente para el sistema de tuberías.
 19. Describa las condiciones que podrían causar activación de la rancidez de la leche.
 20. Haga el plano de una lechería, incorpore el equipo necesario para una operación de transporte de leche en tanques, e incluya un tanque de 1,900 litros, tinas para lavado, calentador de agua, drenes, puerta, etc. ¿Cómo pueden ampliarse las instalaciones para tratar 2,850 litros?
 21. Compare la bomba positiva con la bomba centrífuga para recolección de leche en tanques. ¿Por qué no se usa la bomba del camión tanque en el cuarto de recepción de la planta de leche?

REFERENCIAS

1. AHRENS, M.C. Bulk milk cooler heats water. *Agricultural Engineering* 40(1): 22. 1959.
2. ——— y GRANT, F.M. Equipment for cooling milk on the farm. *Farmers' Bulletin* 2175. US Department of Agriculture. (Replaces *Farmers' Bulletin* 1818). 1961. 20 pp.
3. AMERICAN DAIRY ASSOCIATION. Home care of dairy foods. Chicago 6, Illinois. 1955. 12 pp.
4. AMERICAN MILK REVIEW. Cleaning bulk farm tanks. *American Milk Review* 23:60. May. 1961.
5. ATHERTON, H.V., BRADFIELD, A., GOTTHELF, P.E. Can bulk conversion improve quality *Milk Plant Monthly* 44(9):15-17. 1955.

6. BATEMAN, G.M., y SHARP, PAUL F. A study of the apparent viscosity of milk as influenced by some physical factors. *Journal of Agricultural Research* 36 (7):647-674.
7. BAUM, E.L., y PAULS, D.E. A comparative analysis of costs of farm collection of milk by can and tank in Western Washington. Washington Agricultural Experiment Station Technical Bulletin 10. May 1953. 1952.
8. BEAL, G.M. y TWINING, C.R. Bulk handling of milk in Washington, D.C., milk shed. Maryland Agricultural Experiment Station. College Park, June. 1953.
9. BROOKS, L.A. Hot water requirements for washing pipeline milkers. ASAE Paper (mimeo). December. 1956.
10. BROWN, D.C. y THOMAS, W.R. Effect of pipeline milking and bulk handling on the acid degree of raw milk. *Journal of Milk and Food Technology* 24: 204-6. July. 1961.
11. BURGWARD, L.H. y GRANT, FRED M. Cleaning milking machines. USDA Farmers' Bulletin 1315. 1939. 14 pp.
12. BURRESS, TOM. The bulk farm pickup system of marketing milk. Milwaukee. The Heil Company. 1954. 28 pp.
13. CALBERT, H.E. Cleaning CIP farm milk pipelines. *Journal Milk and Food Technology* 21(1):12. January. 1958.
14. CHARITY, L.F., et al. Comparison of cooling performances of farm bulk milk tanks. *Journal of Milk and Food Technology* 24:240-249. August. 1961.
15. CHURCH, WARREN R., HALL, C.W. y SMITH, CLYDE K. Hot water usage for dairy farms. Michigan Agricultural Experiment Station. Quarterly Bulletin 37-10. August. 1954.
16. CONNER, M.C., WEBSTER, FRED C., OWENS, T.R. An economic analysis of model plants for pasteurizing and bottling milk. Virginia Agricultural Experiment Station. Bulletin 484. June. 1957. 72 pp.
17. COWDEN, JOSEPH M. Comparing bulk and can milk hauling costs. United States Department of Agriculture. Farmer Cooperative Service. Circular 14. June. 1959. 14 pp.
18. CRAMER, C.O. Off-peak operation of bulk milk tanks. University of Wisconsin. Department of Agricultural Engineering. December 15. 1956.
19. FARRALL, A.W. Dairy Engineering. New York. John Wiley and Sons. 1952. 406 pp.
20. GILLETTE, A.K. y HALL, C.W. Bulk tank installation, calibration and quantity measurement. ASAE Paper (mimeo) (presented at annual June meeting, Roanoke, Virginia). 1956.
21. HALL, CARL W. Bulk pick-up electrical costs. *Milk Plant Monthly* 44(5):20-22. May. 1955.
22. ——— y MURRAY, D.L. (editors). Proceedings of the National Conference on Bulk Milk Handling. (mimeo) May. 1957. 132 pp.
23. ———, TROUT, G.M., y RIPPEN, A.L. Survey of homogenized milk in Michigan, Michigan Agricultural Experiment Station. Quarterly Bulletin 43(3):634-647. 1961.
24. HALL, H.S. Equipment for milking and milk handling. *Institution of Agricultural Engineers (England)* 2:48. 1960.
25. HUPP, E.W. y SNYDER, W.W. The accuracy of a milk metering device. Michigan Agricultural Experiment Station. Quarterly Bulletin 40:365-374. November. 1957.
26. INTERNATIONAL DAIRY INDUSTRIES SOCIETY. Sanitation in dairy farming. Washington, D.C. 1949.
27. INTERNATIONAL HARVESTER COMPANY. Mechanical Milking Manual N° 3. Chicago. 1948.
28. JENSEN, J.M. Practical sanitation in caring for milking machines. Michigan Agricultural Experiment Station. Circular Bulletin 218. October. 1950. 32 pp.
29. ———. Fat extraction from milker rubber with lye solutions. *Journal of Dairy Science* 38:835-842. 1955.
30. ——— y JOKAY, LOUIS. Pipeline-milker and bulk tank milk filtration. (mimeo) Michigan Agricultural Experiment Station. Journal Article 2057. April 8. 1957.

31. JOKAY, L. y JENSEN, J.M. Effect of variants in pipeline installation on the acid degree of milk. (mimeo) Michigan State University. Department of Dairy. June 19. 1956. 6 pp.
32. JUDKINS, H.F. y MACK, M.J. Principles of Dairying. New York. John Wiley and Sons. 1941. 316 pp.
33. KLENZADE PRODUCTS. Dairy Sanitation Handbook. Beloit, Wisconsin. 1953. 16 pp.
34. McBRIDE, GLYNN y BUTZ, DALE E. Will bulk handling reduce marketing costs? Michigan Farm Economics. October. 1955.
35. McCALMONT, J.R. Mechanical milk cooling on farms. US Department of Agriculture. Farmers' Bulletin 1818, 1946. 20 pp.
36. MORRIS, W.H.M., MARCH, R.P., WHITE, J.C., TURNER, C.N. Bulk cooling and storage on the farm. Cornell (N.Y.). Agricultural Extension Bulletin 899. 1954. 24 pp.
37. ———. How to select, install, operate, maintain and sanitize farm bulk milk tanks. (mimeo) ID-7 (DH, AE, EC) Purdue University. 1955.
38. MURRAY, D.L., BUTZ, D.E., HALL, C.W., y JENSEN, J.M. Handling milk in bulk on the farm. Michigan Agricultural Extension Bulletin 342. May. 1957.
39. NATIONAL BUREAU OF STANDARDS. Specifications, tolerances, and regulation for commercial weighing and measuring devices. US Department of Commerce. Washington, D.C. 1955.
40. ———. Testing of farm milk tanks-Supplement to Handbook 45. May 1. US Department of Commerce. 1956. 30 pp.
41. NELSON, GLEN T. Economic aspects of farm tank handling of milk in Oregon. Oregon Agricultural Experiment Station. Circular of Information 520. February. 1953.
42. NICHOLAS, JOHN. Electric milk refrigeration at the farm. Pennsylvania Experiment Station. Bulletin 375. February. 1939.
43. OWENS, T.R. y BUTZ, W.T. Specifications and costs for processing operations in small market milk plants. Pennsylvania Agricultural Experiment Station. Bulletin 625. 1957. 42 pp.
44. PARKIN, I.E. Tips for farm bulk milk tank owners. Pennsylvania Agricultural Extension. Special Circular 55. 1960. 8 pp.
45. PRICE, F.E., HURD, C.J., y WILSTER, G.H. Cream refrigeration on the farm and the quality. Oregon Agricultural Experiment Station. Bulletin 305. June. 1932. 40 pp.
46. SCHNEIDER, E.C., y HITCHCOCK, A.M. Bulk milk cooling tanks. Vermont Agricultural Extension Service. Leaflet 907. May. 1953. 6 pp.
47. SINCLAIR, ROBERT O. Economic effect of bulk handling in Vermont. Vermont Agricultural Experiment Station. Bulletin 581. June. 1955. 36 pp.
48. SNYDER, W.W., MURRAY, D.L. y WEAVER, E. Good milking practices. Michigan State University. Agricultural Extension Bulletin 293. 1953. 20 pp.
49. STOCKER, NOEL. Progress in farm-to-plant bulk milk handling. US Department of Agriculture. Farmer Cooperative Service. Circular 8. November. 1954. 54 pp.
50. THOMSEN, L.C. Weight of milk and cream per gallon. The Milk Dealer 42 (11):101-103. 1953.
51. TROUT, G.M. y BORTREE, A.L. Laboratory pasteurization studies on electric milk pasteurizers. Michigan Agricultural Experiment Station. Quarterly Bulletin 30 (1):64-79. August. 1947.
52. US PUBLIC HEALTH SERVICE. Guide lines relating to the development of the uniform standards concerning bulk milk tanks and transportation tanks. Chicago, Illinois, 1956.
53. VAN DENMARK, P.J. y MARCH, R.P. Maximum temperature rise in bulk milk tanks. Journal Milk and Food Technology 20(11):317. November. 1957.
54. ———. Influence of maximum temperature rise in milk quality. II. Effect of bacterial counts. Journal Milk and Food Technology 20:342-351. December. 1957.
55. WAANAMEN, M.V. y WYCKOFF, J.B. Suggested methods of establishing farm bulk milk hauling rates. Washington Agricultural Experiment Station. Bulletin 603. 1959. 20 pp.

56. **WALLENFELDT, E.** (y otros 12). Bulk milk handling. Wisconsin Agricultural Experiment Station. Extension Service. Circular 510. October. 1955. 24 pp.
57. **WHITE, Wm.** Making and storing farm butter for home use. US Department of Agriculture. Farmers' Bulletin 1979. April. 1946. 16 pp.
58. **WITZEL, S.A.** Metering devices for bulk milk handling. ASAE Paper (mimeo). December. 1956.
59. ———, y **CRAMER, C.O.** Performance characteristics of various bulk milk tanks. (mimeo) Department of Agricultural Engineering, University of Wisconsin. August. 1955.

Capítulo III

EQUIPO PARA LIMPIEZA Y CLASIFICACION DE SEMILLAS

La limpieza y la clasificación son dos pasos muy importantes en la producción de semillas y granos de buena calidad. La calidad de la harina, del pan, de menestras o macarrones se afecta por la pureza y limpieza de los granos que sirven para la elaboración de esos productos. El trigo con impurezas produce una harina muy pobre. El ama de casa no acepta arvejas con colores extraños.

El establecimiento de procedimientos de limpieza y clasificación impulsa a la comercialización ordenada de los granos y semillas. El granjero o las entidades comerciales, pueden hacer parte de la limpieza y de la clasificación; el lugar del procesamiento se determina por el resultado económico. Con frecuencia se hace la limpieza en la granja y la clasificación fuera de ella.

La semilla que se va a plantar debe estar libre de semillas de otros cultivos, paja, arena, granos partidos y semillas enfermas o dañadas. Las leyes estatales sobre semillas prohíben la venta de éstas cuando contienen semillas de malas hierbas.

Debido a que la mayoría de los productos agrícolas contienen impurezas por la forma en que los cosechan los granjeros, es necesario limpiar los granos y semillas antes que se utilicen como semilla o se conviertan en productos alimenticios. La eliminación de semillas de malas hierbas previene que éstas se diseminen posteriormente en el campo lo cual disminuye la competencia con el cultivo principal por la humedad y los nutrimentos.

Hay muchos tipos de equipo de procesamiento para limpiar las semillas chicas y semillas de granos y menestras que se producen en la granja. En el pasado, los granjeros limpiaban sus semillas por aventamiento, es decir, lanzaban al aire el grano sobre una lona mientras soplaban el viento que se llevaba las partes más ligeras, mientras que el material más pesado caía en la lona. El aventamiento se usa todavía en muchas partes del mundo. Con el mejoramiento de la producción de granos, los métodos manuales de limpieza resultaron demasiado lentos y requerían mucho tiempo, por lo cual se manufacturó maquinaria para limpiar las semillas y, en muchos casos, para separarlas en diferentes grados.

Terminología. El cribado se refiere a la separación del material en dos o más fracciones de acuerdo al tamaño. Cuando se eliminan en el proceso inicial sólo unas pocas partículas grandes, el proceso se conoce como escalpado. La limpieza es la eliminación de material extraño o dísimil y puede incluir el lavado. La clasificación es la selección de productos en varias fracciones, de acuerdo a la calidad, bajo una norma reconocida de clasificación en base a su valor comercial y uso y depende de otros factores, además del tamaño. Las normas de clasificación pueden establecerse por los gobiernos, por las asociaciones o por los productores individuales. Las siguientes características pueden estar comprendidas en la limpieza y/o selección:

1. tamaño
2. forma o geometría del producto
3. densidad
4. textura de la superficie
5. propiedades mecánicas
6. propiedades eléctricas
7. otras características diversas tales como peso, transmisión de la luz, transmisión de la energía, elasticidad, color, composición química, coeficiente de fricción.

El tamaño de las partículas es probablemente la característica que se usa más para separar materiales sólidos en diferentes grados. La mayoría de los grados se basa principalmente en el tamaño, y se da consideración adicional a los factores de calidad. Estos factores incluyen características tales como: color, volumen del grano, peso, contenido de humedad, germinación, presencia de hongos y conformidad a la forma que normalmente se espera para el producto.

El tamaño de algunos grados de productos agrícolas puede basarse en el diámetro, longitud, ancho, espesor, diámetro mínimo o diámetro máximo.

La densidad o gravedad específica de las partículas en una mezcla también es un factor muy usado para separar materiales, particularmente para la limpieza. Cuando se usa aire para la separación, algunos de los granos ligeros, de un tamaño aceptable, se eliminan, lo cual ayuda en la clasificación. El aire circula a una velocidad suficiente para que pueda pesar las semillas y separar un material de otro, de acuerdo a su peso. Maíz en mazorca con pancas puede separarse por diferencia en la fricción sobre una faja inclinada con bolsas.

Aventadora cribadora. La conocida aventadora, limpiadora de aire y criba, es un ejemplo para la separación por tamaño y por diferencia de pesos. El material grande se elimina por la parte superior de la aventadora mientras que se permite que las semillas pequeñas pasen a través de todas las cribas. La paja ligera y las cáscaras se eliminan con la corriente de aire del ventilador, que atraviesa el grano, mientras que las partículas más pesadas caen a través de la corriente de aire.

Las aventadoras pequeñas, de un tamaño para granja, consisten en una tolva de alimentación, dos cribas, un ventilador y una caja para recolección o un elevador (Fig. 3.1). Las semillas caen de la tolva superior, que con frecuencia tiene una salida que se agita mecánicamente y se alimentan uni-

formemente sobre la criba superior que tiene aberturas de un tamaño y forma que permiten que las buenas semillas pasen a través de la criba y, al mismo tiempo, impiden que pasen semillas más grandes, paja, cañas. La criba de fondo se selecciona de tal modo que retenga las semillas deseadas y pueda excluirse el material extraño de tamaño pequeño, las semillas chicas y la arena. Las semillas que se desean separar caen del extremo inferior de la criba de fondo en la corriente de aire del ventilador, en la cual se hace la separación por densidad, eliminando así la paja y las semillas ligeras del grano aceptable, debido a la velocidad del aire. Las semillas que interesan caen en una caja o en un elevador.

Las aventadoras cribadoras que se usan en las instalaciones comerciales tienen el mismo modelo y siguen los mismos principios generales, pero pueden tener de dos a ocho cribas y cuatro diferentes ventiladores en una limpiadora.

Ajuste de la limpiadora. La corriente de aire se controla por la velocidad del ventilador, que puede cambiarse espaciando las poleas de mando y por la regulación de las compuertas a la entrada o salida del ventilador. Por lo general, se proporciona una cantidad de aire suficiente para eliminar oca-

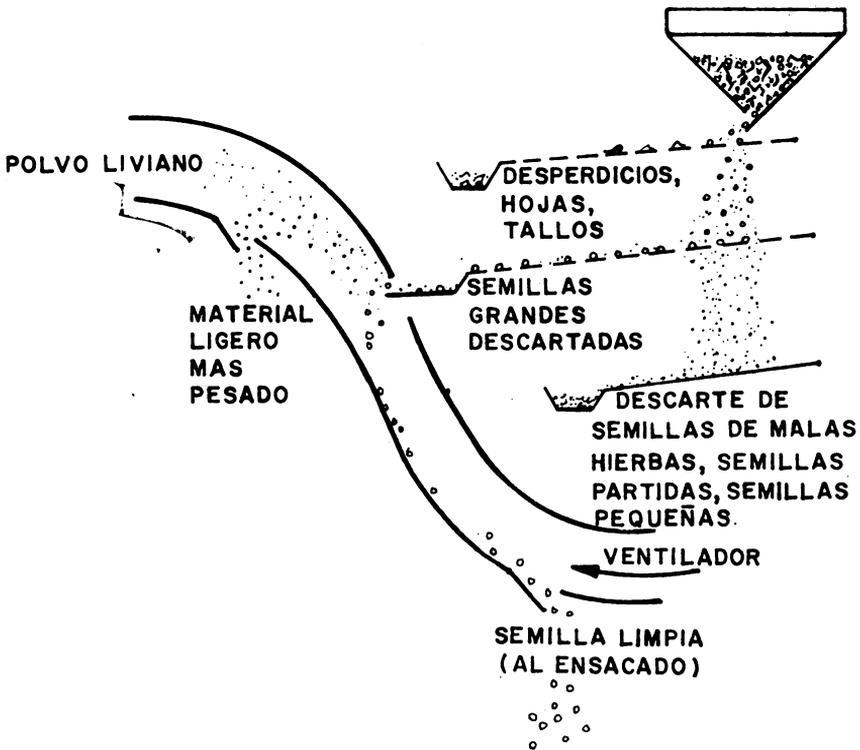


Fig. 3.1. Corte seccional de una limpiadora típica de dos cribas.

sionalmente alguna buena semilla y de esta manera asegurar la eliminación de todo material liviano.

Es importante seleccionar la criba correctamente. La criba superior se debe seleccionar de tal modo que no pase buena semilla a través de ella; si los agujeros son ligeramente más grandes puede levantarse el extremo de la criba bajo la tolva para tener así mayor pendiente. Las limpiadoras tienen por lo general tres gradaciones de pendiente, plana, media y profunda. La criba inferior debe ser lo suficiente pequeña para retener la buena semilla. La criba superior en general tiene agujeros redondos y la inferior tiene perforaciones redondas u oblongas. Las cribas que se recomiendan varían para las diferentes variedades del producto, para los diferentes productos y de acuerdo a los diferentes materiales que van a eliminarse. La Tabla 3.1 recomienda cribas para algunos productos agrícolas en limpiadoras de dos cribas. Las recomendaciones para aventadoras cribadoras con más cribas las proporcionan los fabricantes.

Cribas*. Las cribas se encuentran normalmente disponibles en tejido perforado o tejido de alambre con agujeros redondos, oblongos o triangulares. El tamaño de la perforación se designa en fracciones de pulgadas como 1/16, 1/18, 1/20 de pulgada o como un número de agujero que representa el número de fracciones de 1/64 de pulgada; es decir, 22 representa 22 veces 1/64 de pulgada. Una abertura oblonga puede representarse como $16 \times \frac{3}{4}$ donde el agujero es 16/64 pulgadas de ancho y $\frac{3}{4}$ de pulgada de largo. El agujero triangular normalmente se designa en fracciones de 1/64 de pulgada.

Operación. La aventadora debe colocarse lejos de las paredes del edificio, de tal modo que el aire de descarga tenga suficiente espacio de separación. La unidad debe operarse a la velocidad recomendada, normalmente de 400 a 420 rpm. Se debe regular debidamente la corriente de aire y alimentar la criba con uniformidad, para lograr que el producto cubra aproximadamente la mitad de la criba. Existen cribas para pruebas a mano en las cuales el operador puede probar manualmente diferentes formas y tamaños de cribas para asegurarse que se va a obtener la separación debida.

Existen varios accesorios para asegurar la debida limpieza y clasificación. Se puede usar un cepillo que se mueve hacia atrás y hacia adelante, bajo la criba, para mantenerla limpia; el cepillo debe colocarse haciendo contacto justo con la criba, pero no tan junto, que los pelos se doblen. Se puede tener disponible un equipo elevador y/o un equipo de ensacado para manipular el producto limpio. También puede tenerse como accesorio un equipo de tratamiento para aplicar productos químicos a las semillas limpias.

Cuando los materiales largos tiendan a pegarse en las aberturas en una posición vertical, se puede echar sobre la criba superior una pieza de lona.

Conociendo que hay una gran variación en el tamaño de las semillas y que, por ejemplo, en un kilo de frijol de soya se tienen 6,600 semillas y en uno de pasto azul 4'800,000 semillas, se puede ver que hay muchas posibilidades o combinaciones necesarias para una limpieza o clasificación adecuadas.

* N. del T. Se han mantenido las dimensiones de las cribas en el sistema inglés debido a que esta clase de equipos vienen especificados en dicho sistema.

Tabla 3.1. Cribas recomendadas para algunos productos agrícolas en limpiadoras de dos cribas (Banton, 1946)

Producto	Criba superior	Criba inferior
Alfalfa	$1/14$ ó $1/15$	6 x 24
Cebada	22, 21 ó 20	$1/13$ x $1/2$
Pallar	48	20
Pallar tierno	30	19
Arveja blanca, "Navy"	20	$11/64$ x $3/4$
Soya Amarilla, grande	20	$11/64$ x $3/4$
Soya Negra, chica	18	$7/64$ x $3/4$
Frijol, Grande del Norte	24	$11/64$ x $3/4$
Semilla de beterraga	22 ó 20	8
Bromo	$1/13$ ó $1/2$	6 x 24 ó 9 TRI
Pasto azul de Kentucky	26 x 26	6 x 40
Semilla de caña de azúcar	10	$1/13$ x $1/2$
Trébol, híbrido	$1/19$	6 x 32
Trébol, ladino	$1/20$	6 x 32
Trébol, encarnado	$1/13$	6 x 22
Trébol rojo	$1/15$	6 x 22 ó 6 x 24
Trébol dulce	$1/14$	6 x 24
Maíz	28, 30	16
Semilla de algodón, deslintado ácido	36	$13/64$ x $3/4$
Lino, dorado	$1/14$ x $1/4$	6
Kafir	12	$1/12$ x $1/2$
Lespedeza	6 x 15	$1/16$
Sandía	24	16
Melón	16	9
Avena	$11/64$ x $3/4$	$1/14$ x $1/2$ ó 11 TRI
Pasto ovilla	$1/22$ x $1/2$	6 x 32 ó 0.5 TRI
Arvejas, ojo negro	22	$10/64$ x $3/4$
Caupí	21	$11/64$ x $3/4$
Maíz reventón, perla	20	11
Arroz en cáscara	20 ó 21	$1/14$ x $1/2$, 6 ó 7
Arroz pilado	12	14 x 14
Raigrás	$3/64$ x $5/16$	6 x 32 ó 5 TRI
Centeno	12	$1/16$ x $1/4$ ó $1/14$ x $1/2$
Semilla de girasol	24 x 32	11
Fleo	$1/19$ ó $1/20$	6 x 34 ó 6 x 32
Semilla de tabaco	32 x 32	40 x 40, 50 x 50
Semilla de tomate	10	$1/12$
Trigo	14	$1/13$ x $1/2$, 10 TRI

Una clasificadora de cilindro, en la cual las cribas se arman en forma de cilindros es una de las máquinas especiales diseñadas para clasificar maíz híbrido para semilla. El número exacto de grados y tamaños asociados con dichos grados varía de acuerdo con la zona geográfica. Un estado, por ejemplo, requiere seis diferentes grados con los tamaños mostrados en la Tabla 3.2; grados que pueden separarse con el separador del tipo de cilindro que se muestra en la Fig. 3.2. Con un Kwh de electricidad se puede limpiar alrededor de 35 hectolitros de grano o 7 a 10 hectolitros de semillas chicas (Schaenzer, 1948).

Tabla 3.2. Especificaciones para la clasificación de semilla de maíz híbrido en Michigan

Grado	Criba
Plano grande	Sobre N ^o 21; a través hendidura $14/64$
Plano medio	A través N ^o 21; sobre N ^o 18; a través de la hendidura $12/64$
Plano espesor medio	A través N ^o 21; sobre N ^o 18; sobre hendidura $12/64$, a través hendidura $14/64$
Redondo largo	Sobre N ^o 21; sobre N ^o 18; sobre hendidura $14/64$
Redondo medio	A través N ^o 21; sobre N ^o 18; sobre hendidura $14/64$
Chico	A través N ^o 18; sobre N ^o 16.

Para la separación se puede impartir a las cribas movimiento vibratorio o giratorio. Si se usa una criba redonda, el tipo de movimiento circular giratorio expone al material a 150 por ciento más de aberturas en la criba que el movimiento recíprocamente común y alrededor de 45 por ciento más que la combinación de movimiento recíprocante y giratorio (Brant, 1953).

Separación neumática. El aire se usa en la separación neumática de productos de acuerdo a diferencias en tamaño, forma, densidad y resistencia de la superficie en contacto con el aire. Un ventilador centrífugo con una entrada ajustable para controlar el flujo sirve para suministrar el aire.

El aire circula verticalmente a través de una cámara en la cual se admite el producto que se va a limpiar o separar. El material que no pueda ser llevado por la corriente de aire cae sobre una bandeja y se retira. El otro material es arrastrado por la corriente y se eleva a un separador de aire, en el cual se retira del sistema. Esta unidad se puede usar para la separación de materiales secos o húmedos. El éxito de la operación depende del ajuste correcto del flujo de aire y de la alimentación uniforme del producto en la corriente de aire. En el manipuleo de productos para la alimentación humana se utilizan unidades construídas de acero inoxidable (Fig. 3.3).

Separadoras por gravedad específica. Las separadoras por gravedad específica se diseñan para separar los materiales tomando ventaja de la diferencia en pesos específicos de los componentes de una mezcla. El proceso consiste en hacer flotar la pajilla más ligera y las semillas sobre una película

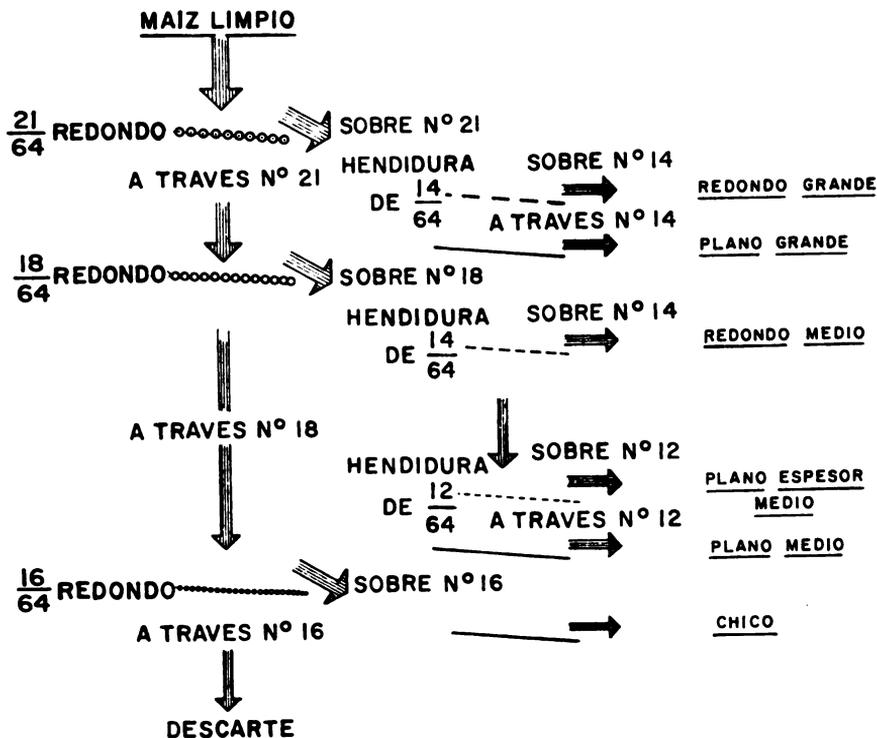


Fig. 3.2. Flujo de maíz a través de cribas de cilindro para obtener seis grados.

de aire por medio de una agitación mecánica. La máquina la forma una mesa triangular inclinada, con una plataforma a través de la cual puede pasar el aire. El aire pasa a través de una superficie de tela o de metal perforado a una velocidad controlada. La plataforma actúa como un transportador vibratorio (Fig. 3.4).

La alimentación del material se hace en una esquina de la plataforma. El aire que se mueve hacia arriba estratifica el material de acuerdo a su densidad. Los materiales más ligeros flotan al extremo más bajo de la mesa y los materiales más pesados, se hunden en la plataforma y rebotan hacia adelante, al extremo superior de la plataforma. Los separadores por gravedad se usan principalmente para eliminar ciertas semillas de malas hierbas de las semillas de trébol y de otras leguminosas y para limpiar y clasificar menestras. Las piedras, vidrio, piezas de metal y otros artículos similares se descargan por el fondo del extremo superior de la plataforma debido a su densidad más grande. Existen canales en un lado de la plataforma inclinada para eliminar los materiales de baja, media y alta gravedad específica.

Operación de la separadora por gravedad. Algunos operadores limpian los granos antes de ponerlos en la mesa de gravedad, de tal modo que la unidad de gravedad pueda usarse para una separación o clasificación más

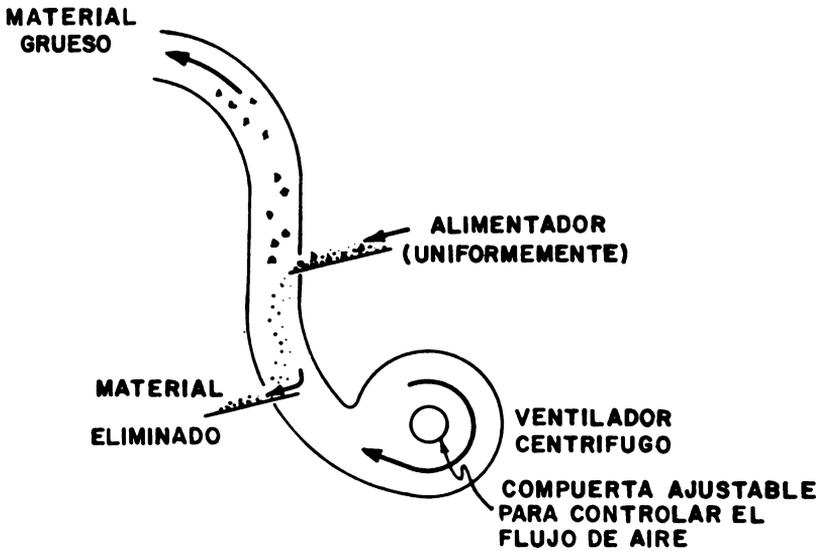


Fig. 3.3. Separación neumática de productos de acuerdo al tamaño, forma y densidad.

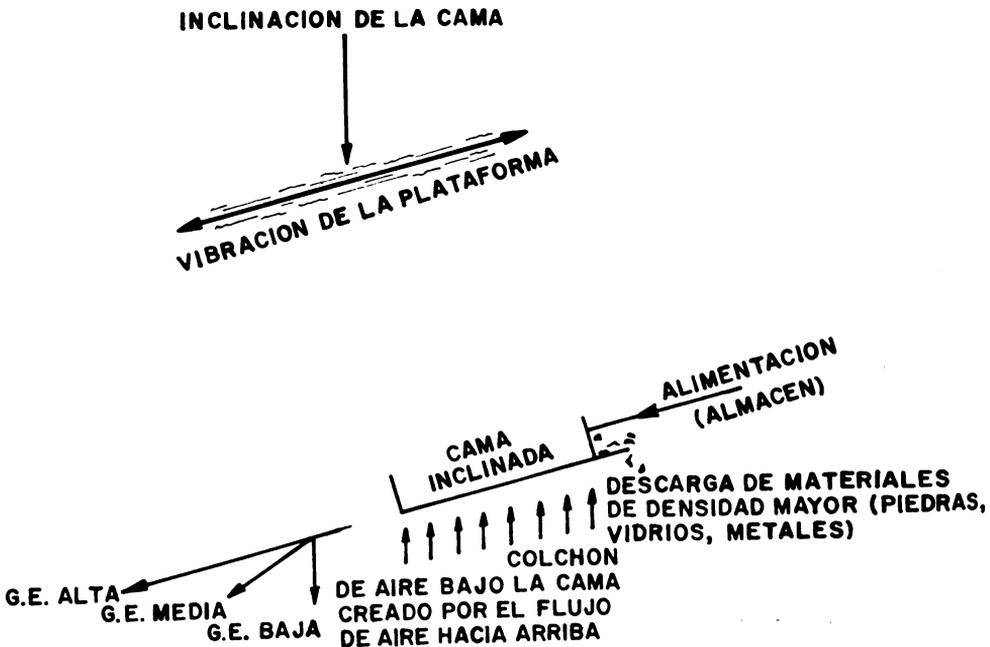


Fig. 3.4. Separación de productos secos por gravedad específica.

refinada. El operador puede controlar el flujo de aire, la inclinación y la vibración de la mesa. Todos estos son factores críticos y deben revisarse de tiempo en tiempo ya que cambios muy ligeros en la semilla o en su contenido de humedad causan un cambio en la separación.

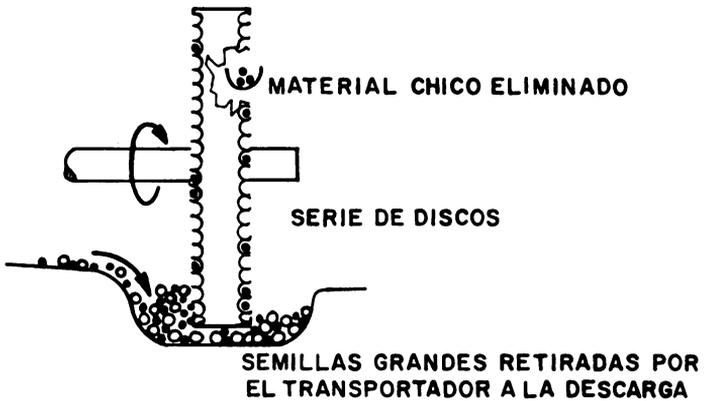
Aspirador. El aspirador se usa para eliminar cáscaras, alas de abejas, polvo y los desperdicios livianos del cribado. Un ventilador de succión hace pasar aire a través de una corriente delgada de grano y la separación del material ligero de los granos más pesados se hace por la corriente de aire que se mueve hacia arriba, que para el caso, pesa tanto el material ligero como el pesado y elimina el más ligero. Las porciones más ligeras se llevan hacia arriba a una cámara donde el aire disminuye de velocidad y se elimina, mientras que el producto cae en un transportador de tornillo para su retiro. Para asegurar la separación deseada se regula el flujo de aire. Se adoptan los aspiradores cuando se tiene un alto volumen de limpieza y cuando las impurezas mayores son los materiales ligeros; estos equipos trabajan con el mismo principio de soplar aire desde el fondo hacia arriba a través del material pero tienen otro nombre debido al método de mover el aire.

Separación basada en la forma de la partícula. Las semillas u otros materiales se pueden separar en base a diferencias de forma. Las semillas redondas tienden a rodar y se pueden separar de las semillas de forma alargada o irregular por gravedad o por la fuerza centrífuga. Las semillas redondas ruedan lejos de las semillas regulares y pueden llevarse a recipientes separados. En otros diseños, las semillas cortas pueden separarse de las semillas largas en alveolos que toman sólo las semillas cortas.

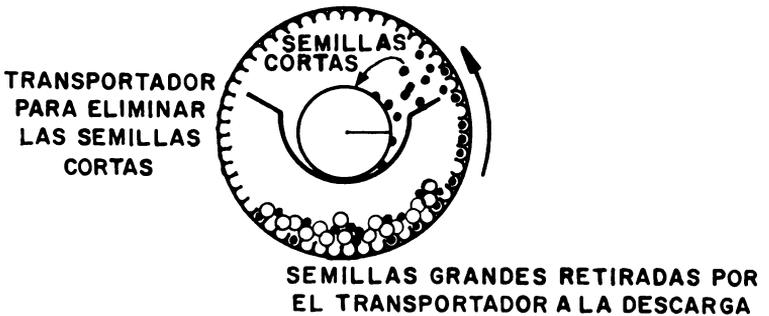
Separador de discos. Muchos granos y semillas tienen casi la misma dimensión en ancho y espesor y son difíciles de separar con equipo del tipo de cribas; sin embargo, con frecuencia esas semillas tienen diferentes longitudes. Por ejemplo, la avena es más larga que el trigo; el vallico, por otra parte, es más corto que el trigo. Con la ventaja de estas diferencias en longitud se puede efectuar la separación por medio de un separador de discos o de cilindros (Fig. 3.5).

El separador de cilindro consiste en un tambor rotatorio con identaciones o alveolos que se usan para recolectar la semilla chica. Las semillas chicas se llevan a la parte superior del cilindro y se dejan caer en un tornillo para su eliminación.

Un separador de discos opera con el mismo principio del separador de cilindro y consiste principalmente de una serie de discos montados en un eje horizontal. Cada disco contiene centenares de pequeños alveolos que seleccionan o rechazan el grano de acuerdo a la longitud. El material que se va a separar se alimenta por el extremo de cabeza de la máquina y los pequeños alveolos de los discos rotatorios llevan los materiales más cortos fuera de la masa de granos. Los alveolos se diseñan de tal modo que las partículas caen fuera en un ducto de descarga antes que el alveolo complete su revolución y se sumerja en el grano. De esta manera las partículas pequeñas se eliminan y las más largas siguen a través de la máquina por aletas en ángulo sobre los rayos de los discos o por un transportador helicoidal de



A. SEPARADOR DE DISCO



B. SEPARADOR DE CILINDRO

Fig. 3.5. Separador por longitud.

cinta. La separación en tres clases, de acuerdo al tamaño, es posible si se arregla el tamaño de los discos y se usan discos con alveolos pequeños en la primera mitad del separador y luego discos con alveolos más grandes. La máquina acondicionada para separar trigo puede eliminar el vallico en los los discos de alveolos chicos, trigo en los discos de alveolos grandes y descargar avena y cebada por el extremo de cola. Este tipo de máquina también es importante para eliminar llantén, cardo del Canadá y agropyron de trébol híbrido, trébol blanco, fleo y otras separaciones similares, donde la longitud es la principal diferencia entre las partículas.

El separador de cilindro consiste de un cilindro horizontal con alveolos en el interior. El material se alimenta en el fondo del cilindro que rota y toma las semillas cortas, a las cuales mueve alrededor de la periferie del círculo descrito por el cilindro y deja las semillas largas. Las semillas pe-

queñas se dejan caer para su eliminación cerca de la parte superior de la trayectoria en un tornillo o transportador de cadena con aletas.

Las semillas redondas se pueden separar de las irregulares o de las semillas planas con un equipo especial tal como un separador espiral. Este separador se puede usar para separar veza de trigo o centeno. El diseño se parece a un transportador de tornillo abierto parado sobre un extremo, excepto que hay por lo menos dos espirales espaciadas a 2,5 cm aproximadamente. El grano que contiene la veza se alimenta en la parte superior de la espiral; la veza, debido a su forma redonda, rueda más rápido que el trigo o el centeno sobre el extremo de la primera espiral. Los granos de forma irregular resbalan hacia abajo, por el centro de la espiral, a una canaleta que coloca la semilla en un ducto mientras que la veza pasa a otro lugar.

Un disco horizontal rotatorio ofrece cierta posibilidad para la separación de semillas redondas y planas. Las semillas se alimentan en el centro del disco y se dosifican en una corriente delgada hacia el borde exterior. La fuerza centrífuga hace que la semilla redonda ruede fuera del disco y que quede sólo la semilla plana (Harmond, 1956). El material plano se debe rastrillar fuera del disco. Esta unidad ofrece más flexibilidad en la separación que el separador de espiral, debido a que puede variarse la velocidad.

El separador de banda inclinada, algunas veces llamado máquina Draper, se usa para la separación de semillas planas y redondas. El material se alimenta, desde arriba, sobre la faja a un ángulo apropiado, de tal modo que las semillas redondas no permanezcan en la faja sino que rueden hacia abajo a un recipiente separado; las semillas planas permanecen en la banda para ser llevadas por la banda hacia arriba y sobre el extremo. Se puede cambiar la velocidad de la faja o el ángulo para obtener la separación deseada (Fig. 3.6).

Una máquina de percusión se usa para la separación de semillas redondas y planas. El material se coloca en un plato que golpea contra una pared lateral. Durante el choque el material plano se retira a una tolva separada.

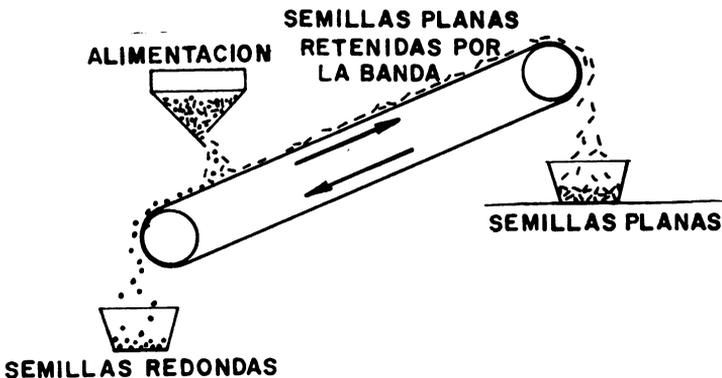


Fig. 3.6. Separador de banda inclinada - Máquina Draper.

Características de superficie: Los materiales que se usan para la separación por características de superficie incluyen: muselina, terciopelo, pana y franela. Semillas de cúscuta y semillas de trébol rojo están en el mismo rango de tamaño y peso y no se pueden separar por cribado o soplándolas, de tal modo que debe usarse algún otro método de separación. Se han confeccionado máquinas descuscustadoras para separar semillas que tienen una cubierta seminal ligeramente rugosa y que se adhieren a la tela con más facilidad que las semillas suaves de trébol. Las semillas de trébol rojo que contienen cúscuta se pasan a través de un cilindro rotatorio cubierto con tela. Las semillas de cúscuta se pegan a la tela y caen sobre una faja que se mueve en el interior del cilindro. Las semillas de trébol no son recojidas por las paredes del cilindro y pasan al extremo opuesto de éste.

Un principio similar funciona en una máquina que consiste de un par de rodillos que giran en sentido contrario y que se inclinan a un ángulo de 15°. La alimentación se hace entre los rodillos y éstos lanzan la semilla con la cubierta o superficie rugosa; las semillas redondas se retiran en el extremo de los rodillos en la parte opuesta a la alimentación (Fig. 3.7).

Otra característica de superficie que a menudo es útil para la separación es una superficie o cubierta que se vuelve pegajosa cuando se humedece. El llantén es una semilla de mala hierba que es difícil de eliminar de las semillas chicas de leguminosas. La cubierta seminal del llantén se vuelve

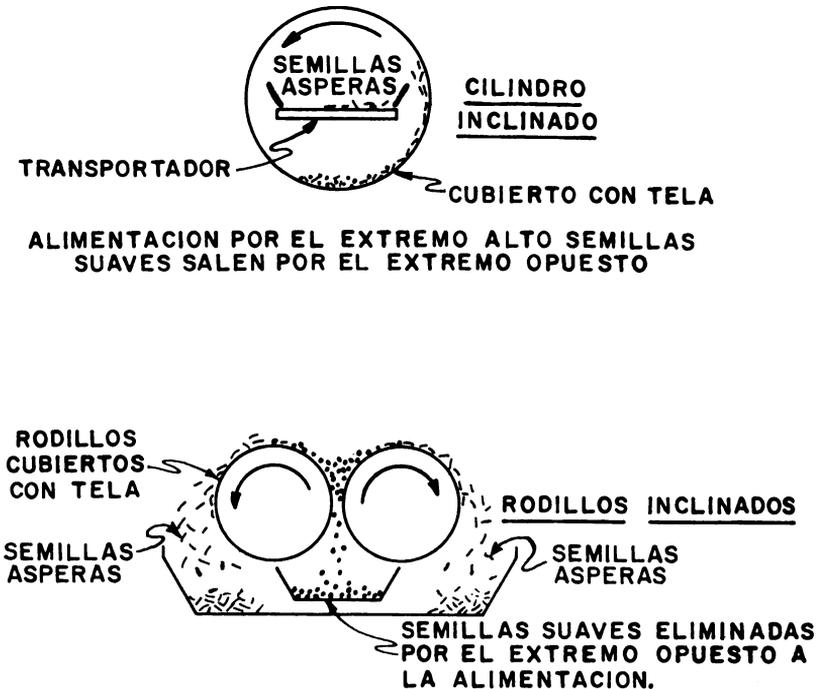


Fig. 3.7. Equipo para separación de semillas ásperas de semillas suaves.

pegajosa cuando se humedece. La máquina moja con agua las semillas que entran y las mezcla con un aserrín fino. Las partículas de aserrín se pegan a la cubierta pegajosa del llantén y forman una bola que no pasa a través de una criba convenientemente seleccionada para la aventadora. La separación del llantén del trébol se lleva a cabo con una pérdida relativamente pequeña de semilla de trébol porque el trébol húmedo no se pega al aserrín. El llantén también puede separarse de la semilla de alfalfa por el mismo procedimiento.

La máquina magnética opera con el mismo principio. Las semillas se mezclan con limaduras de hierro finamente molidas en lugar de aserrín; las limaduras se pegan a la semilla de cubierta rugosa. La mezcla resultante se pasa sobre una polea magnética que elimina las semillas de cubierta rugosa con las limaduras de hierro. La separación se cumple con un cilindro magnético que está magnetizado a través de parte de su revolución y que deja caer las limaduras de hierro con las semillas de cubierta rugosa en una tolva durante la porción no magnetizada del ciclo.

Selección por color. El color se usa como base para separar productos en los cuales se paga un sobreprecio por su uniformidad en el color. Arvejas blancas "Navy", cerezas de café y ciertas nueces son un ejemplo. Las menestras de alta calidad no deben contener ningún grano coloreado de oscuro o descolorido. Debido a que las menestras con frecuencia se dañan o se descoloran por el mal tiempo en el campo, es necesario separar aquellas de colores extraños. Antes se hacía este trabajo a mano, pero últimamente se han desarrollado recogedores mecánicos que utilizan el sistema del ojo eléctrico para diferenciar entre los granos aceptables y aquellos de colores extraños.

Las máquinas seleccionadoras electrónicas normalmente son precedidas por los separadores neumáticos y mesas de gravedad que eliminan los tallos, hojas y granos de forma irregular. La selección fotoeléctrica se puede usar para separar en base a:

1. **MATIZ (color)**, tal como la separación de productos verdes de los amarillos.
2. **BRILLANTEZ RELATIVA**, que es la eliminación de los materiales blancos de los grises o verdes brillante de material verde opaco. Este sistema de separación puede usarse para frijoles, café verde, arvejas, maní o limón.

La máquina seleccionadora consiste en:

1. Un dispositivo para alimentar el material a una velocidad uniforme;
2. El objeto que va a ser visualizado;
3. La respuesta que debe ser amplificada, memorizada y transmitida;
4. Un dispositivo para rechazar los materiales indeseables o deseables.

Existe un tipo de máquina que consiste de un disco rotatorio que tiene más o menos 60 boquillas al vacío colocadas alrededor del borde, las cuales recogen los granos individuales de menestras de una tolva (Fig. 3.8). Los discos rotatorios pasan por una célula fotoeléctrica que se ajusta para responder a varios colores de los productos. Cuando un producto de color extraño

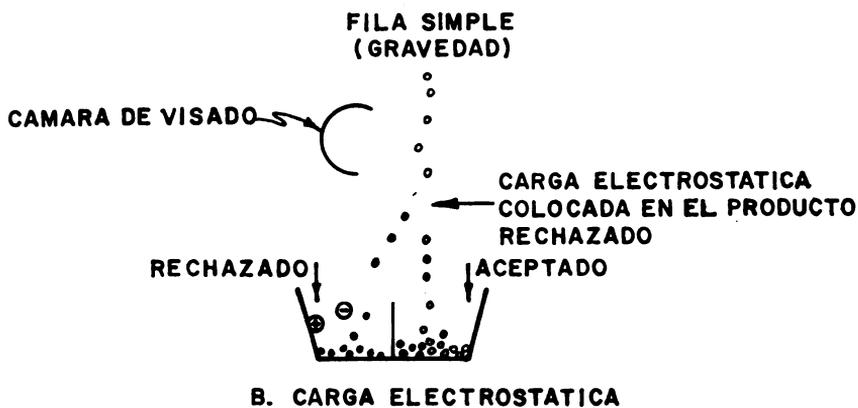
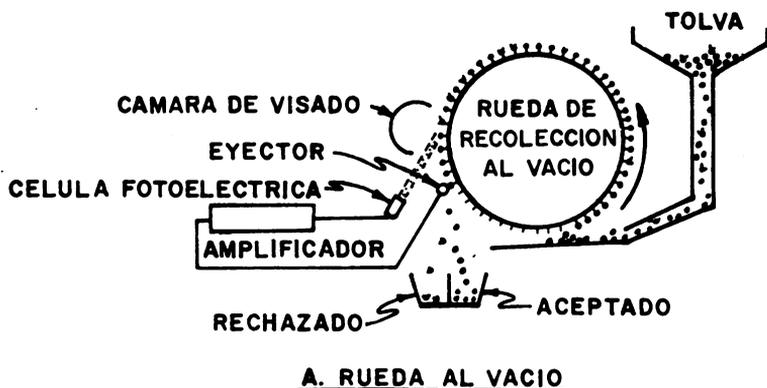


Fig. 3.8. Equipo de selección por color.

pasa la célula fotoeléctrica, se activa un pistón o un chorro de aire para eliminar el grano defectuoso de la boquilla al vacío y echarlo en una canaleta. En un cierto punto del recorrido, los productos de buena calidad son lanzados fuera de los discos debido a la fuerza centrífuga en un momento en que también se cierra el vacío.

Las máquinas seleccionadoras electrónicas del tipo convencional fueron modificadas para seleccionar granos de menestras mojados (Sidwell, 1957). Aún cuando los granos fueron escogidos antes de remojarlos, fue necesario hacer una nueva selección después de remojarlos y blanqueados, para eliminar los granos descoloridos y dañados que no aparecieron anteriormente.

Otro dispositivo eléctrico de selección, visualiza los granos individuales, mientras se dejan caer en la faja frente a un ojo eléctrico o cuando pasan por el ojo. Después de visualizarse, si el producto es inaceptable se le da una carga a través de una fuente de 18,000 voltios. Los productos cargados se ponen a un lado mientras pasan por una placa cargada con carga opuesta y el producto aceptable y el rechazado caen en recipientes separados (Fig. 3.8).

Separación electrostática de semillas. Si se colocan las semillas en un campo eléctrico hasta de 25,000 voltios, hay posibilidad de separar las semillas que toman la carga de aquellas que no la toman. Por ejemplo, la centaura, puede separarse con éxito de la festuca alta, raigrás común y raigrás perenne, cuando la semilla de los pastos está a 10 por ciento de humedad, base seca, aproximadamente (Booster, 1956). La temperatura y la humedad que rodean la carga son factores críticos y aún no se usan máquinas comerciales para la separación en amplia escala. Después de cargar los materiales se pegan a la banda y se descargan en varios puntos en las tolva. No se encontró ningún efecto del alto voltaje en la germinación de las diferentes semillas que se probaron (raigrás, alfalfa, trébol blanco, trébol rojo, trébol ladino y algunas festucas).

OTROS EQUIPOS PARA PROCESAMIENTO DE SEMILLAS

Mezclador de semillas. Muchas semillas de pastos y cultivos forrajeros se mezclan de acuerdo a mezclas o normas recomendadas. Existen muchos dispositivos mecánicos para mezclar lotes de semillas. Un tipo de mezclador muy útil es aquel de dos espirales gemelas. El mezclador tiene dos tornillos que giran a diferentes velocidades, lo que da por resultado una mezcla com-

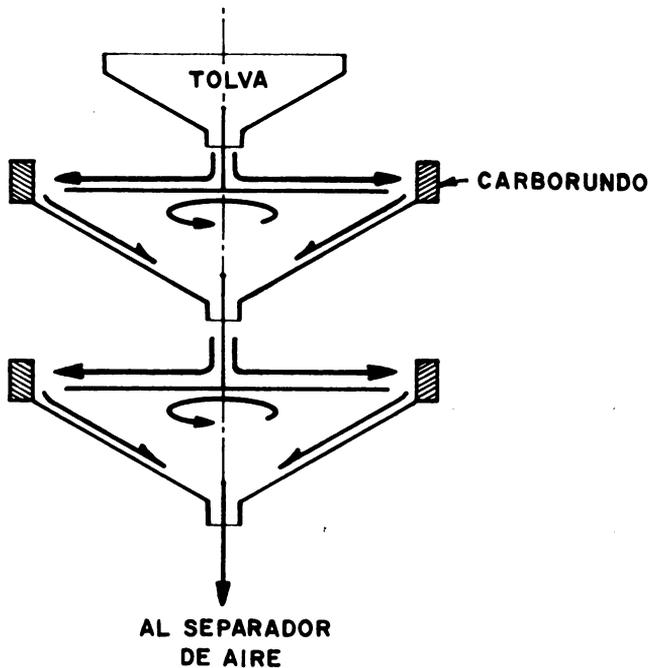


Fig. 3.9. Escarificador para semillas.

pleta de los componentes. Uno de los principales problemas operativos es la limpieza del mezclador después del uso.

Escarificador. Muchas semillas de leguminosas son duras y no absorben el agua fácilmente. Estas semillas tal vez pueden no crecer después de la siembra. La escarificación es el proceso de romper la cubierta de la semilla de modo que pueda absorber el agua que permita la rápida germinación de algunas semillas tales como trébol dulce y alfalfa; el proceso debe realizarse de tal manera que no se destruya la germinación. Un dispositivo centrífugo fuerza a las semillas contra una piedra de carborundo para escarificarlas (Fig. 3.9).

El escarificador también puede utilizarse para el descascarado y la eliminación de la cubierta exterior de algunas leguminosas, tales como trébol dulce y lespedeza. Tanto la escarificación como el descascarado se pueden hacer al mismo tiempo con la misma máquina. No todas las semillas son escarificadas y descascaradas a la vez, sino que algunas se descascarar solamente y otras se escarifican cuando no tienen la cáscara.

Desbarbado. Para eliminar las barbas de la cebada o las colas de la avena o productos similares, se usan unos brazos batidores rotatorios que frotran el producto contra un brazo o barra estacionaria o una criba. Un molino de martillos corriente que se opera a una velocidad más baja que la que se usa para molienda cumple este objetivo con frecuencia. Este equipo se usa también para descascarar algunas semillas.

Pulidor. Un agente limpiador, como el aserrín de madera o salvado de cereales, se usa para limpiar productos, como arvejas blancas. Las arvejas se impulsan a través del agente de limpieza a cuyo tiempo la superficie se abrillanta con eliminación considerable de moho, polvo y decoloración.

Transporte de semillas. Las semillas pueden transportarse al granel o en sacos. Su acarreo en la planta de procesamiento puede hacerse por medios mecánicos o neumáticos. El elevador de cangilones, el transportador de tornillo y el transportador de bandas son los métodos más comunes de transporte. Es bastante difícil evitar la contaminación de semillas con transportadores mecánicos usados para varios productos. Los transportadores neumáticos pueden dividirse en dos tipos generales, los de presión y los de vacío.

Limpiadoras portátiles. Algunas compañías fabrican una limpiadora portátil de semillas que va montada en un camión o en un remolque. Estas limpiadoras portátiles van de granja en granja para limpiar y tratar la semilla de los granjeros en una sola operación. Varios de los equipos individuales que se han descrito van montados en una unidad, siendo la unidad básica la aventadora cribadora.

Equipo de tratamiento de semilla. El tratamiento químico de la semilla para prevenir que las enfermedades se diseminen de una estación a otra o para inocular semillas de leguminosas, es muy importante. Los productos químicos se pueden aplicar en forma de polvo o en lechada. Un tratador del tipo de gravedad permite que el grano fluya hasta que se acumule

una cantidad predeterminada a cuyo tiempo se voltea un cubo que permite que el polvo entre en la cámara de la semilla. Usando un polvo mojable para formar una lechada se ayuda a evitar el polvo. Normalmente las semillas que han sido tratadas no pueden usarse para la alimentación de animales o de humanos. Se puede añadir un colorante o tinte a fin de que el material que ha sido tratado pueda identificarse fácilmente.

Misceláneos. Para detectar la presencia de orines de roedores en los granos que se usan para la alimentación, pueden usarse técnicas de rayos X. Algunos productos químicos que van sobre el grano pueden ser fosforescentes. Otros materiales de superficie pueden detectarse bajo un tipo de luz pero no bajo otro tipo. La separación manual o visual es un método importante que no debe ser pasado por alto. Calentando con electricidad puede aumentarse la capacidad de las cribas de separación o prevenirse el atoro.

PREGUNTAS

1. Distinga entre selección y clasificación.
2. Enumere y describa brevemente cuatro tipos de clasificadoras por tamaño.
3. Señale y analice dos principios diferentes de separación involucrados en la separación de materiales con una aventadora.
4. Enumere dos métodos que utilicen el principio de la textura superficial para la separación de materiales. Nombre materiales separados por estos principios.
5. ¿En qué tipo de mezcla de semillas trabajaría mejor un separador del tipo de discos?
6. Haga un esquema y discuta brevemente el principio de operación de una máquina seleccionadora por gravedad específica. Nombre los materiales para los cuales se usa esta máquina.
7. Enumere y describa brevemente dos principios que podrían ser utilizados para la separación de materiales con un dispositivo fotoeléctrico.
8. ¿Cuál es el principio de un separador electrostático de semillas?
9. Describa dos usos del escarificador.
10. Describa el flujo de un producto a través de cribas cilíndricas para obtener varios grados diferentes.
11. Basado en su conocimiento de materiales describa un sistema para separar maíz en mazorca sin pancas, de maíz en mazorca con pancas. Para separar centeno de trigo. Para separar terrones, de papas que tienen el mismo tamaño. Para separar papas, de terrones y piedras del mismo tamaño.

REFERENCIAS

1. BANTON, RONALD. Problems in cleaning seed. A.T. Ferrel & Co. Saginaw, Michigan. 1952. 12 pp.
2. BENNETT, C.A. Cotton ginning for pure seed preservation. USDA. Leaflet 217. 1942.

3. ———. y SHAW, C.S. Overhead cleaner-dryer systems for seed cotton. USDA Misc. Publ. 314. 1938.
4. BOOSTER, DALE. Electrostatic seed separation. Ditto of paper presented at ASAE, Roanoke, Virginia. June 17-20. 1956.
5. BRANT, D.G. The principles and applications of a revolutionary screening device. American Ceramic Society Bulletin 32:267-271. 1953.
6. GERDES, F.L. y BENNETT, C.A. Preventing gin damage to cotton. USDA Leaflet 169. 1938.
7. GRIFFITH, W.L. Seed cleaning and grading equipment. Report for AE 512. Michigan State University. 1951.
8. HARMOND, JESSE. Seed cleaning and handling. Ditto paper presented at ASAE Chicago, Illinois. December 10. 1956.
9. JENKINS, M.T. Seed corn. USDA Farmers Bulletin 1822. 1939.
10. MOFFETT, W.W., y CHRISTIAN, W.E. A study of the cost of processing seed in Mississippi. Mississippi Agr. Exp. Sta. Bulletin 528. 1955. 28 pp.
11. OVERCASH, R.L. Separation of seeds by froth flotation. Thesis for MS, Michigan State University. 1942.
12. PECK, J.A. Stationary seed cleaning plants-their economics and construction. Canadian Agricultural Engineer 1(1):13-14, 17. 1959.
13. RAY, LUTHER R., y BECKMAN, EVERT. Equipment for cleaning and grading grains and seeds. FAO Development Paper 10. Rome. 1951.
14. REED, R.H. Grading hybrid corn for planting. Agricultural Engineering 20,148, 152. 1939.
15. SCHAENZER, J.P. Rural Electrification. Milwaukee, Wisconsin. Bruce Publishing Co. 1948. 338 pp.
16. SCHWENDIMAN, J.L., et al. Processing seed of grasses and other plants to remove awns and appendages. USDA Circular 558. 1940. 16 pp.
17. SIDWELL, A.P., SEFCOVIC, M., THOMPSON, J.A. Sorting beans by electronics. Agricultural Marketing 2(4):4-5. April. 1957.
18. USDA. Cleaning grain on farms and in country elevators. Farmers Bulletin 1542. 1927. 26 pp.
19. WELCH, G.B. Seed processing equipment. Mississippi Agr. Exp. Sta. Bulletin 520. May. 1954. 22 pp.
20. WHEELER, W.A., y HILL, D.D. Grassland Seeds. New York. Van Nostrand Co. Inc. 1957.

Capítulo IV

EQUIPO PARA PROCESAMIENTO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

Introducción. El 35 por ciento de la producción de frutas y hortalizas en los Estados Unidos no se consume debido a las pérdidas, las cuales pueden reducirse materialmente si se mejora el manipuleo, el procesamiento, el almacenamiento y la preservación. En los últimos años y a medida que el público llegó a ser más consciente del significado de las calorías, el consumo de frutas y hortalizas aumentó rápidamente. Las leyes estatales y federales y las asociaciones han determinado grados de calidad para algunas frutas y hortalizas; para la clasificación y selección de estos grados se requiere un equipo especial. Los comerciantes de productos alimenticios que compran al por mayor, para restaurantes y mercados, exigen que se les suministre productos de alta calidad y grado uniforme durante todo el año. Los consumidores demandan también productos de calidad uniforme. Estas exigencias requieren el preprocesamiento o procesamiento del producto antes de su venta. La cosecha de las frutas y hortalizas se está mecanizando y a medida que aumenta esa mecanización también aumentan la cantidad de hojas, ramas, tallos, etc. que vienen con el producto. Para eliminar estos materiales se necesita un equipo de selección y limpieza.

Debido al gran número de mujeres casadas que trabajan en la actualidad, se puede apreciar una mayor demanda por los alimentos preparados. En los Estados Unidos, una de cada cinco comidas se consume en un restaurante. Estos grupos demandan alimentos preempaquetados y preparados. La población de los Estados Unidos está concentrada en la parte Este, pero los centros de producción agrícola están en los estados del Centro y del Oeste. Los productos deben transportarse a grandes distancias y luego almacenarse para su distribución en las áreas de población de alta concentración (Hall y Levin, 1956).

En la mitad de la década de 1930, el 26 por ciento de las hortalizas que se consumían eran congeladas, enlatadas o deshidratadas, en comparación con el 43 por ciento para el período de 1955-1956 y para frutas, 38 por ciento y 49 por ciento respectivamente (Estadísticas del Departamento de Agricultura 1957). Para el enlatado y la congelación se requiere que los

productores suministren un producto de un tamaño y variedad específicos y en una condición dada.

Algunos de los principios de separación para frutas y hortalizas son iguales a los descritos en el Capítulo III, Limpieza, Separación y Clasificación de Granos y Semillas. En este capítulo se presentarán aquellos principios de mayor importancia en el procesamiento de frutas y hortalizas.

La clasificación proporciona una base para la compra y venta de productos. Las normas de clasificación las establecen y las ponen en vigor el gobierno federal, los programas de inspección cooperativos entre el gobierno federal y los estados y las asociaciones.

Los factores más importantes de clasificación son: tamaño, uniformidad, color, composición química, magulladuras, superficies cortadas, residuos de aspersion, residuos de polvo, enfermedades, mohos, contenido de humedad, color y solidez (ausencia de corazones huecos en manzanas y papas).

Principios usados en la separación de frutas y hortalizas

GRAVEDAD ESPECÍFICA. El peso por unidad de volumen de las frutas y hortalizas varía bastante. La gravedad específica difiere con la variedad del producto, estado de maduración y solidez. La separación se hace por lo general en una solución de una gravedad específica controlada, en la cual los productos más pesados se depositan en el fondo y los más ligeros suben o permanecen en la superficie. En algunas operaciones se prefieren los productos más pesados y en otras, los más livianos. La gravedad específica también puede utilizarse en la separación de hortalizas con una corriente de aire en movimiento (Fig. 3.3); los materiales pesados caen en la corriente de aire y los más ligeros son sacados. La corriente de aire también se utiliza para separar materiales con diferentes características de superficie, como ocurre en la separación de arvejas y frijoles partidos de los enteros y en la separación de tallos, hojas y desperdicios.

TAMAÑO. La separación por tamaño puede hacerse por medio de una criba, cadenas, agujeros en una banda, copas, rodillos sobre una banda o sobre una abertura divergente, tal como la que forman un rodillo y un resorte o dos rodillos. Para la separación de materiales chicos se usa la criba, mientras que los otros dispositivos se usan generalmente para materiales más grandes. También se puede usar un separador del tipo de carrete, en el cual la separación entre carretes depende de los tamaños que se pretenden separar. La separación de los carretes también cumple una función de limpieza durante el proceso.

PESO. Dispositivos pesadores se utilizan para medir el peso de productos individuales tales como frutas, hortalizas o huevos. Con esta clase de equipo debe eliminarse primero el material chico o liviano. Básicamente, un alveolo que sostiene el material se mueve con el extremo opuesto sobre un dispositivo descargador volteador que puede regularse para un peso dado. Para una separación más exacta se usan métodos de pesado, porque el peso varía con el cubo del diámetro, lo cual hace de éste un medio más sensitivo que la separación por el diámetro, dentro del rango usual de dispositivos de pesada. Frecuentemente, se pesa en masa un grupo que contiene varias unidades del producto, tales como una docena, una canasta o un hectolitro,

para obtener el peso total que se compara al número de unidades incluídas en aquel grado en particular.

COLOR. Para una separación por color se utilizan medios manuales o electrónicos. La iluminación del producto, la banda, el color de la banda y el color del cuarto son muy importantes para una separación por color manual o visual. Es preferible usar siempre un color que ponga en evidencia las diferencias de producto y facilite así al encargado de la selección el retiro del producto indeseable, dañado o de color extraño. Debe usarse una luz que ayude a la vista y que no cause fatiga a los obreros. Con los métodos electrónicos la luz se dirige al producto y luego se refleja. La intensidad del reflejo de luz se utiliza como una medida de la calidad del producto que se revisa.

CARACTERÍSTICAS DE SUPERFICIE. Además del uso de una corriente de aire para separar hortalizas partidas de las enteras, se podría utilizar otro principio de separación por características de superficie, conocido con el nombre de flotación de espuma. El aire que se incorpora en la superficie de las hortalizas inhibe la velocidad de asentamiento en una solución o en agua. Para ayudar a la entrada de aire en la superficie se pueden colocar productos químicos en el agua. Normalmente, la fruta dañada o de baja calidad permanece en la superficie del líquido, debido a que el aire que contiene la mantiene en la superficie.

ANÁLISIS QUÍMICO. Para obtener datos tales como contenido de humedad, porcentaje de azúcar, contenido de sólidos, acidez e impurezas, se toma y se analiza una muestra representativa del producto en tratamiento. Las impurezas resultan de la presencia de roedores, de aspersiones, fumigaciones, etc.

PROPIEDADES MECÁNICAS. La firmeza de un producto puede usarse como un medio de clasificación. La resistencia a una carga, sin dañarse, la elasticidad del material, su habilidad para conducir ondas sónicas o ultrasónicas o para absorber varias fuentes de energía pueden utilizarse como un medio de separación. Existen penetrómetros o "dedos mecánicos" para probar la dureza de algunas frutas y hortalizas. También puede hacerse la separación basándose en el coeficiente de fricción de la superficie del material.

MANZANAS

El control de calidad de las manzanas comienza en el huerto. La recolección debe hacerse en la época más oportuna, la cual se designa por lo general, por un cierto número de días después de que pasa la floración completa. Por ejemplo, la época para la recolección de las manzanas "Dorada Deliciosus" en la parte Norte de los Estados Unidos es 150 a 160 días después de la floración. Si se deja más tiempo en el árbol parte de la fruta se puede dañar. La fruta que se dañe debe eliminarse durante la clasificación. La recolección debe hacerse de tal modo que no se les cause daño a las frutas. Las manzanas difieren en la forma en que deben retirarse sin perjudicarlas, pero ninguna deberá halarse del peciolo para evitar daños a la carne en dicha cavidad. Algunas manzanas son muy suaves, y si no se recojen con cuidado, la presión de los dedos del recogedor les causa daño. Otras manzanas crecen en racimos y deben recogerse con ambas manos. Los reci-

pientes de recolección no deben llenarse completamente para evitar daño a las manzanas.

Para la recolección de las manzanas pueden usarse baldes, canastas, cestos o cajones con plataformas. Generalmente éstas se recogen en baldes y luego se vacían en depósitos más grandes. Los depósitos se retiran del huerto en un trineo, remolque, vagón o con un levantador de horquilla. La mayor parte de las manzanas que se procesan se manipulan en plataformas o cajones con plataformas que pueden contener hasta 14 hectolitros (Fig. 4.1 a y b).

Las manzanas deben tratarse inmediatamente después de la recolección ya que se maduran más rápido cuando están cortadas que cuando están en el árbol. El escaldamiento del sol puede dañar la superficie de la fruta. Las manzanas deben enfriarse tan pronto como sea posible después de su recolección para asegurar un mayor tiempo de conservación en su almacenamiento. No se debe manipular con tosquedad la fruta. Los recipientes que se llenan completamente conducen a un daño posterior del producto cuando se forzan sus tapas. Los vagones cargados o los camiones que se usan para el transporte deben moverse tan suave como sea posible a fin de evitar daño a la fruta.

Clasificación en el huerto. La clasificación en el campo puede ayudar a que el transporte del producto del huerto al almacén sea más rápido que de costumbre. Puede usarse una unidad móvil de clasificación que consiste en una banda de alimentación y sección de eliminación, una banda de selección y una estación de llenado para obtener dos grados diferentes. Inmediatamente después de la clasificación las manzanas pueden ir al almacenamiento (Gaston y Levin, 1951).

Las ventajas de la clasificación en el campo son: menor manipuleo y menos abolladuras, mejoramiento del manipuleo porque la fruta fluye directamente de las canastas de recolección a la banda de recepción de la clasificadora con poco o ningún daño, mejor supervisión porque el capataz puede vigilar la operación completa, eliminación del manipuleo innecesario de frutas dañadas o inferiores al grano y reducción de las dimensiones de la central empacadora, debido a la eliminación de la fruta que se daña. Esta clasificación no sólo tiene la ventaja de que la fruta de buena calidad se lleva directamente a la central empacadora sino que la fruta que se elimina puede enviarse inmediatamente al procesamiento. De otro modo, la fruta que se desecha podría perderse si se retirara del almacén en una fecha más tardía. La clasificadora de campo requiere una fuente de potencia para accionarla, no es práctica en localidades montañosas y hace difícil mantener un registro de las manzanas recogidas por cada obrero.

Central empacadora. Inmediatamente después de la cosecha se llevan las manzanas a la central empacadora. La central debe diseñarse para un manipuleo, lavado y limpieza debidos, clasificación y selección por tamaño y para el empaquetamiento de la fruta. El área de piso es de 0,65 cm² a 1 m²/Hl de fruta que se va a empacar en un día de 10 horas (Gaston y Levin, 1957). Un productor que empaca 175 hectolitros por día necesita una central empacadora con una dimensión de 115 a 175 m² (Fig. 4.2).

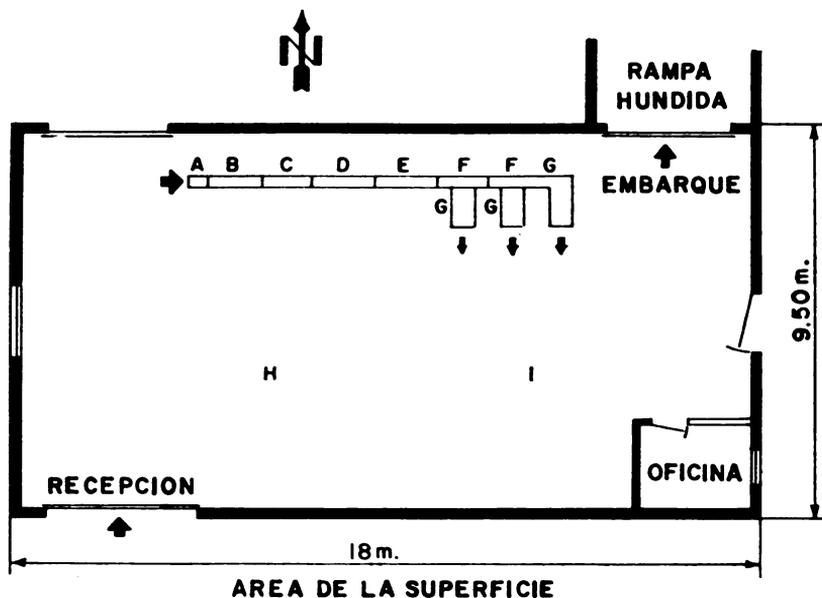
Los productores que empacan menos de 3,500 hectolitros de fruta usualmente la acarrean con la ayuda de un transportador de rodillos, carretilla de



Fig. 4.1a. Manipuleo de fruta en plataformas. En el huerto. (Levin y Gastón, 1958).



Fig. 4.1b. Manipuleo de fruta en plataformas en el patio de carga (pavimentado). (Levin y Gastón, 1953)

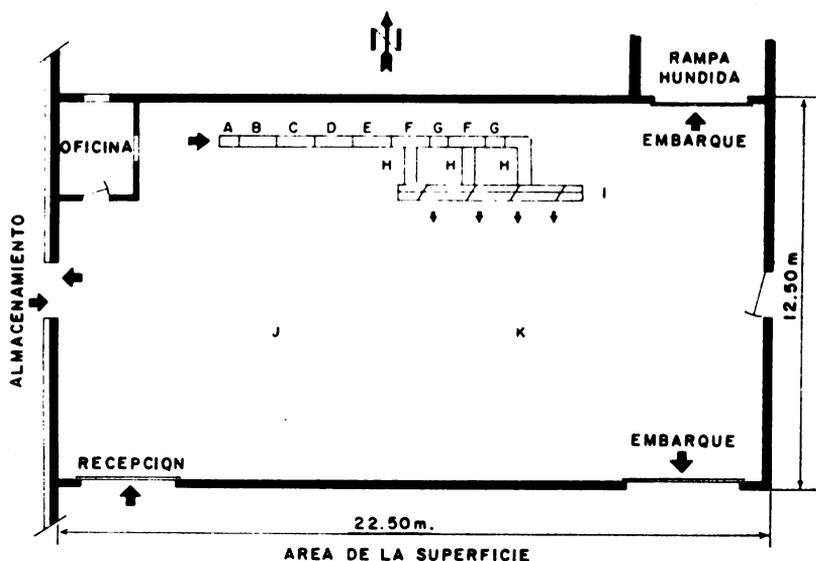


A— Ayuda para el volteado. B— Banda de alimentación. C— Eliminador. D— Escobillador. E— Rodillos de selección. F— Clasificador por tamaño. G— Sección de empacamiento. H— Fruta no clasificada. I— Fruta empacada.

Fig. 4.2a. Central empacadora con capacidad para 18 hectolitros por hora — 3.500 a 5.250 durante la temporada.

mano y plataforma con rodillos. Para aquellos que empacan más de 3,500 hectolitros por lo general es más económico un levantador de horquilla. El diseño de la central empacadora debe considerar el método de manipuleo.

Lavado. Los residuos de la aspersión sobre la fruta no deben exceder de ciertas cantidades que las establecen a menudo agencias del gobierno. Deben eliminarse el arsénico, DDT y otros compuestos químicos. Si la aspersión precede a la cosecha por 4 a 5 semanas, la cantidad de producto químico sobre la manzana probablemente no excederá la tolerancia de las leyes federales sobre drogas y alimentos. Una central empacadora cooperativa o comercial debe estar preparada para eliminar los productos químicos cuando se recibe el producto en el caso en que varios productores estén asociados. Cuando se asperja con arseniato (i.e. arseniato de plomo) una solución corriente de limpieza se hace a base de una solución de ácido hidrocórico al 1 por ciento. Para ayudar a la eliminación de los residuos es necesario el calentamiento de la solución de limpieza a 38°C o el uso de detergentes. En el caso que los residuos de la aspersión estén en la superficie, es suficiente lavar las manzanas con agua para eliminar la suciedad. Las lavadoras pueden consistir de un tanque a través del cual se mueven las manzanas y en escobillas en forma



A— Ayuda para el vaciado. B— Banda de alimentación. C— Eliminador. D— Escobillador. E— Rodillos de selección. F— Clasificador por tamaño. G— Faja de espaciamiento. H— Faja cruzada. I— Faja de retorno de flujo. J— Fruta no clasificada. K— Fruta empacada.

Fig. 4.2b. Central empacadora con capacidad para 35 hectolitros por hora — 17.500 a 36.000 durante la temporada. (Gastón y Levin, 1957).

de rodillos o aspersores a alta presión. En el caso de usarse una sustancia química fuerte para lavar las manzanas, la fruta debe enjuagarse cuidadosamente con agua después de lavarse. Para este enjuague se necesitan alrededor de 30 a 45 litros de agua por cada hectolitro de fruta. Por lo general se necesita secar la fruta después de lavarla. Para eliminar el exceso de humedad puede utilizarse una corriente de aire a alta velocidad o un rodillo de tela absorbente.

La fruta clasificada se encera con el objeto de mejorar su apariencia o de aumentar el tiempo de conservación. El encerado es parte de la operación de la línea de empacamiento.

Clasificación por tamaño. Debe evitarse el daño a la fruta, especialmente cuando está destinada al mercado fresco. Existen dispositivos de ayuda para voltear las canastas o cajones, de modo que a medida que las manzanas se vacían de sus recipientes fluyen uniformemente en la faja de alimentación para la clasificación. Estos dispositivos incluyen una tapa actuada por un resorte la cual permite que el producto salga suave y uniformemente sin caerse de la parte superior del recipiente a la banda (Fig. 4.3). Una banda



Fig. 4.3a. Vaciado de manzanas para cidra en un camión de salida (Levin y Gastón 1958).

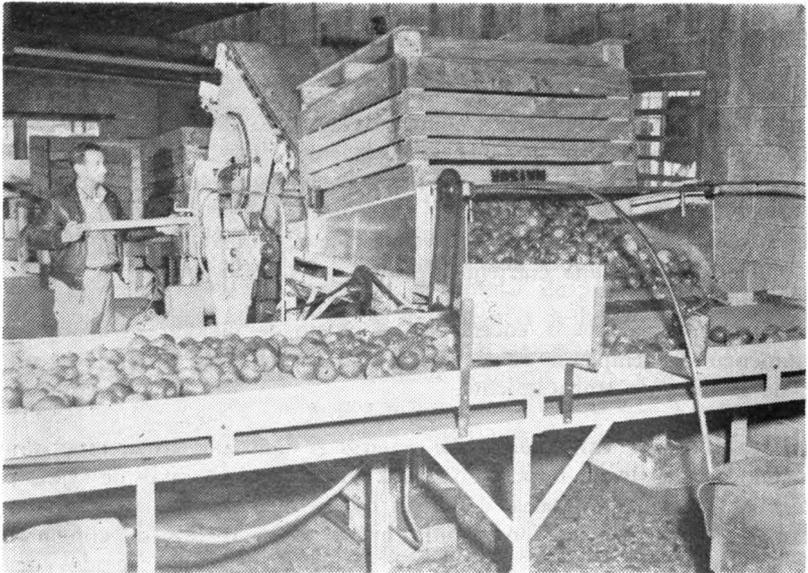


Fig. 4.3b. Extremo de descarga de un vaciador de cajones por inversión (Herrick, McBirney, Carlsen, 1958).



Fig. 4.3c. Vaciado de manzanas para cidra en un camión de salida (Levin y Gastón, 1958).

lleva la fruta de la estación de vaciado a un eliminador que desecha la fruta pequeña, que por lo general es aquella menor de 5 cm de diámetro. Estas manzanas pueden usarse para cidra. Enseguida una unidad de escobillado elimina el polvo, los materiales de la aspersión o cualquier otra materia extraña. Un lavado de la fruta podría efectuarse. En los rodillos de selección se efectúa una detenida inspección visual, por lo que esta área debe estar bien iluminada. A la fruta se le da vuelta para que el inspector pueda ver todos sus lados. La clasificación por tamaño se hace con equipo. La mayoría de las dimensiones de las manzanas se hace en base al diámetro. La clasificación se lleva a cabo en bandas perforadas, cadenas de eslabones o alveolos que se expanden a medida que se mueven a lo largo de la línea de clasificación. La fruta pequeña se elimina primero. Desde el punto de vista de la calidad del empaqueo, es preferible retirar primero la fruta de diámetro grande para evitarle daño a través de cada unidad de clasificación. Las manzanas grandes se pueden separar colocando una escobilla diagonalmente sobre la banda de alimentación para llevarlas a un lado, de donde pueden retirarse. Para una clasificación precisa es necesario hacer pasar estos productos de gran diámetro a través de la cadena de clasificación, de la banda perforada o de los alveolos que se expanden.

Separación por peso. Los productos se colocan en unas bolsas de lona y se llevan a las diferentes estaciones de pesado. La bolsa se voltea en la estación correspondiente y el producto queda así en el grado apropiado. La separación de manzanas por peso se usa más en los estados del Oeste que en otras zonas.

Después de la clasificación por tamaño, el producto puede embolsarse y ponerse en canastas o en recipientes especiales. Las manzanas se pueden envolver individualmente o acomodarse en forma de anillos para colocarlas luego en canastas. Para evitar cualquier daño a la fruta deben usarse velocidades menores de 10 metros por minuto para la banda y los rodillos. Deben evitarse pendientes excesivas. Otras fuentes que pueden causar daño a las manzanas son: vaciar sobre la banda de recepción; una clasificadora deficientemente diseñada donde la fruta puede golpearse contra las paredes o caer una altura excesiva desde la banda de clasificación hasta el área de acumulación; sobrellenar los recipientes; forzar las tapas sobre los recipientes llenos; y un manipuleo brusco de los productos cuando se llevan al camión, en el camión y en los almacenes al por menor o en el almacenamiento.

Requerimientos de clasificación. La mayoría de los estados y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos han establecido requerimientos para clasificación de manzanas, los cuales pueden variar considerablemente de un estado a otro. En los Estados Unidos existen siete grados (US grades) para manzanas: extra superior (US extra fancy), superior (US fancy), primera extra (US Nº 1), primera corriente (US Nº 1 Cooker), segunda (US Nº 1 early), tercera (US utility), menudo (US hail). Además, algunos de estos grados pueden mezclarse para formar grados combinados. Una última designación conocida como "sin clasificación" contiene manzanas que no conforman los grados mencionados arriba pero que debe tener más de 20 por ciento de manzanas que conformarían cualquier combinación de los grados regulares. Todas las manzanas que se despachan y ofrecen para la venta deben cumplir con estas normas de grado. Para poder cumplir con los grados en particular se deben hacer una selección y una clasificación por tamaño. Por lo general, la selección se hace manual y la clasificación por tamaño, mecánicamente. Algunos de los factores de grado, considerados en los grados US para las diferentes variedades son: madurez, residuos, forma, tamaño, daño del producto picado, enfermedades, color y apariencia. De estos factores, el tamaño es el único que al momento se determina con equipo, es decir, con el clasificador por tamaño, llamado algunas veces graduador.

La cuenta o diámetro mínimo de las manzanas que contiene el recipiente debe marcarse sobre éste. Cuando se marca la cuenta en el recipiente, la manzana más grande no debe tener más de 6,2 mm que la manzana más pequeña. Cuando no se marca la cuenta, se sugiere que tanto el diámetro máximo como el mínimo deben marcarse en el recipiente. El tamaño mínimo es el diámetro más grande que se toma a ángulo recto en la línea que va del peciolo al extremo del ápice. El tamaño máximo es el tamaño más pequeño y se determina pasando la manzana a través de una abertura circular.

Economía y eficiencia. En el Estado de Washington se encontró que las plantas convencionales de empacamiento que usan transportadores de banda y carretillas de mano tuvieron los requerimientos más altos de mano de obra. El manipuleo con transportadores de banda y carretillas de mano requirió sólo el 60 por ciento del costo incurrido por el uso de elevadores y carretillas de mano. El método más costoso de manipuleo fue aquel cuando se usaron elevadores y carretillas de mano de dos ruedas con sujetador. El método más eficiente fue cuando se usó el levantador de horquilla que transportaba 48 cajones

con plataforma. La carretilla de mano de dos ruedas con sujetador fue lo más eficiente para cargar los carros refrigerados. Con el uso de bandas transportadoras para el cargamento de los camiones de entrega de los vendedores al por mayor, los costos de equipo y mano de obra fueron ligeramente menores que cuando se usaron camiones de plataforma de cuatro ruedas para efectuar las operaciones. Para la recepción de pedidos de los almacenes al por menor, el método más productivo fue el transportador de gravedad tipo de ruedas (Elliot, 1954).

Un obrero puede empacar alrededor de 3,5 Hl/hr de manzanas mezcladas cuando se usan cajas de cara abierta o canastas. Cuando se usan canastas de 0,35 Hl con cara en forma de anillo y se llenan éstas, un obrero puede lograr una velocidad de 2,5 Hl/hr. Para llenar bolsas de plástico de 1,5 a 2,5 Kg a razón de 17,5 Hl/hr se requiere un equipo de 8 a 12 personas (Levin y Gaston, 1957).

En 1957 el costo para empacar 1.750 Hl durante la temporada fue de 57,6 centavos de dólar por hectolitro y para empacar 70.000 Hl fue de 32,3 centavos. Alrededor de 0,28 centavos del costo correspondió a mano de obra y la diferencia a costos de mantenimiento y gastos generales.

Almacenamiento. Después de la cosecha, las manzanas deben colocarse en el almacén y enfriarse lo más rápido posible. La manzana es un organismo vivo y continúa respirando después de la recolección. La respiración de los frutos del manzano está basada en la siguiente ecuación:



La velocidad de respiración varía con: 1) la edad de la fruta; 2) la variedad; 3) la temperatura; 4) el anhídrido carbónico; 5) el oxígeno; y 6) la humedad relativa. La humedad relativa es importante desde el punto de vista de mantener las condiciones deseables de almacenamiento pero no es tan importante en su relación con la respiración.

La velocidad de respiración Q_{10} para manzanas es de 2 a 3, es decir, que por cada aumento en la temperatura de 10°C la velocidad de respiración se duplica o triplica.

El punto de congelación de la mayoría de las manzanas es algo menor de $-1^{\circ}C$. La temperatura de almacenamiento generalmente está entre 2 y 3°C, aunque para algunas variedades se mantiene una temperatura de $-1^{\circ}C$.

Además del control de temperatura también pueden controlarse los niveles de anhídrido carbónico y de oxígeno para proporcionar un medio ambiente que reduzca la velocidad de respiración. A medida que el anhídrido carbónico aumenta, la velocidad de respiración se reduce y el tiempo de conservación en el almacén aumenta. Sin embargo, debe existir un balance apropiado entre el anhídrido carbónico y el oxígeno, a fin de que las células no mueran. No todas las manzanas responden igual al ambiente de dicho anhídrido carbónico por lo que es necesario ajustar el nivel de anhídrido carbónico a la variedad de manzanas. Las manzanas McIntosh tienen una excelente conservación en almacenamiento con atmósfera de anhídrido carbónico. La atmósfera de anhídrido carbónico varía normalmente de 5 a 7 por ciento con el nivel de oxígeno reducido a menos del 10 por ciento (las manzanas McIntosh se almacenan mejor a 3°C con 5 por ciento de anhídrido carbónico

y 3 por ciento de oxígeno). En los almacenes con atmósfera controlada, la temperatura, por lo general, se mantiene entre 2 y 4°C.

El nivel de anhídrido carbónico se aumenta con la respiración de las manzanas en un almacén sellado. Existen unidades comerciales que añaden anhídrido carbónico de una fuente exterior. Durante la respiración, el nivel de anhídrido carbónico aumenta y el oxígeno disminuye. A fin de mantener el anhídrido carbónico dentro del almacén y el oxígeno fuera de él, las paredes, ventanas y puertas del almacén deben estar selladas. Las paredes de metal o plástico proporcionan un buen sellado. Esta clase de almacenes, incluyendo el equipo asociado y los controles, cuestan alrededor del doble de los almacenes refrigerados del tipo convencional. Para evitar un nivel muy alto de anhídrido carbónico y la escaldadura posterior del producto, es necesario eliminar el exceso a través de limpiadores químicos, absorción con agua y otros métodos químicos y mecánicos. El tiempo de conservación en un almacén a 4°C y con 5 por ciento de anhídrido carbónico es aproximadamente dos veces mayor que en un almacén refrigerado sin control de la atmósfera.

En el almacén de manzanas es recomendable mantener una humedad relativa de 90 a 95 por ciento, pues de otro modo una humedad excesiva dejaría al producto con una textura esponjosa y carente de dureza. La humedad muy alta puede causar susceptibilidad adicional a algunas pudriciones; sin embargo, si los productos se vigilan cuidadosamente y no se colocan productos dañados en el almacén y se proporciona buena ventilación, puede reducirse al mínimo el daño causado por las pudriciones.

Almacenes refrigerados en la granja. Después de dos a tres meses de la cosecha de manzanas y de su almacenamiento, los precios por canasta en la parte Norte de los Estados Unidos aumentan hasta abril o mayo. Si las disponibilidades de capacidad del almacén pueden mantener los productos hasta esos meses, el costo de operación y mantenimiento del almacenamiento puede justificarse fácilmente. El almacenamiento refrigerado de frutas en la granja hace innecesaria la clasificación, empacamiento o venta durante la estación de cosecha, capacita a los productores a hacer cambios en la clasificación a medida que la temporada de comercialización progresa, permite que los productores puedan hacer ventas al por menor durante la estación y proporciona al productor un medio de recibir los beneficios de los adelantos estacionales de precios (Gaston y Levin, 1954).

El almacenamiento en la granja requiere aproximadamente de 2250 a 3000 frigorías/hora de capacidad de refrigeración por cada 1000 canastas. Además debe proporcionarse una circulación de aire de 40m³/min/3000 frigorías. Para la operación se requiere aproximadamente 1,6 Kwh por canasta para su almacenamiento durante una estación de seis meses. Durante el período de seis a ocho semanas en que la fruta se traslada al almacén, se requieren aproximadamente 1 Kwh de electricidad para enfriar la fruta de la temperatura del huerto a la temperatura del almacén. Después de que se llega a la temperatura deseada se requieren aproximadamente 1/5 Kwh de electricidad por canasta por mes de almacenamiento. En 1954, el primer costo de los almacenes varió de US\$ 1,20 a US\$ 2,40 por canasta de capacidad (875 a 700 hectolitros de capacidad con un costo de operación total anual de 20 a 35 centavos por canasta).

Los almacenes comunes, en los cuales el producto se enfría con la temperatura natural del aire exterior, se usan aún en cierta extensión. Puede usarse ventilación natural o forzada. Durante los períodos de baja temperatura exterior se impulsa el aire dentro del almacén para enfriar la fruta. Durante los períodos calurosos el almacén se cierra. Los almacenes se aíslan térmicamente. Después que la fruta se enfría a 4°C debe controlarse la ventilación para mantener la temperatura del producto.

PROCESAMIENTO DE MANZANAS

El porcentaje de la producción de manzanas que se procesa ya sea por secado, enlatado, congelado, triturado o por fabricación de cidra, está en continuo aumento.

Secamiento. Se usan por lo general manzanas verdes o amarillas para que el producto resultante no salga con la piel descolorida. Después de pelar y descorazonar las manzanas sigue una inspección. La fruta entera se trata con solución diluida de sulfito para prevenir que tome el color pardo. Luego la fruta se corta en rodajas o cubos. Las rodajas se colocan después en una cámara de gas de azufre antes del secamiento; el sulfurado requiere de 20 minutos a una hora usando de 0,7 a 2,3 kilos de azufre por cada 920 kilos. El secamiento puede hacerse con un deshidratador de horno o de túnel.

En caso de usarse el deshidratador de horno la fruta se coloca en una tablilla con una profundidad de 15 a 45 cm. El aire se calienta a 80°C al comienzo del secamiento y luego a 38°C al final. Con los secadores de túnel se coloca una capa de fruta de unos 5 cm de espesor en unas bandejas planas y el aire calentado de 71 a 74°C se sopla sobre la fruta en las bandejas a razón de 180 a 240 m/min. El secamiento es más rápido en un deshidratador de túnel que en uno de horno.

Proceso de envasado. Las manzanas se lavan, pelan, descorazonan y cortan en secciones y se les deja por algunos minutos en una solución de sulfito o en una solución débil de ácido sulfuroso para prevenir que tomen el color pardo (Allen, 1951); luego, se añade azúcar y se envasa la fruta en cajas de 22 kilos o latas de 19 litros y se congela y conserva para la distribución. Algunos de los productos envasados se mantienen entre 0 y 2°C en estado fresco y se entregan al comercio sin congelar para que sirvan en pastelería.

Cidra. Se puede usar el triturado de las manzanas chicas de buena calidad para obtener jugo. De esto se obtiene jugo de manzanas frescas, concentrados congelados, cidra, vinagre y aguardiente. La pasteurización del jugo de manzana proporciona un producto que puede almacenarse por largo tiempo. El enlatado de jugo de manzana puede hacerse a base del jugo esterilizado.

Enlatado. En la Fig. 4.4 se muestra un diagrama de flujo de los varios pasos que intervienen en el movimiento de las manzanas a través del proceso de enlatado, para el enlatado de manzanas y para el enlatado de puré de manzanas. A continuación se analizará en orden cada paso del proceso.

1. El lavado y la selección fueron descritos anteriormente. Por lo general para el procesamiento se usan manzanas de 45 mm de diámetro o menos.
2. La mayoría de las manzanas para la preservación se pelan mecánicamente. Las máquinas varían desde la más simple, accionada manualmente, en la cual el operador coloca la fruta en un mandril, hasta las grandes unidades múltiples accionadas mecánicamente, en las cuales el operador coloca la fruta en receptáculos. Las unidades automáticas trabajan a razón de 50 a 75 manzanas por minuto.
3. Se comprobó en forma experimental, que haciendo el pelado con lejía se economiza en un 60 por ciento las pérdidas del pelado. Con el uso de agentes humedecedores se reduce el tiempo de inmersión y la temperatura. Después del tratamiento con lejía, la fruta debe lavarse bien con un rociador de agua a alta presión para eliminar todo el tejido digerido.
Se han utilizado máquinas a vapor continuas para pelar manzanas. Para eliminar el peciolo y las celdas con semillas se necesita una operación separada.
4. Las magulladuras, defectos y mordeduras de la piel se eliminan de las frutas, a mano, a medida que pasan por la banda de inspección. El rodajado puede hacerse mecánicamente o a mano en el cual se parte la fruta en cuartos o en pequeños segmentos. Durante el proceso de pelado, descorazonado, recortado y rodajado, las manzanas se mantienen en un tanque de salmuera diluída de alrededor de 1,8 kilos de sal por 100 litros de agua, para evitar la decoloración. La solución de sal decrece la actividad de las enzimas.
5. Antes de enlatar las manzanas, éstas se blanquean pasándolas por vapor de 82°C a 99°C en una banda continua por 2 a 6 minutos o sumergiéndolas en agua a temperaturas entre 88 y 99°C por 2 a 6 minutos. Un mayor tiempo de blanqueo resultaría en un aumento de la absorción de agua por los tejidos y un mayor peso. Debe tenerse cuidado y evitar que la fruta se suavice en exceso. Una vez blanqueada la fruta se rocía por lo general con agua fría para afirmar sus tejidos.
6. En seguida del blanqueo, la fruta caliente se coloca apretada, como un paquete sólido, en las latas y se le añade una pequeña cantidad de agua hirviendo o salmuera diluída.
7. Después del proceso anterior se les da a las latas un largo período de reposo para su preesterilización. La preesterilización es particularmente importante con manzanas empacadas secas debido a que la penetración del calor es lenta. Para latas N^o 10 se usa por lo general, una cocción de 13 a 25 minutos en agua hirviendo. Cuando se da un mayor período de preesterilización a las manzanas se requiere menor tiempo de cocción que cuando la preesterilización es menor. El tiempo real depende de la temperatura con que se cierra y se llena el recipiente. Para obtener una temperatura de 85°C en el centro de la lata que se llena de fruta en forma apretada, se necesitan 28 minutos, mientras que las latas que contienen fruta en forma más suelta pueden esterilizarse en menor tiempo. Después de

la cocción las latas se enfrían con agua para evitar el oscurecimiento o decoloración que causaría conservar las frutas como una masa caliente.

La fabricación de puré de manzana sigue en general el mismo procedimiento excepto que, después de cortar la fruta en rodajas, éstas se alimentan dentro de un precocinador. Luego una despulpadora fuerza las manzanas a través de una criba con perforaciones de 1,27 a 1,52 mm de diámetro para un producto grueso. En seguida del envase, el producto se sella (Fig. 4.4).

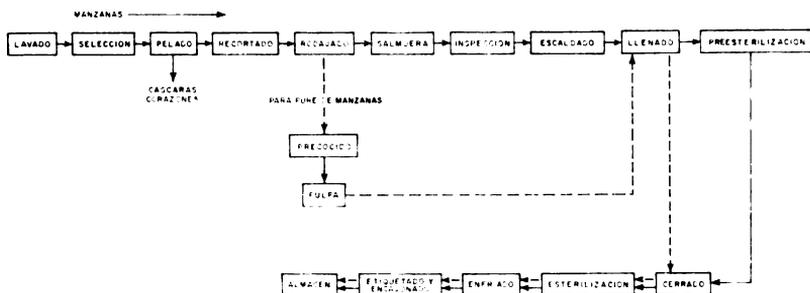


Fig. 4.4. Flujo para enlatado de manzanas.

Extracción de jugo. Las manzanas se envían por una canaleta a una clasificadora y luego al extractor. La unidad consiste de un tambor circular con cuatro o más cuchillas, en forma de un peine grueso, que sobresalen del tambor en 3 mm aproximadamente. El tambor rota a alta velocidad y las manzanas se cogen entre el tambor y una plancha corrugada que la sostiene un ángulo de 45° en forma tangente al tambor. De este modo las manzanas se alimentan gradualmente en las cuchillas, ya cortadas, antes de pasar a la prensa. La plancha corrugada se sostiene por resortes de tal modo que una piedra o un pedazo de madera pueda pasar sin causar casi daño a las cuchillas afiladas. Las manzanas ralladas de la cámara del acumulador caen en una prensa de tela donde se nivelan con una paleta de madera. Se doblan luego las esquinas de la tela de algodón, se retiran los moldes y se coloca una segunda capa sobre esta capa de tela y el proceso completo se repite hasta que se tengan siete a ocho capas de tela. El carro con las telas se pone bajo el cabezal de una prensa y después se aplica la presión hidráulica. El jugo que sale de la prensa puede contener algo de pulpa o manzana rallada por lo que hay que pasarlo a través de una despulpadora. La despulpadora consiste de un bastidor de tambor cubierto con una criba de acero inoxidable con malla fina, el cual va sostenido a un ligero ángulo sobre el tanque que rota muy lentamente. A medida que se bombea el jugo en el tambor rotatorio, toda la pulpa sale por el extremo inferior mientras que el jugo pasa al tanque a través de la criba. El jugo se calienta a 18°C y se bombea a un depósito de acero inoxidable o de madera. Allí se añade por cada litro de jugo, de 90 a 105 gr de pectinol A, una enzima que destruye las pectinas.

Después de doce horas, el jugo se mezcla con 15 a 45 gr de ayuda filtrante, por lo general supercel, por 100 galones de jugo y se filtra. Parte del

jugo que se trata, se bombea a través del filtro para formar una membrana sobre la tela del filtro. Los coladores se mantienen en un tanque de acero inoxidable o revestido con vidrio y sostenido en bastidores de bakelita. El jugo se bombea a través de los filtros hasta que la presión para bombear sea bien grande, generalmente medio día antes que el filtro deba limpiarse.

El jugo filtrado se pasteuriza a una temperatura de 77°C, se coloca en las latas, se cierra y se enfría. Las latas se enfrían en agua; un método común consiste en transportar las latas sobre una banda inclinada a un ángulo de 8 a 10°. Las latas ruedan hacia abajo, de tal modo que continuamente se revuelven bajo los rociadores de agua fría que se colocan a intervalos cortos sobre la banda. A menudo se añade ácido ascórbico al jugo para tratar de aproximar su contenido de vitamina al del jugo de naranja.

Las latas frías se transportan rodando a la rotuladora donde se les aplica goma caliente para pegarles las etiquetas. Luego pasan a la máquina empaquetadora de cajas donde se colocan en las cajas, las cuales se engoman automáticamente y se prensan. Para colocar las cajas sobre las plataformas pueden utilizarse apiladoras mecánicas.

Cuando se añade ácido ascórbico al jugo debe tenerse especial cuidado en eliminar el aire del producto final debido a que el ácido ascórbico se oxida fácilmente. El intercambiador de calor que se usa para calentar el jugo actúa como depurador para que el aire contenido no sea excesivo. El espacio de aire en la parte superior de las latas puede evitarse si se llenan éstas completamente. También puede eliminarse el aire cerrando las latas con una máquina que a su vez tenga un rociador de vapor o gas inerte. El vapor o el gas baja el contenido de oxígeno del espacio superior de la lata. Para que el jugo de manzana pueda cumplir los requerimientos del grado A no debe tener menos de 12°brix y debe contener entre 0,35 y 0,70 gr de ácido por 100 ml de jugo y tener el sabor característico de las manzanas.

CEREZAS

En la renta nacional de los E.U.A. las cerezas rojas representan 20 millones de dólares anuales. Estas cerezas se cultivan principalmente en Michigan, Nueva York, Wisconsin y Pennsylvania y, mezcladas con otras clases de cerezas, en Washington, Colorado, Ohio, Utah y Oregon. La producción de cerezas rojas va en aumento constantemente; más del 90 por ciento de la producción de estas cerezas se procesa ya sea enlatadas o congeladas.

La buena calidad de los productos procesados comienza en el huerto. Para asegurar un producto de mejor calidad en Michigan hay una ley del Estado que requiere que no debe haber más del 12 por ciento por peso de cerezas defectuosas en las cerezas que se entregan al procesamiento. Para que las cerezas pertenezcan al N° 1 deben tener 14,5 mm de diámetro o más, sin defectos. Para las personas a cargo del procesamiento no es práctico eliminar más del 5 por ciento de cerezas de tal modo que por clasificación en el campo la cantidad de cerezas defectuosas puede reducirse. Usualmente se informa a los recogedores que deben dejar las cerezas defectuosas en el árbol. Los seleccionadores pueden eliminar las cerezas defectuosas a medida que se vacían sobre una plataforma inclinada en una profundidad de una capa.

El transporte rápido de las cerezas del huerto al procesamiento es uno de los mayores objetivos para preservar o mantener la calidad que la fruta tiene en el árbol. El método convencional de transporte ha consistido en llevar las cerezas en cajas de poca profundidad que pueden contener de 12 a 16 kilos.

Las cerezas se recogen en baldes de 10 litros y se vacían en las cajas. Las cajas se apilan en el huerto y se llevan a la planta de procesamiento en remolques o camiones. En la planta de procesamiento se sacan las cajas y se vacían las cerezas en los tanques de remojo.

Para aumentar la velocidad del manipuleo y reducir los costos, las cajas pueden llevarse a los camiones y remolques por levantadores de horquilla. Para justificar un levantador de horquilla destinado únicamente a las cajas un productor necesitaría 250 toneladas o más de cerezas. En algunas zonas la cantidad de cerezas se designa en quintales. Con una cosecha de 300 toneladas de cerezas el uso del levantador de horquilla ahorra al productor cerca de $2\frac{1}{4}$ centavos de dólar por caja de cerezas cosechadas (Levin y Gaston, 1956).

Cuando se usa el levantador de horquilla pueden apilarse hasta 50 cajas sobre la plataforma. Las cajas representan un costo considerable. Las de madera las usan como combustible algunos obreros, y algunos productores o procesadores tienen el control de ellas haciendo difícil su suministro a la competencia; durante el año 1956 el rompimiento de cajas alcanzó al 10 por ciento con un costo promedio de 50 centavos por cada una. Además, las cajas deben mantenerse y almacenarse durante el año.

El transporte de cerezas en cajas se está reemplazando por el transporte al granel en agua en tanques herméticos. Se utilizan tanques rectangulares o cilíndricos montados en un remolque o camión de fondo plano. Normalmente se usan sólo durante la estación de cosecha y pueden retirarse después. Las cerezas se recojen en baldes y luego se vacían en los tanques que contienen agua. Se hace circular agua hasta que las cerezas se enfrían a 13 ó 16°C, tiempo durante el cual el agua elimina las hojas, tallos y brotes. Un rápido enfriamiento de la fruta después de su recolección ayuda a mantener la calidad que ésta tenía en el árbol. Las cerezas también pueden llevarse al tanque en las cajas. Por cada litro de agua se colocan en el tanque alrededor de cuatro kilos de cerezas. El nivel de agua se baja a 10 ó 15 cm debajo de la superficie de las cerezas antes de transportarlas del huerto o de la estación de recepción a la planta de procesamiento. La profundidad de los tanques no debe pasar de 1,5 m. El agua fría se bombea por el fondo del tanque y sale cerca de la superficie. Una bomba de irrigación constituye el medio más cómodo para proporcionar el agua fría para el enfriamiento.

Cuando las cerezas se llevan de los baldes al tanque, se pesan los baldes para saber la cantidad cosechada por el recogedor. Si las cerezas se quedan en las cajas, el peso se determina en la planta de procesamiento. Se ha encontrado que las cerezas que se transportan en agua absorben alrededor del 1 por ciento del agua. Por lo tanto, se acostumbra pesar las cerezas después que se descargan y drenen sobre la faja o la balanza de tolva en la planta de procesamiento y se sustrae el 1 por ciento del peso por el agua que queda en la fruta (Levin y Gaston, 1956).

En la planta de procesamiento, las cerezas se transportan por una canaleta, a través de una abertura de 15 cm en el fondo del tanque, a un depósito de almacenamiento, donde esperan el procesamiento. El transporte de cerezas en agua tiene las siguientes ventajas:

1) ayuda a mantener la calidad que tiene la fruta en el árbol; 2) proporciona un medio de mejorar el grado por selección en el huerto; 3) reduce el costo del transporte; 4) elimina los cajones, el almacenamiento de cajones, mantenimiento, distribución y otros problemas que los acompañan; 5) simplifica la administración y 6) es comercialmente factible (Levin y Gaston, 1956; Gaston y Levin 1955).

Antes del procesamiento las cerezas se pasan a grandes tinas donde se remojan en agua por 6 a 8 horas para aumentar el contenido de humedad y el volumen. Las cerezas que se acarrean al granel en agua ya han sufrido un remojo, el cual depende de la distancia del huerto al centro de procesamiento. Por lo general las cerezas se procesan inmediatamente después del remojo.

Las cerezas se pasan de las tinas a las mesas de inspección, de ahí a la deshuesadora, al enlatado y luego a la máquina rotuladora y empaquetadora de cajas (Fig. 4.5).

En la mesa de inspección, las cerezas pasan delante de los inspectores a una velocidad de 8 m/min para que ellos saquen las cerezas desechadas y el material extraño. Después de la inspección la fruta se deshuesa.

La deshuesadora es un cilindro rotatorio con una fila de copas que están alrededor de su circunferencia. La cereza cae en la copa, después de lo cual, un émbolo en forma de cruz extrae los huesos. Los huesos salen a través de unos pequeños agujeros, y la fruta sale rodando de la copa. Una máquina puede deshuesar alrededor de 12,000 cerezas por hora. Las cerezas deshuesadas a máquina se reconocen fácilmente pues tienen dos agujeros, uno por donde entra el émbolo y otro por donde sale el hueso. Durante el deshuesado se pierde el 15 por ciento de peso. También durante esta operación se pierde una considerable cantidad de jugo, el cual se puede recuperar para el enlatado o para la fabricación de jarabe. Los huesos pueden hervirse en agua para eliminar la pulpa adherida.

Luego, las cerezas se colocan en las latas y a máquina se cubren con jarabe. Las latas, por lo general, se lavan antes de usarse. El jarabe que se pone sobre las cerezas tiene alrededor de 40° balling para las cerezas de grado más alto. Cuarenta grados "balling" o "brix" consisten en más o menos 665 gramos de azúcar por litro de solución.

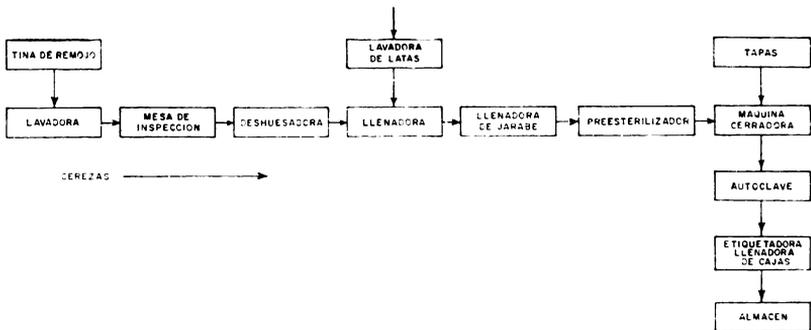


Fig. 4.5. Flujo para el procesamiento de cerezas.

Antes de cerrar las latas, éstas se mantienen en el preesterilizador de agua caliente a 93°C por lo menos, por 10 minutos, para eliminar el aire. Luego, el producto pasa a los autoclaves para cocinarse.

La cocción o esterilización se lleva a cabo manteniendo una temperatura de 100°C por 13 a 18 minutos. El tiempo depende del tamaño de la lata y la variedad y madurez de la fruta. Después de la cocción el producto se enfría y se lleva a las máquinas de rotulado y empaquetamiento y luego al almacén (Fig. 4.5). La mayoría de las cerezas rojas se colocan en latas N^o 10 para uso en pastelería, hoteles y restaurantes y en latas N^o 2 para uso familiar.

Las cerezas también pueden congelarse, para lo cual se usan las cerezas deshuesadas, a las cuales se les añade azúcar y se almacenan entre -18 y -30°C.

El jugo de cereza puede prepararse a base de cerezas agrias. Las cerezas que no se procesan se lavan, remojan, deshacen y prensan en una prensa hidráulica. El jugo se clarifica, se trata al calor por pasteurización y luego se pone en las latas. El jugo también se puede preparar por tratamiento al calor dentro de la lata, pero el sabor en este caso es menos aceptable.

Toda la selección de las cerezas rojas ácidas se hace manualmente. Se recomienda usar iluminación y un fondo adecuado para la banda, a fin de realzar los defectos para la selección manual. Para eliminar las cerezas con defectos oscuros de las cerezas rojas ácidas, la luz más conveniente es aquella que transmite una longitud de onda de 400 a 490 y 610 a 720 milimicrones (Parker y Wiant, 1955). En la faja de selección se aconseja tener un mínimo de 1000 bujías-metro de iluminación.

Las cerezas dulces se rajan mucho más fácil que las cerezas rojas ácidas. La razón para esto es explicada en base a varias diferentes teorías. La mayor razón para la rajadura se atribuye, probablemente a la rápida absorción de humedad durante los períodos de baja transpiración de tal modo que una expansión es más rápida dentro de la cereza que en la cáscara (Levin Hall, Deskmukh, 1959). No es práctico transportar cerezas dulces al granel.

Los marrasquinos se hacen de cerezas dulces. El proceso estriba en poner las cerezas en salmuera. La solución de salmuera consiste en una mezcla de cal apagada y dióxido de sulfuro. Las cerezas permanecen en la salmuera hasta que se curen, lo cual se determina cuando la fruta sufre un cambio de color a blanco o amarillo pálido, y para esto se requiere de 4 a 6 semanas. Después que la fruta se cura se deshuesa a mano. Luego las cerezas se remojan o se hierven en varios cambios de agua, con un período total de ebullición de alrededor de una hora. Después se tiñen con eritrosina calentando la fruta a 100°C en una solución de 0,025 por ciento de tinte donde se mantiene por 24 horas. A las 25 horas de almacenamiento se fija el color con ácido cítrico y la fruta se enjuaga con agua caliente. Las cerezas teñidas se tratan con un jarabe de 40°brix y se envasan en caliente, en recipientes de vidrio.

PAPAS

El cultivo de papas es el más importante entre los cultivos de hortalizas y frutas en los Estados Unidos con un valor cercano a los $\frac{3}{4}$ de billón de dólares. La obtención de un producto bueno para el procesamiento comienza en el campo donde es necesario eliminar las piedras, la suciedad y las papas chicas. En las zonas de inviernos fuertes las papas deben sacarse del terreno

antes que lleguen las temperaturas de congelación, para evitar un producto de baja calidad. Para ayudar a extraer las papas del terreno en los lugares del Norte de los Estados Unidos, generalmente se necesita matar los tallos antes de la cosecha, ya sea, por batido o con el uso de productos químicos. La destrucción de los tallos detiene el crecimiento de la papa, ayuda a la eliminación de suciedad y hace que los tallos puedan desprenderse más fácilmente de las papas.

Las papas pueden transportarse del campo al almacén en jabas, barriles, sacos, plataformas o al granel.

La selección y clasificación por tamaño de las papas se llevan a cabo para colocarlas en los siguientes grados: extra (US fancy), primera (US Nº 1), segunda (US commercial) y tercera (US Nº 2); para todos los grados no debe haber más de 3 por ciento de papas con un diámetro menor al diámetro mínimo de 5,7 cm. La clasificación en grados se basa en diversos factores tales como:

Madurez; forma; encogimiento del producto; brotamiento (no se permite más de 10 por ciento de las papas con brotes mayores de 2 cm de largo); que el producto no esté congelado; que las papas no sean de corazón negro; que no se desperdicie más del 5 por ciento por los cortes que a veces ocurren en el campo; que no haya más de un 5 por ciento de papas magulladas; que se limite la suciedad, manchas y materias extrañas; que estén relativamente libres de enfermedades tales como: formación de color pardo, roña negra, podredumbre seca, quemado de sol, etc.

Los grados US de acuerdo al tamaño mínimo son los siguientes: Extra (US fancy) - 5 cm de diámetro mínimo, 60 por ciento debe ser de 5,7 cm o más grande, incluyendo 30 por ciento de 7 cm o más grande. Primera (US Nº 1) y segunda (US Commercial) - 4,8 cm de diámetro mínimo y para tercera (US Nº 2) - 3,8 cm de diámetro mínimo.

Muchas asociaciones para la comercialización de papas han establecido sus propias normas con tamaños mínimos, más grandes o más pequeños que los descritos.

Para obtener la clasificación por tamaño se usa un clasificador del tipo de carrete de caucho que al mismo tiempo elimina la suciedad de las papas. Una limpieza complementaria puede hacerse con unas tiras de trapo que golpean a las papas, a alta velocidad, para eliminar la suciedad. Los otros factores del grado se evalúan visualmente en la mesa de selección, y hasta el momento no se ha logrado hacer mecánicamente. En la mesa de selección es conveniente disponer de una luz que ponga en evidencia los defectos que se observan. La luz incandescente sirve mejor para el amplio rango de variaciones que se presentan, pero, para ciertos defectos especiales, la luz fluorescente puede ser más ventajosa. Puede usarse luz fluorescente de color para observar papas cortadas, magulladas o dañadas, pero, esta luz no permitiría al seleccionador escoger las papas enverdecidas por el sol o por la luz que cae sobre ellas.

Las papas que van a venderse en estado fresco en el mercado generalmente se lavan primero con un rociador a alta presión y, luego, pasan a través de rodillos absorbentes de plástico o de esponja; por último se secan en un secador con aire caliente. En algunas zonas del Norte de los Estados Unidos, después de lavarlas, se pasan a los rodillos absorbentes sin que se practique el secado con aire caliente, particularmente cuando las papas se van a des-

pachar a corta distancia y van a permanecer dentro del área geográfica donde existen temperaturas frías.

Existen muchas operaciones de procesamiento que van precedidas por la eliminación de la cáscara. El pelado de las papas puede hacerse con una peladora abrasiva, usando soluciones concentradas de lejía o calentando con vapor. En la peladora abrasiva las papas se dan vueltas contra una rueda abrasiva y se lavan con un chorro a alta presión. El tiempo necesario para eliminar la cáscara con una concentración de lejía depende de la concentración y de la temperatura; debe tenerse cuidado que las papas no se encuentren dañadas. El vapor a alta presión suaviza la cáscara, después de lo cual, un rociado con agua a presión la elimina. Por lo general, después del pelado se requiere recortar a mano los ojos y las partes dañadas o enfermas.

La separación por gravedad específica puede llevarse a cabo pasando las papas a través de una solución de salmuera de gravedad específica conocida, en la cual los tubérculos más pesados se asientan en el fondo y los más livianos permanecen en la superficie. Después de la separación puede rociarse sobre las papas una solución de cloruro para prevenir el secamiento de los ojos. Existe una relación entre la gravedad específica y el contenido de salmuera; las papas que tienen una gravedad específica más alta proporcionan hojuelas, papas para dorar y papas fritas de mejor calidad.

La cantidad de aceite que se requiere para hacer las hojuelas o las papas fritas disminuye a medida que la gravedad específica de las papas aumenta. Asimismo, con una gravedad específica uniforme se logra un producto elaborado más uniforme. La gravedad específica depende de la variedad de las papas, prácticas culturales, madurez, etc. Se considera deseable una gravedad específica de 1,080 ó mayor. En los años que se logra obtener valores más altos para la densidad, ésta se considera la gravedad específica mínima.

La inhibición de los brotes puede hacerse usando productos químicos o por irradiación. La temperatura y la humedad del almacén tienen una influencia considerable en el brotamiento de las papas. El producto químico que se usa mayormente para inhibir el brotamiento es el hidrácido maleico. Para inhibir por irradiación se usa un tratamiento de 10,000 rep.

El almacén debe proporcionar las condiciones de temperatura y humedad apropiadas para reducir al mínimo el brotamiento y mantener un contenido deseable de almidón con un mínimo de encogimiento. Después de la cosecha, las papas pasan a través de un período de curación, en el cual se sanan las heridas o magulladuras que han tenido durante la cosecha. Las papas se mantienen alrededor de dos semanas a temperatura de 15°C con aire a 90 por ciento de humedad relativa. Para un almacén con movimiento de aire forzado se hace circular alrededor de 1.6 m³/hr/HI durante el enfriamiento. El almacén debe tener aproximadamente 4,5°C y 80 por ciento de humedad relativa. Cuando la temperatura sube a más de 10°C se produce un encogimiento y brotamiento excesivo. Cuando la temperatura del almacén baja de 4,5°C, las papas toman un aspecto mojado, se retarda el brotamiento y los almidones se transforman en azúcares. En los almacenes que tienen flujo de aire controlado se hace circular alrededor de 0,8 m³/hr/HI y, en las zonas del Norte, debe añadirse calor para mantener una temperatura de 4,5°C. Las papas deben calentarse a 10°C antes de llevarlas a la clasificación, a fin de reducir el daño mecánico. Las papas que se despachan se acondicionan si se calientan a 16-21°C y se mantienen en una humedad relativa de 85 por ciento para prevenir

el encogimiento. Las papas pierden alrededor de 6 a 9 por ciento de su peso durante los siete meses del almacenamiento, que depende de la condición del producto y del ambiente del almacén.

La velocidad de respiración de las papas en la condición en que van al almacén es de 13 a 15 mg de anhídrido carbónico por hora por 1000 gr. Esta información es para las papas en un almacén frío y húmedo; en un almacén caliente la respiración sería más alta (Talbur, 1959). La producción de calor de las papas de la variedad Irish Cobbler es: a 0°C, 110 a 220 Kcal por 24 hr/ton; a 4,5°C, 270 a 445 Kcal por 24 hr/ton; a 21°C, 556 a 880 Kcal por 24 hr/ton.

A partir de la papa pueden fabricarse muchos productos. Algunos, descritos por Talbur y Smith (1959) son: hojuelas fritas de papas, papas fritas congeladas, puré deshidratado de papas, escamas de papas, cubos de papas, almidón de papa, harina de papa, papa blanca enlatada, papas prepeladas y papa y pulpa de papas para alimento de ganado.

TOMATES

El segundo cultivo en importancia entre las frutas y hortalizas es el tomate. Los Estados Unidos producen alrededor de cinco y medio millones de toneladas, de las cuales cuatro millones y medio se destinan al procesamiento. Los estados más importantes en la producción de tomates son: California, Indiana, New Jersey, Ohio y Pennsylvania. En la actualidad predomina la cosecha a mano, pero dentro de unos pocos años la mayoría de los tomates se cosecharán por medios mecánicos. Las nuevas variedades de tomates que maduran uniformemente aceleran el desarrollo de la cosecha mecánica. En la cosecha, los tomates se colocan por lo general, en canastas o cestos.

Los tomates se clasifican como US N° 1, US N° 2 y US Combinación. No más del 10 por ciento, por cantidad, en cualquier lote, puede ser más pequeño que el diámetro mínimo especificado o más grande que el diámetro máximo. Otros factores del grado son: una forma adecuada, magulladuras, aseadura, cantidad de producto menudo, enfermedades, rajaduras, cortes y suciedad que no deben afectar materialmente la apariencia ni la calidad comestible.

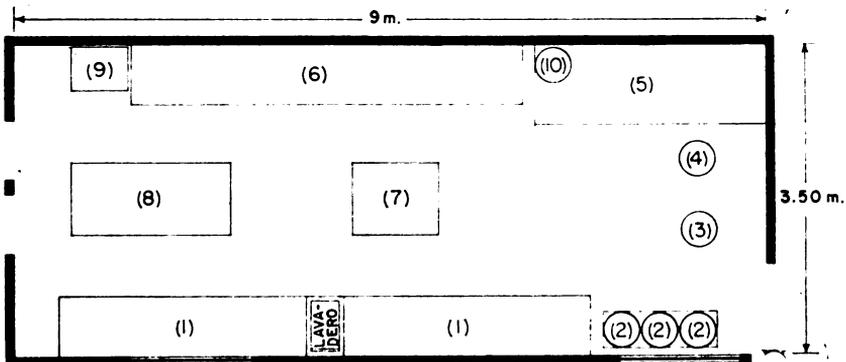
Los tomates para el mercado fresco se cosechan casi maduros o se maduran luego artificialmente. Los cuartos para la maduración artificial se mantienen de 21 a 24°C y los tomates que se van madurando se retiran cada dos o tres días. Para acelerar el proceso de maduración, puede usarse gas etileno en concentraciones de una parte de gas etileno por 1000 o más partes de aire. Los tomates maduros pueden conservarse por cuatro semanas entre 10 y 16°C. Cuando los tomates están ya completamente maduros se conservan por 1½ semanas, a 4°C, con humedad de 95 por ciento, para prevenir un encogimiento excesivo (Thompson, 1939).

CENTROS COMUNALES DE ENLATADO

Los centros comunales de enlatado o cocinas comunales se desarrollaron durante y después de la Segunda Guerra Mundial, como un medio de asegu-

rar alimentos procesados para el consumo humano (Fig. 4.6). Algunos de estos centros están aún en operación. El caldero es la mayor pieza del equipo y debe tenerse disponible un operador para manejarlo. La instalación del caldero debe cumplir con los reglamentos sobre seguridad, incendios y seguros. Usualmente se necesita un caldero de 15 bhp que se opere a una presión de 6,8 a 7,5 kilos por cm^2 . Un caballo de fuerza de caldero (bhp) sirve para evaporar 15,6 kilos de agua a 100°C en una hora.

Para la preparación de alimentos a base de zanahorias la secuencia de las operaciones es la siguiente: 1) las zanahorias se lavan y se colocan en línea para el enlatado; 2) el producto se coloca luego en la mesa de preparación; 3) se elimina la cáscara y las zanahorias se cortan en la forma deseada y se colocan en las latas que se llenan hasta 1,25 cm del borde superior, añadiéndose sal y otros sazonadores; 4) las latas con zanahorias se llevan a la mesa de llenado donde se les echa agua hirviendo a cada lata hasta 1,25 cm del borde superior; 5) las latas llenas se colocan en las tinas para preesterilizador y se calientan a 82°C , después de lo cual, quedan listas para cerrarse tan rápidamente como sea posible; 6) el proceso de cocción se lleva a cabo mayormente en autoclaves donde, a partir del vapor, se obtiene calor suficiente para destruir todas las bacterias dañinas. A medida que la presión del vapor aumenta, la temperatura también aumenta; a $0,68 \text{ Kg/cm}^2$ la temperatura es de 115°C , a 1 Kg/cm^2 es de 127°C . El tiempo



- | | |
|---|--|
| (1) Mesa de acero inoxidable — Fabricación casera; patas de tubo de 2 cm; 1 m de espaciamiento, 90 cm de altura; para sartenes, coladores, cucharones, cuchillos, rodajador, etc. | (6) Mesa con tablero de madera, cubierta con hule; caballetes por patas; para la balanza, cerradora, embudo, bastidor, llenadora, sellos, etc. |
| (2) Tanques de enfriamiento | (7) Cortadora — espárragos y frejoles |
| (3) Blanqueador | (8) Descascarador de arvejas |
| (4) Lavador | (9) Estantes — alimentos congelados |
| (5) Mesa de servicio, de madera | (10) Azúcar |

Fig. 4.6. Plano de distribución de una cocina comunal (Levin y Gastón, 1950).

Tabla 4.1. Tiempo de procesamiento para hortalizas a 115°C, 0,68 Kg/cm², minutos (Basado en Farmer's Bulletin 1762, USDA)

Alimento	Lata Nº 2	Lata Nº 3	Vaso de medio litro	Vaso de un litro
Espárragos	30		30	35
Menestras				
Frijol seco arriño- nado	70	85	80	90
Pallares	40	50	50	55
Vainitas	25	30	30	35
Remolachas tiernas .	30	30	30	35
Zanahorias	30	30	30	35
Maíz, grano entero .	50	65	60	70
Arvejas				
Ojo negro	40	50	50	55
Verdes	40		45	
Camotes	95	115	95	120
Tomates	25	30	25	35
Sopa de hortalizas .	50	65	60	70

- a) Para altitudes mayores de 600 m se debe añadir 0.068 Kg/cm² por cada 600 m adicionales.
 b) Enfriar las latas inmediatamente después del procesamiento.

y la temperatura del procesamiento varían mucho con los diferentes productos (Tablas 4.1 y 4.2).

Como equipo auxiliar y ayudas mecánicas para el procesamiento se tienen el deshuesador de cerezas, el pelador de manzanas, rodajador de manzanas, rodajador de fresas, tablas para cortar, cortador de espárragos, abridor de bolsas, descascaradora de arvejas y pallares, cortadora accionada mecánicamente para vainitas, espárragos y ruibarbo, deshuesadora mecánica para cerezas, rodajadora mecánica para frutas, cortadora de maíz, mesa o banda de selección, un área portátil de trabajo y los utensilios usuales de las cocinas.

PROCESAMIENTO Y PRESERVACION DE ALGUNAS FRUTAS TROPICALES

La preservación de las diferentes frutas tropicales está aún en su infancia, debido a que su palatabilidad ha sido recién descubierta por los consumidores en los Estados Unidos. En este país las frutas tropicales se producen en muy pequeña escala sólo en una pequeña parte del área continental como por ejemplo en el Sur de Florida, en Baja California y en el sur de Texas. Por lo tanto, las personas que no viven en esas áreas poco conocen acerca de estas frutas.

Aunque las frutas tropicales se enlatan casi de la misma manera que las frutas comunes, presentan mayores requerimientos durante el proceso. Hay ciertas reglas arbitrarias que deben seguirse o de lo contrario la preservación resultará un fracaso.

Tabla 4.2. Tiempo de procesamiento para frutas y hortalizas en agua hirviendo a 100°C, minutos

Producto	Envasado	Frasco de vidrio de medio y un litro	Latas N° 2 y 3	vidrio de 2 litros
Manzanas	Hierva, envase en caliente en jarabe	15	10	20
	Hierva, envase en caliente, seco	20	15	25
Albaricoque	Envase caliente la compota de manzanas	5	5	10
	Envase frío, cubra con almíbar caliente	25	Nº 2-15	30
Beterragas encur.	Precocine y envase caliente ..	15	15	20
	Envase caliente	30		35
Moras	Envase frío, cubra con almíbar caliente	20	15	25
	Precocine y envase caliente ..	5	5	10
Arándanos	Envase frío, cubra con almíbar caliente	20	15	25
	Precocine y envase caliente ..	5	5	10
Cerezas	Envase frío, cubra con almíbar caliente	25	20	30
	Precocine y envase caliente ..	5	5	10
Jugos de frutas	Envase a 71-77°C, procese a 82°C	20		25
Puré de fruta	Envase a 71-77°C, procese a 100°C	20		25
Melocotones	Envase frío, cubra con almíbar caliente, afirme	35	30	40
	Precocine y envase caliente ..	15	15	20
Peras	Envase frío, cubra con almíbar caliente		Nº 20	
	Precocine y envase caliente ..	20	20	25
Piñas	Envase crudo, cubra con almíbar caliente	30	25	35
Ciruelas	Envase frío, cubra con almíbar caliente	20	15	25
	Precocine y envase caliente ..	5	5	10
Ruibarbo	Precocine y envase caliente ..	5	5	10
Chucrut	Precocine y envase caliente ..	25 pt.	Nº 2-15	35
		30 pt.	Nº 3-30	
Fresas	Precocine y envase caliente ..	5	5	10
Tomates	Envase frío	45	35	50
	Precocine y envase caliente ..	5	5	10
Jugo de tomate	Envase caliente		5	

- a) Para altitudes sobre 600 metros, se debe agregar un 20 por ciento más de tiempo por cada 600 metros adicionales.
- b) Se debe procesar inmediatamente después de envasar.
- c) Enfríense las latas con agua fría después de procesar.
- d) Envase frío se refiere a envase en crudo.

Ciertas clases de frutas tienen un contenido muy alto de vitaminas y son muy beneficiosas para el consumidor. La mayoría de ellas contienen las vitaminas menores que no se encuentran en otras clases de frutas y algunas contienen enzimas que son benéficas para los órganos digestivos de las personas.

Debido al alto contenido de ácidos y de pectinas, la mayoría de estas frutas sirven para elaborar excelentes jaleas, compotas, mantequillas y mermeladas. Se les puede preservar fácilmente y su calidad se mantiene por un largo tiempo.

El equipo para la preservación es casi el mismo que para otras frutas. Este puede obtenerse haciendo ligeras modificaciones en el equipo convencional. En general, el procesamiento de frutas tropicales requiere algunas pocas piezas de equipo más que para el tratamiento de las otras frutas.

Existen tres razones por las cuales las frutas tropicales procesadas no se producen en una mayor escala:

1. El área pequeña y el corto período en que se producen;
2. El desconocimiento que la mayoría de la gente tiene sobre la palatabilidad de la fruta preservada;
3. La falta de interés de los tecnólogos en la preservación de frutas tropicales.

Existe muy poca información sobre congelación y deshidratación de frutas tropicales y subtropicales.

Para jugos de frutas tales como piña, papaya, toronja, cereza (Florida), se usan en cierta medida preservativos químicos.

En la mayoría de los mercados se encuentran las frutas tropicales enlatadas y productos derivados en una gran variedad y en diferentes calidades. Por lo general se venden bajo cuatro grados: superior, escogido, corriente e inferior. Desafortunadamente, no siempre se indican estos grados en las etiquetas.

Palta (*persea americana*). No se ha desarrollado todavía un buen método para preservar las paltas. Aunque el producto resultante retiene el color y la textura originales, sale simple y pierde su palatabilidad después de poco tiempo, aunque se le mantenga en un almacén frío.

Cereza de Cayena (*Eugenia uniflora*). Esta fruta es de muy bonito color, jugosa, de alta acidez y de sabor muy propio. En Florida muy pocas plantas la envasan comercialmente. La fruta se debe lavar con suavidad, sacarle el hueso y blanquearla por 1 a 2 minutos en agua hirviendo, después de lo cual se le debe añadir jarabe caliente de 40 a 50 por ciento y procesar en un baño de agua por 16 minutos. Las cerezas tienen la tendencia a arrugarse en un jarabe muy pesado cuando no se han escaldado previamente. La fruta y el jugo tienen un alto contenido de pectinas y ácidos. El producto debe preservarse tan pronto como sea posible, para evitar se pongan con un gusto amargo.

Higos (*Ficus carica*). Los frutos deben estar bien maduros antes de intentarse cualquier clase de preservación. En los E.U.A. los productos proce-

sados se venden localmente en los mercados y en los puestos de las carreteras en el sur de Florida.

Procedimiento: Los higos se clasifican por tamaño, se lavan y se escurren, luego se escaldan en agua hirviendo por 2 a 6 minutos; el escaldado los prepara para la penetración del azúcar, facilita el llenado de un frasco en forma completa o el enlatado de higos enteros y mejora la apariencia de la fruta; los higos se colocan en un recipiente y se preesterilizan por 10 minutos a 77°C; antes de preesterilizar se debe añadir jarabe de 40 por ciento; se procesan por 30 a 45 minutos a 110°C y 0,68 Kg/cm² de presión; y se enfrían como de costumbre.

Toronja. La fruta de calidad inferior no debe usarse para el enlatado.

Procedimiento: Se lavan y se secan únicamente las toronjas frescas y firmes; a mano, o con una máquina peladora, se pelan y se elimina la membrana blanca, teniendo cuidado de sacar todas las semillas; se envasan en los recipientes, en tal forma que queden como un paquete sólido y se aseguran que las partes redondas se adapten y queden hacia las paredes de los recipientes los cuales se llenan con jarabe de 50 por ciento; la fruta puede envasarse con jarabe o sin él, de acuerdo al uso que se le va a dar y al gusto del consumidor; se preesteriliza por 10 minutos entre 60 y 67°C.

Es muy importante que la temperatura de procesamiento de la toronja no suba más de 80 ú 82°C, o de lo contrario, se destruye su sabor delicado; no se debe quitar el agua de la autoclave; se procesa por 20 a 30 minutos y se debe asegurar que las latas estén cubiertas por el agua; luego se sacan las latas y se enfrían; se les pone etiquetas y se almacenan.

Guayaba (*Psidium guajava*). Existen varias formas de enlatar la guayaba; pueden enlatarse enteras, peladas, sin pelar, o partidas por la mitad. En caso que se parta la fruta, las semillas se extraen por medio de una prensa y la pulpa resultante se mezcla nuevamente con las mitades y se cocina con ellas; el cascarón, asimismo, puede preservarse independientemente de la pulpa. Las guayabas tienen un contenido muy alto de pectinas y de ácidos.

Procedimiento: Se lava la fruta y se elimina el extremo del ápice y cualquier defecto que tenga de la cáscara; se pasa a través de la prensa para extraer la semilla; se cocina en una paila de aluminio hasta que espese; se le añade azúcar (de acuerdo a la acidez de la fruta) y se cocina rápidamente por cerca de 10 minutos; revolviendo a menudo se vacía en los recipientes calientes; se pone inmediatamente en un baño de agua hirviendo y se procesa por 5 minutos. El producto resulta excelente para compotas, tortas, postres y helados.

Loquat o Níspero del Japón. El loquat es uno de los árboles ornamentales más bonitos de Florida y produce una fruta muy agradable, que aunque dulce, se le siente un ligero sabor ácido. Se usa mucho en estado fresco como en ensaladas. También se utiliza para postres y sirve para hacer conservas.

Procedimiento: Se usa la fruta recién cosechada (cortada de raíz) que no esté sobremadura; se eliminan los extremos del pecíolo y el ápice, la piel y las semillas o si se desea se enlata con semillas (las semillas se objetan sólo porque ocupan espacio); se precocinan de 2 a 4 minutos en ja-

rabe ligero, medio o concentrado, depende de la acidez de la fruta, la cual varía con las diferentes variedades; se ponen en los frascos y se procesa por 20 minutos.

COMPOTA DE LOQUAT. Se prepara el loquat eliminando el extremo del ápice, el peciolo y las semillas; no es necesario extraer la cáscara; se pasa a través de un picador de alimentos usando una hoja mediana; se le añade agua en relación 1 (agua) a 4 (loquat); se cocina hasta que se ponga tierno, y se le añade más agua si es necesario; se le pone una parte de azúcar; se cocina por 5 minutos más; se pone en los recipientes; y se procesa inmediatamente por 5 minutos a 100°C.

Cuando los loquats se enlatan sin deshuesar desarrollan un sabor amargo "de almendra" o sabor a hueso de fruta, que agrada a unos y desagrade a otros.

Mango (*Mangifera indica*). Debido al corto período de producción los mangos se preservan por enlatado aunque también pueden hacerse compotas y mermeladas. Los mangos se enlatan por dos métodos: por el de paila abierta y por el de envasado en frío.

Procedimiento: a) método de paila abierta — se lavan los mangos, y se pela la cáscara; se separa el endocarpio de la semilla; se prepara un jarabe de 60 por ciento; se añade los trozos de mango al jarabe y se cocina por 10 minutos o hasta que clarifique; se añade ácido cítrico o jugo de limón; se vacía agua caliente en los recipientes y se añade más jarabe; se cierra; se pone la etiqueta y se almacena en un lugar frío. El jarabe parece muy dulce al tiempo del enlatado, pero, después de varias semanas el producto está en condición más satisfactoria que si se hubiera usado un jarabe de menos concentración.

b) método de envasado en frío — se hace un jarabe de 60 por ciento como en el primer método; se envasa en los recipientes los trozos de mango sin cocinar; se echa sobre la fruta el jarabe hirviendo y se preesteriliza por 5 minutos; se cierra y se procesa a presión de 0,34 Kg/cm² durante 15 minutos; se saca e invierte para enfriar; se pone la etiqueta y se almacena en un lugar frío.

Mayhaw. A partir del "mayhaw" pueden fabricarse jugo, jaleas, compotas y mantequilla. Las frutas deben cosecharse a la primera indicación del color y usarse rápidamente, cocinándolas primero en agua abundante y pasando luego la pulpa a través de la prensa para extraer la semilla y obtener la compota o mantequilla; se usa una relación ½ (azúcar) a 1 (mayhaw) y se cocina rápidamente; se revuelve cuidadosamente hasta que alcance la consistencia deseada; se usa el mismo procedimiento para hacer otras compotas y jaleas. Se pone en los recipientes y se cierra de inmediato.

Papaya (*Carica papaya*). La papaya puede enlatarse del mismo modo que los melocotones, pero, debido a su falta de acidez se le añade, para mejorar el sabor, jugo de limón, ácido cítrico o se enlata con partes iguales de pedazos de toronja.

La papaya se presta muy bien para la fabricación de compotas, mantequilla, confituras y encurtidos condimentados; también puede enlatarse para

Tabla 4.3. Tamaños comunes de latas usadas para frutas y hortalizas*

Nombre de la lata	Designación de tamaño	Peso neto aprox. en gramos	Número de tazas llenas	Número de latas por caja
Nº 1 alta	301 x 411	454	2	24
Nº 303	303 x 406	454	2	12, 24
Nº 2	307 x 409	565	2½	12, 24
Nº 2 cilindro	307 x 512	735	3	24
Nº 2 alta	307 x 604	735	3¼	12, 24
Nº 3 cilindro	404 x 700	1410	5¾	12
Nº 5	502 x 510	1640	6½	12
Nº 10	603 x 700	3000	12	6

- a) Designación de las latas: el primer dígito representa pulgadas; los dos siguientes la fracción adicional expresada como 1/16 de pulgada. El primer número es el diámetro y el segundo la altura.
 b) Tomado de la pág. 264, The Canned Food Reference Manual, American Can Company, 1949. Cortesía de American Can Co.

usarse posteriormente como relleno de pasteles. El jugo de papaya se fabrica en la actualidad en grandes cantidades.

Procedimiento: Papaya dulce condimentada — se pone en una paila una relación de 3,5 de azúcar, 1 de vinagre y 1 parte de agua; se añade las especias de acuerdo a la relación de agua; la cantidad de 0,03 de raíz de jengibre, 0,05 de clavos enteros y 0,05 parte de canela; debe asegurarse de que toda la papaya quede cubierta por la mezcla; se lleva la mezcla a 105°C por 8 minutos; se mantiene en esta temperatura por 8 horas para que la fruta absorba el sabor de las especias y se cuele luego la mezcla; se echa la papaya al recipiente; se le añade agua caliente; se preesteriliza por 10 minutos y se procesa por 15 minutos.

Piña. La piña se conserva por enlatado del endocarpio o en jugo del producto triturado.

Jugo de piña. El jugo comercial de piña contiene alrededor de 15 por ciento de sólidos en suspensión. Para la extracción del jugo, se prepara la piña por métodos similares a los que se usan para prepararla para el enlatado; además, el jugo se extrae también de los corazones, pedazos y rodajas partidas. La fruta preparada se pasa a través de una máquina desintegradora donde se despulpa antes de prensarla. Algunas fábricas emplean el método de extracción en frío y otras el de extracción en caliente. El procedimiento general, seguido en ambos métodos, consiste en una combinación de las operaciones de cribado y prensado que extrae el jugo de la pulpa y permite que la pulpa más finamente dividida pase con el jugo.

En las operaciones de prensado se obtienen varias fracciones de jugo las cuales se mezclan luego para obtener un jugo que tenga un contenido de ácidos, azúcar y sólidos en suspensión según se desee. El jugo puede refinarse

* N. del T. Se mantienen las dimensiones de la Tabla 4.3 en el sistema inglés debido a que las latas son especificadas por los fabricantes en esas unidades.

Tabla 4.4. Estimación de la cantidad de materia prima necesaria para obtener un determinado número de envases de medio litro*

Frutas	Cantidad de fruta fresca	Número aproximado de envases
Arándanos	1 paquete (3.7 Kg)	12
Cerezas	Cajones de 12 Kg	22
Ciruelas	22 Kg	40
Fresas	Caja de 24 litros	24
Granadas	Caja de 24 litros	30
Manzanas	20 Kg	40
Melocotones	22 Kg	40
Peras	23 Kg	40
Ruibarbo	454 gr	1
Uvas	35 litros	35
Hortalizas	Cantidad de hortalizas frescas	Número aproximado de envases
Arvejas	14 Kg en vaina	12
Brócoli	12 Kg	20
Coliflor	454 gr	1
Espárragos	4.6 Kg	8
Maíz	6 mazorcas (cortadas)	1
Pallares	4.6 Kg en vaina	4
Vainitas	12 Kg	25
Zanahorias	35 litros	35
Zapallitos	4.6 Kg	10

* Aunque el cuadro muestra la cantidad aproximada de producto que se requiere para llenar un número de envases de medio litro, muchas fábricas prefieren envasar algunas de sus frutas y hortalizas como espárragos, brócoli y coliflor en envases de un litro (Levin y Gaston, 1950).

por medio de una centrifugadora que establece la cantidad final de sólidos en suspensión. Para la preservación se usa tanto la pasteurización continua como la discontinua. El tratamiento con calor se mantiene a un nivel mínimo de seguridad ya que el sabor del jugo es bastante sensitivo al calor. El rendimiento promedio es aproximadamente de 35 cajas de 24 latas N^o 2 por tonelada de fruta.

Coco (*coco nucifera*). Para obtener aceite de coco deben utilizarse variedades selectas. Se parten los cocos y la fruta se esparce en bandejas para que se seque al sol. Durante el secado la pérdida de carne es del 50 por ciento de su peso; cuando se seca la fruta, la carne se separa de la cáscara. La carne seca se llama "copra". El secamiento puede hacerse al natural o con máquinas. El secamiento del coco, con fines culinarios, se lleva a cabo en secadores bien construídos y cuidadosamente operados.

Procedimiento: Aceite de coco — para facilitar el prensado, la copra se desmenuza mecánicamente o se muele con rodillos. La copra desmenuzada

Tabla 4.5. Resumen de instrucciones para el enlatado de frutas tropicales (Thursby, 1944)

Fruta	Preparación antes del procesamiento	Tiempo de procesamiento latas Nº 2, minutos
Cerezas (Fla.)	Use fruta madura de calidad; preesterilice 1 a 2 minutos; envase en caliente en jarabe ligero o medio.	7-18
Coco	Vea instrucciones especiales. . .	30
Granadilla	Igual que para jalea	30
Guayaba	Extraiga semillas, preesterilice 2 a 5 min; use almíbar medio; pase a través de la prensa; cocine a espeso; envase caliente	11-15
Higos	Seleccione, lave higos maduros y firmes; preesterilice 2 a 6 min; envase en jarabe caliente medio o concentrado.	11
Jarabes y Jugos de Frutas	Pele, preñe la fruta; caliente lentamente hasta que esté a punto. Cuele; añada ¼ de taza de azúcar por litro de jugo. Enlate caliente; cierre; procese debajo del punto de ebullición.	Pasteurice a 75°C. Procese a 82°C por 30 minutos. Enfríe.
Litchi	Quite la pulpa; cocine hasta punto de almíbar; cierre inmediatamente.	30
Loquat	Elimine desperdicio, tallos, etc.; use almíbar medio.	11-15
Mango	Pele, corte, preesterilice en almíbar. Envase caliente en almíbar concentrado.	15
Mayhaw	Igual que para jalea	30
Palta	En experimentación al presente.	Ninguno.
Papaya	Vea instrucciones especiales. . .	15
Piña	Lave bien, corte, pele, descorazone. Precocine en almíbar de concentración media.	5-10
Rosella (agrio de Guinea)	Use rosella madura; añada igual cantidad de agua. Cocine a suave. Envase caliente.	3-7
Tamarindo	Quite la cáscara, remoje en agua. Preesterilice por 15 min. Filtre. Recaliente, cierre caliente.	12
Toronja	Use fruta madura; pele, separe todo del albedo, añada sal. Procese a 82°C debajo de la ebullición.	25 a fuego lento.

se calienta con vapor para suavizar el aceite ya que el aceite de coco (palmitina) es una grasa sólida a temperatura normal.

El material calentado se prensa en un expulsor (prensa de tornillo) y se obtiene aceite y una torta. La torta se calienta nuevamente y se reprensa. Mediante dos prensados se pueden recobrar de 500 a 600 kilos de aceite por 910 kilos de copra (Ver Cap. VIII).

Granadilla (*passiflora edulis*). Para preparar la fruta se corta en dos y se extrae la pulpa con un objeto en forma de cuchara. Se puede enlatar un producto de muy buena calidad echando la pulpa de la granadilla en jarabe caliente en ebullición. Si el recipiente se cierra al momento el producto se conserva indefinidamente y puede usarse en lugar de fruta fresca. El jugo de granadilla puede separarse por un proceso continuo de centrifugación (Kinch, 1955).

PREGUNTAS

1. Enumere y analice brevemente las razones por las cuales el procesamiento ha aumentado en importancia en los Estados Unidos en los últimos 20 años.
2. Describa algunos métodos para separar frutas y hortalizas de acuerdo al tamaño.
3. Detalle las ventajas y desventajas de la clasificación de manzanas en el huerto. Si se hace, ¿cuál es el procedimiento?
4. Distinga la importancia de la iluminación en la selección manual de frutas y hortalizas. Analice los principios relacionados con la iluminación para obtener una acentuación de los defectos.
5. ¿Qué se entiende por velocidad de respiración $Q_{10} = 2,5$?
6. Describa el proceso del enlatado de manzanas.
7. Compare los siguientes métodos para transportar cerezas del huerto a la planta: a) en cajas; b) uso del levantador de horquilla; c) transporte al granel en agua.
8. Señale dos métodos que podrían usarse en la inhibición del brotamiento de las papas.
9. Describa las condiciones que se necesitan en un almacén para conservación de papas por un tiempo largo, con un mínimo de pérdida de peso.
10. Describa una operación de cosecha de tomate enteramente mecanizada y las operaciones de procesamiento desde el campo hasta la planta.
11. Compare el tiempo de procesamiento para el enlatado de diferentes hortalizas a 115 y 100°C. Construya un gráfico.

REFERENCIAS

1. ALLEN, FRANK W. Apple growing in California. California Agr. Ext. Circular 178. September (Sec VII y VIII). 1951.
2. ELLIOTT, WILLIAM H. Marketing. Yearbook of Agriculture. USDA. Washington, D.C. 1954. 365-369 pp.
3. GASTON, H.P. y LEVIN, J.H. Grading apples in the orchard. Michigan Agr. Exp. Sta. Quarterly Bulletin 33(4):310-319. May. 1951.

4. ———. How to reduce apple bruising? Michigan Agr. Exp. Sta. Special Bulletin 374. September. 1951. 30 pp.
5. ———. On the farm refrigerated fruit storage. Michigan Agr. Exp. Sta. Special Bulletin 389. January. 1954. 28 pp.
6. ———. Transporting red cherries in water from orchard to processing plant. Michigan Agr. Exp. Sta. Quarterly Bulletin 37(3):437-443. February. 1955.
7. ———. Equipment and layout for fruit packing houses. Michigan Agr. Exp. Sta. Special Bulletin 417. July. 1957. 28 pp.
8. HALL, CARL W. Drying Farm Crops. Ann Arbor Michigan. Edwards Brothers Inc. 1957. 336 pp.
9. ———, LEVIN, J. H. Agricultural product preparation. Agricultural Engineering 37:610-612, 619. 1956.
10. HERRICK, JOSEPH F., McBIRNEY, STANLEY W., CARLSEN, EARL W. Handling and storing apples in pallet boxes. USDA AMS 236. Washington, D.C. 1958. 42 pp.
11. KINCH, D.M. A continuous process centrifuge. Trans ASAE, 2:52-54. 1959.
12. LEVIN J.H. y GASTON, H.P. Fruit and vegetable processing kitchens. Michigan Agr. Exp. Sta. Special Bulletin 364. June. 1950. 40 pp.
13. ———. A hand-operated mechanical aid for dumping fruit. Michigan Agr. Exp. Sta. Quarterly Bulletin 33(2):193-198. February. 1951.
14. ———. Equipment used by deciduous fruit growers in handling bulk boxes. USDA, ARS 42-20. August. 1958. 12 pp.
15. ———. Grower handling of red cherries. USDA Circular 981. May. 1956. 20 pp.
16. ———. Fruit handling with fork lift trucks. Michigan Agr. Exp. Sta. Special Bulletin 379. March. 1953. 26 pp.
17. ———, HALL, C. W., y DESHMUKH, A. P. Physical treatment and cracking of sweet cherries. Michigan Agr. Exp. Sta. Quarterly Bulletin 42(1):131-141.
18. MOTTS, G.N. Apple graders manual. Michigan Agr. Ext. Service F-199.
19. MILLER, C.D., BAZORE, K., ROBBINS, R.C. Some fruits of Hawaii. University of Hawaii. Bulletin 77.
20. MOWRY, TOY, y WOLFE. Miscellaneous tropical and sub-tropical fruits. University of Florida. Ext. Service. Bulletin 109. 1941.
21. PARKER, B.F., y WIAN, D.E. Efficiency of visual-manual cherry sorting. Agricultural Engineering 36(2):100-105. 1955.
22. PFLUG, I.J., BRANDT, M.W., y ISLIEB, D.R. Specific gravity potato separation. Michigan Agr. Exp. Sta. Quarterly Bulletin 38:29-34. 1955.
23. SMOCK, R.M. y NEUBERT, A.M. Apples and Apple Products. New York. Interscience Publishers, Inc. 1950. 488 pp.
24. STABEL, A.L. Composition of miscellaneous tropical and subtropical fruits. University of Florida. Ext. Service. Bulletin 283. 1935.
25. STEWART, JAMES A., y CLARK, BERTON S. The Canned Food Reference Manual. New York 17, N.Y. American Can Co. 1949. 638 pp.
26. TALBURT, WILLIAM F. y SMITH, O. Potato Processing. Westport, Conn. AV. Publishing Co., Connecticut. 1959. 476 pp.
27. THOMPSON, H.C. Vegetable Crops. New York. McGraw-Hill Book Co. 1939. 578 pp.
28. THURSBY, I.S. Canned fruits and vegetables. University of Florida. Ext. Service. Bulletin 121.
29. USDA. Crops in Peace and War. The Yearbook of Agriculture. Washington, D.C. 1950-51. 942 pp.
30. ———. Marketing. Yearbook of Agriculture. Washington, D.C. 1954. 506 pp.
31. ———. Agricultural Statistics. Washington, D.C. 1957.

Capítulo V

PROCESAMIENTO DE HUEVOS, AVES Y CARNE

Procesamiento de huevos

El método de procesamiento de los huevos varía mucho según las circunstancias de producción y mercado; así, por ejemplo, cuando un granjero consume huevos de su propia granja, se practica muy poco o ningún procesamiento; por otra parte, gran cantidad de huevos se venden sin procesar, directamente de la granja al consumidor. El movimiento de los huevos a través de la comercialización y la cantidad de procesamiento que necesitan varía notablemente de una región geográfica a otra. Los huevos para la exportación requieren un procesamiento considerable, lo mismo cuando se necesita un cambio en la forma física, tal como sucede en la separación del albumen y la yema, en el secamiento o en la congelación de los productos provenientes de los huevos.

Cuando se transportan huevos en su cáscara, es necesario tener en cuenta las siguientes características importantes:

1. la fragilidad de la cáscara no resiste grandes esfuerzos mecánicos, por lo que los huevos no deben transportarse toscamente;
2. los huevos no tienen una forma y tamaño uniforme y su forma de elipsoide presenta problemas para su manipuleo mecánico en un sistema continuo;
3. el aire, la humedad y la temperatura afectan la calidad de la yema y el albumen y las reacciones químicas y bacteriológicas;
4. la calidad interior así como la apariencia exterior tienen efecto sobre el precio en el mercado.

El mantenimiento de la calidad de los huevos comienza tan pronto como los ponen las aves. Se recogen por lo menos dos veces al día y se enfrían rápidamente después de la recolección. El transporte mecánico de los nidos al cuarto de huevos, ayuda a hacer una recolección rápida. Los huevos deben colocarse luego en un refrigerador que se mantiene a temperaturas entre 10 y 16°C y a una humedad relativa alta, por lo menos del 75 por ciento. Para un enfriamiento rápido se debe proporcionar a los huevos circulación de aire alrededor de cada uno; mantienen una mejor calidad y se les enfría más rápidamente, si se les coloca en una canasta de alambre abierta, de tal modo que el aire frío pueda circular fácilmente alrededor de ellos. Los

huevos que están en el centro de la canasta requieren varias horas para enfriarse de la temperatura del cuerpo a la temperatura de almacenamiento (Tabla Nº 5.1).

Para mantener el cuarto frío (a 6°C sobre la temperatura del agua) y con una humedad relativa alta (70 a 75 por ciento), se puede utilizar un enfriador evaporativo con una malla de cañamazo y un depósito en la parte superior que le proporcione el agua. Para circular el aire a través de la malla a una velocidad entre 40 y 50 m/s es conveniente un pequeño ventilador. También es necesario que se lave periódicamente la malla para quitar el polvo y eliminar los mohos que puedan acumularse. Un enfriador evaporativo requiere 1,27 Kwh de electricidad por caja de huevos.

Cuando se mojan los huevos, los mohos entran a través de la cáscara y pueden dañarlos. Para evitar la condensación en la superficie de los huevos, éstos no deben enfriarse por debajo del punto de rocío. Para la incubación se enfrían a temperatura entre 4.5 y 18°C y se recomienda 13°C, para prevenir el desarrollo del embrión.

La clasificación de los huevos comprende la selección, en lo que se refiere a calidad y condición del producto, incluyendo limpieza de la superficie e iluminación o prueba de los huevos a trasluz, para apreciar la calidad interna y determinación del tamaño.

La limpieza de los huevos consiste en la eliminación de la suciedad por acción abrasiva, usando un papel de lija suave o por lavado y secado. Si se emplea para el lavado agua a una temperatura entre 70 y 78°C, por cerca de 20 segundos, se obtiene una limpieza rápida y un aumento en la temperatura del huevo no mayor de 1°C, lo cual ayuda en la operación

Tabla 5.1. Índice de prueba a trasluz y tiempo necesario para enfriar los huevos en diferentes recipientes (Hall y Dawson, 1954)

Recipiente	Tiempo para enfriar los huevos de 26 a 18°C, horas	Índice de prueba de trasluz *		Después de 14 días**
		3 días	7 días	
Huevos sobre malla de alambre	1/3	1.4		
Canasta redonda de alambre	3	1.5	1.6	1.9
Balde de fierro galvanizado, 11.4 litros	6.4	1.5	1.4	1.9
Caja de alambre ventilada	15.1	1.4	1.6	2.0
Caja de madera	21.0	1.5	1.5	1.9
Caja rectangular de alambre	22.2	1.3	1.5	2.0
Caja de cartón preenfriada	26.7	1.7	1.5	1.9
Caja de cartón	31.6	2.0	1.9	3.0

* Grados AA=1, A=2, B=3, C=4 huevos recién puestos = 1.4.
 ** De Dawson y Hall (1954).

de secado. A veces se usan temperaturas más bajas por un tiempo mayor y se añaden combinaciones de detergentes y germicidas para mejorar las características de conservación. La pasteurización de huevos con cáscara puede hacerse agitándolos en un baño de agua a 62°C por más de dos minutos. Después del lavado los huevos se secan con aire calentado o con aire natural.

En seguida de la limpieza y el secado se les puede proporcionar una capa de aceite o de plástico para cerrar los poros de la cáscara, de tal modo, que el aire, el vapor de agua y las bacterias no puedan penetrar y contaminar el interior. El sellado de los huevos ayuda a mantener un porcentaje de anhídrido carbónico equivalente al de un huevo fresco, esto es, cerca del 10 por ciento. El movimiento de agua del albumen a la yema se inhibe manteniendo el nivel adecuado de anhídrido carbónico.

La calidad de los huevos varía de la clase AA (la más alta), A, B hasta C (la calidad comestible más baja). Los diferentes tamaños son gigante, extragrande, grande, mediano, pequeño y muy pequeño. Los huevos se diferencian así por una combinación de peso y calidad, es decir AA grande, AA pequeño, etc. El tamaño está basado en el peso de una docena de huevos; por ejemplo 24 onzas, significa que ese peso deben tener 12 huevos juntos.

Durante la limpieza se puede usar energía ultrasónica para agitar mecánicamente el agua que rodea a los huevos. Parece que una frecuencia de 20,000 a 40,000 ciclos por segundo es la más efectiva para la limpieza. La limitación más grande, cuando se usa energía ultrasónica, está en el movimiento de microorganismos hacia el interior del huevo, a través de la cáscara y de la membrana. El agua sola no es completamente satisfactoria para la limpieza con esta forma de energía; por otra parte, si se lava con aceite, se obtienen resultados menos satisfactorios que con agua. Los detergentes a base de tripolifosfato de sodio o los compuestos para lavado de huevos, resultan más efectivos. El tiempo que se requiere para la limpieza depende de la potencia de la unidad ultrasónica, y aún queda por ver, si puede desarrollarse un método económico de limpieza, sin forzar las bacterias a través de la cáscara.

En la Figura 5.1 y Tabla 5.2 se describe un centro de clasificación de huevos. Los huevos se entregan diariamente a la planta de procesamiento en camiones refrigerados, de donde se sacan a través de una canaleta de metal. Las cajas de los huevos se transportan por gravedad a lo largo de la canaleta hasta un juego de balanzas donde se pesan, se registran los pesos y se marcan en las cajas las fechas de entrada.

Los huevos se llevan en carretillas de las balanzas al almacén refrigerado, donde se mantienen hasta que sea necesario; este período de almacenamiento por lo general es menor a un día.

Los huevos se sacan del almacén refrigerado en carretillas y se llevan a la lavadora y a la secadora. Para el lavado se usa, por lo común, una máquina con agitación por aire, y también se emplea detergente suave.

Los huevos lavados se acarrean en una banda a la máquina de pesado. Los huevos ruedan por una pendiente de la máquina que los clasifica por tamaño, a los inspectores. Las personas encargadas de la inspección clasifican los huevos en los grados A, B y C y "con pequeñas rajaduras". Estos grados han sido asignados en base al espesor del albumen, redondez o forma plana de la yema, condición de la cáscara y estabilidad de la cámara de aire.

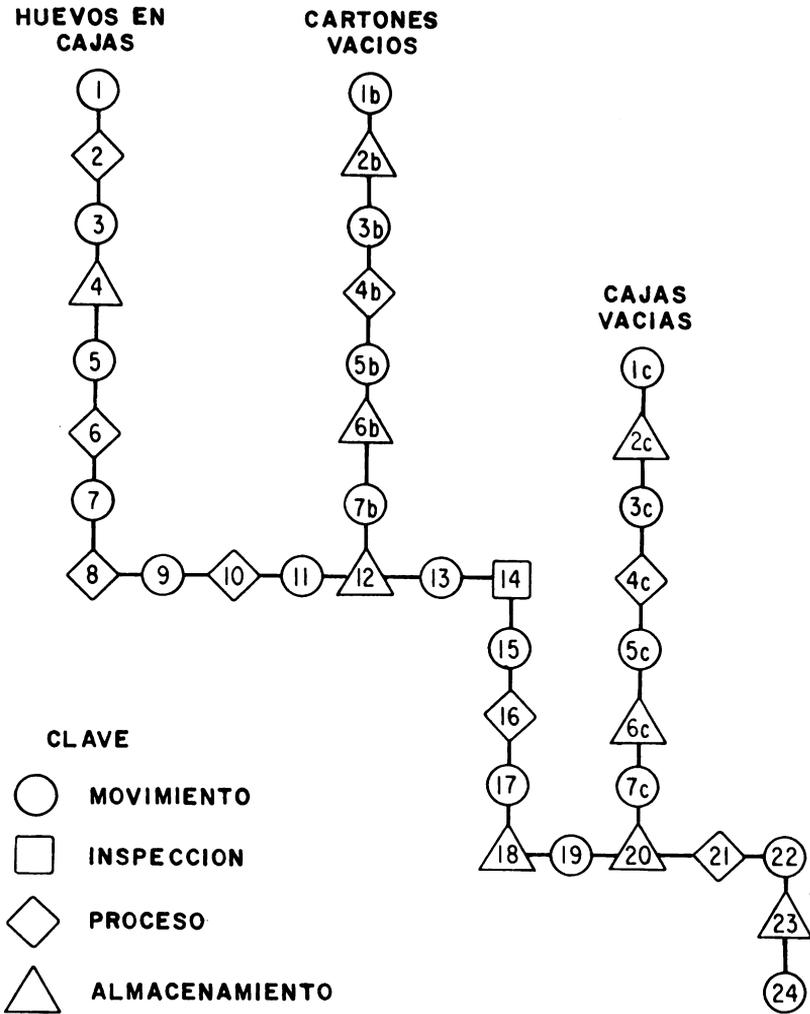


Fig. 5.1. Hoja de flujo para un centro de clasificación de huevos (Ver Tabla 5.2. para la descripción).

Los huevos se colocan en cartones y se llevan a un inspector, quien los envía al correspondiente llenador de cajas. Se cierran las cajas y a veces se marca la fecha en el sello antes del cierre. La inspección de los huevos consiste en colocarlos delante de una luz que los ilumina a través de la cáscara. Con este examen se determinan la posición y el tamaño de la yema y el de las cámaras de aire y la presencia de material extraño, tal como células de la sangre y otros (Fig. 5.3). Un obrero puede examinar de 30 a 40 cajas de huevos en una jornada de 8 horas. Una caja contiene 24

Tabla 5.2. Carta de flujo para una planta de clasificación de huevos (explicación de la clave)

1. Los huevos en las cajas se llevan de los camiones de recepción a las balanzas, a través de las canaletas.
2. Los huevos se pesan en las cajas.
3. Los huevos en las cajas se llevan al almacén mediante carretillas.
4. Almacén refrigerado de los huevos recién llegados.
5. Los huevos se llevan a la lavadora y a la secadora.
6. Los huevos se sacan de la caja, se lavan y se secan.
7. Los huevos se colocan en la faja transportadora y se llevan a las máquinas de clasificación por tamaño.
 - 1b. Los cartones para los huevos se llevan desarmados a la planta.
 - 2b. Los cartones desarmados se almacenan hasta que se necesiten.
 - 3b. Los cartones desarmados se llevan del almacén al taller de armado.
 - 4b. Los cartones se arman a máquina.
 - 5b. Los cartones armados se colocan en conductos que pasan sobre los inspectores. Los cartones bajan las canaletas por gravedad.
 - 6b. Los cartones armados se almacenan en alto hasta que el inspector los necesite.
 - 7b. El inspector pone los cartones frente a él y coloca en ellos los huevos examinados.
- 1c. Las cajas desarmadas se traen a la planta.
- 2c. Las cajas desarmadas se almacenan hasta que se necesiten.
- 3c. Las cajas desarmadas se llevan del almacén al área de ensamblaje.
- 4c. Armado de cajas.
- 5c. Las cajas armadas se colocan cerca de la mesa rotatoria de empaquetado.
- 6c. Las cajas armadas se almacenan hasta que los cartones con huevos estén listos para empacarse en éstas.
- 7c. Las cajas se llevan a la mesa giratoria de empaquetado.
8. Los huevos se separan por peso y en grupos de tamaños específicos.
9. Los huevos ruedan por una pendiente hacia el inspector.
10. Iluminación: Una operación manual visual para determinar el espesor del albumen, la presencia de manchas en el albumen o yema, si la yema es redonda o plana, la condición de la cáscara y la estabilidad de la celda de aire.
11. Los huevos se colocan a mano en los cartones.
12. Los cartones se llenan con huevos y luego se llevan al transportador.
13. Los huevos se colocan manualmente en el transportador. Los cartones pasan al inspector.
14. Una inspección para asegurar que los cartones clasificados por grados vayan al correcto empacador de cajas.
15. Los cartones se llevan del inspector al sellador.
16. Los cartones se cierran y se sellan con fecha puesta en ellos.
17. Los cartones se llevan de la selladora a la mesa rotatoria.
18. Los cartones se almacenan en la mesa rotatoria.
19. Los cartones se colocan manualmente en las cajas.

20. Los cartones se quedan en las cajas hasta que la caja esté llena.
21. Las cajas se sellan con grampas.
22. Las cajas se llevan en carretillas al almacén refrigerado.
23. Las cajas esperan en el almacén refrigerado hasta que sean despachadas.
24. Las cajas se transportan del almacén refrigerado al camión.

docenas de huevos, pero algunas veces se usan medias cajas. En la actualidad existen máquinas o equipo para pesar automáticamente los huevos en forma rápida y sin dañarlos. También se están desarrollando métodos electrónicos de clasificación, con el fin de evaluar las propiedades que ahora se estiman a través de iluminación manual.

Durante algunas épocas del año, la producción de huevos excede el consumo. El excedente debe almacenarse con refrigeración de -18°C o menos, donde puede conservarse por varios meses. Los huevos pueden sacarse de sus cáscaras y almacenarse en recipientes de metal o vidrio, mezclando la clara y la yema. Otro método de almacenamiento consiste en separar las yemas de las claras y almacenarlas así bajo refrigeración. Para el almacenamiento de huevos desecados se requiere un espacio menor, alrededor de $1/6$ del que se necesita en el caso que los huevos estén en su cáscara. Para el secado de huevos se utiliza un secador por aspersión o atomización y el procedimiento consiste en calentar los huevos enteros a 60°C y forzarlos a una presión de 135 a 400 atm y secarlos con aire a temperaturas entre 90° y 150°C , hasta lograr un contenido de humedad de 4 a 5 por ciento.

PERSONAL

- 1-8 ENCARGADOS DE LA ILUMINACION
- 9-10 CARGADORES
- 11 MANIPULADOR DE CAJAS
- 12 LLENADOR DE CARTONES
- 13 INSPECTOR
- 14 PROVEEDOR DE CARTONES

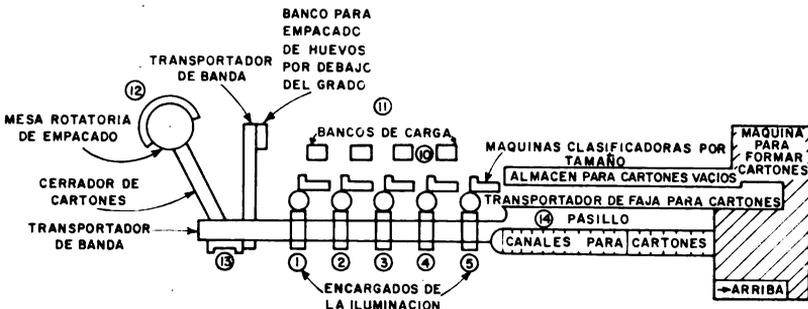


Fig. 5.2. Vista de planta de un centro de procesamiento de huevos.

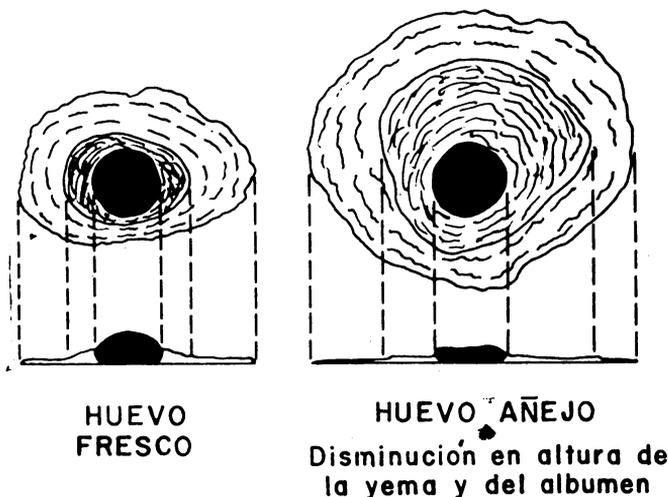


Fig. 5.3. Comparación entre el cuerpo de un huevo fresco y el de uno añejo.

Procesamiento de aves

La producción comercial de aves para carne aumentó diez veces desde 1940 a 1956. La producción se duplicó desde 1948 a 1953 y nuevamente, desde 1953 a 1956.

Los pollos para el mercado se clasifican en base a su peso vivo como pollos para la brasa, hasta 1,2 Kg, para la sartén de 1 a 1,8 Kg y para el horno, más de 1,8 Kg.

Una pequeña planta rural para procesamiento de aves, con una capacidad de alrededor de 200 aves por semana, puede construirse con una estructura de 4,8 x 6,0 m (Figs. 5.4 y 5.5). El equipo necesario para esta planta incluye: 1) un lugar para beneficio y desangrado con 6 embudos del tipo de pared; 2) un esaldador eléctrico con un elemento calentador de por lo menos 2,500 vatios y control para temperatura y nivel de agua; 3) una desplumadora accionada por motor, con un mínimo de 43 cm para pollos y 50 cm para pavos; 4) un calentador de agua; 5) una descañonadora; 6) una antorcha; 7) un tanque de hierro galvanizado para enfriamiento, de por lo menos de 60 cm de ancho y 75 cm de largo, del tipo utilizado para dar de beber al ganado; 8) canastas de alambre para enfriamiento; 9) una mesa de metal con una fuente de agua y desagüe a una poza séptica; sería preferible una mesa de acero inoxidable, pero podría usarse una cubierta con metal; 10) una mesa de 75 cm por 1,80 m para envolver y empaquetar; 11) una balanza de colgar, con canasta para el pesado; 12) refrigeración; 13) armario para el almacenamiento de suministros; 14) una jaula gallinero para llevar las aves al cuarto de matanza.

Debe proporcionarse las facilidades adecuadas para el desagüe, que lleva a la poza séptica todos los desperdicios, excepto las vísceras y las plumas; también debe existir un suministro amplio de agua para el calentador, esaldador, tanques de enfriamiento y mesa de secado.

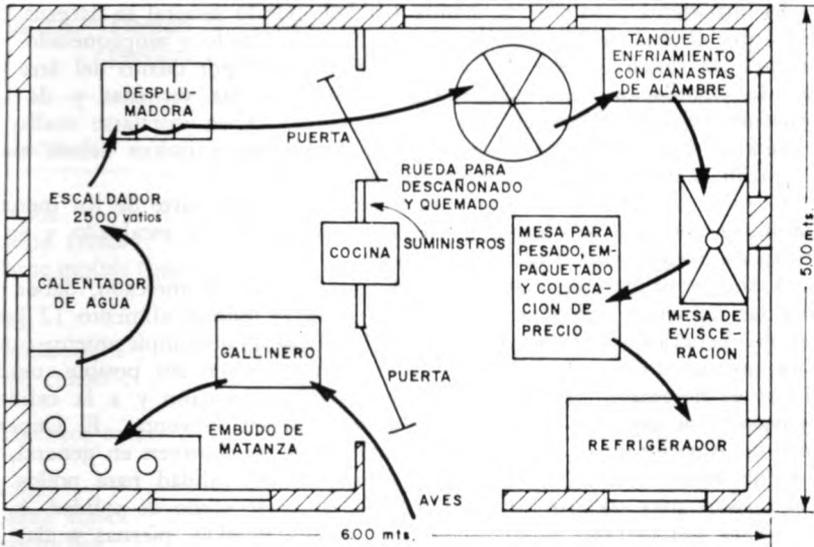
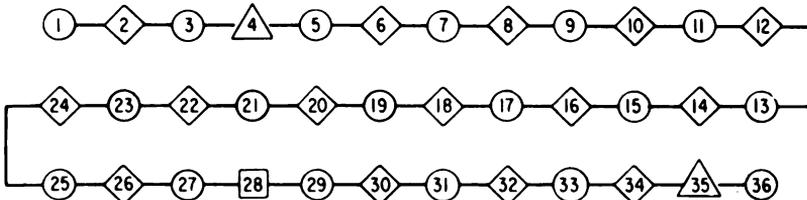


Fig. 5.4. Planta rural para procesamiento de aves - 200 aves por semana.



CLAVE

○ MOVIMIENTO □ INSPECCION ◇ PROCESO ▲ ALMACENAMIENTO

- | | |
|------------------------------|--|
| 1. Llegada a la planta | 20. Bastidor para enfriamiento |
| 2. Recepción y clasificación | 21. Transporte |
| 3. Transporte | 22. Gabinetes de enfriamiento |
| 4. Engorde y espera | 23. Transporte |
| 5. Transporte | 24. Máquina para quemar o chamuscar |
| 6. Beneficio y desangrado | 25. Transporte |
| 7. Transporte | 26. Mesa de evisceración |
| 8. Máquina escaldadora | 27. Transporte |
| 9. Transporte | 28. Inspección y lavado |
| 10. Máquina desplumadora | 29. Transporte |
| 11. Transporte | 30. Mesa de menudencias |
| 12. Secado | 31. Transporte |
| 13. Transporte | 32. Mesa de corte, envoltura y empaquetado |
| 14. Inmersión en cera | 33. Transporte |
| 15. Transporte | 34. Congelación |
| 16. Cámara de rociada | 35. Almacén refrigerado |
| 17. Transporte | 36. Salida de la planta |
| 18. Transportador de la cera | |
| 19. Transporte | |

Fig. 5.5. Carta de flujo para desplumado y evisceración de aves.

Es importante mantener la debida sanidad; por lo general se necesita una pared entre el área de beneficio y el área de desplumado y empaquetado. El área para las ventanas debe ser igual o mayor al 25 por ciento del área del piso. La ventilación debe asegurarse a través de las ventanas y de una ventilación forzada. Durante la época de moscas deben instalarse mallas en las ventanas y puertas. Los insecticidas y fungicidas químicos deben usarse con mucho cuidado, para no contaminar el producto.

El valor de las aves desplumadas depende en gran parte de los métodos y habilidad con que se ejecuta la matanza, desangrado y escaldado y en la eliminación completa y neta de las plumas.

A fin de proporcionar aves bien preparadas para el mercado, deben seguirse las siguientes prácticas: 1) quitar a las aves todo el alimento 12 horas antes del beneficio, y darles sólo agua. 2) Desangrar completamente usando un instrumento agudo. 3) Enfriar tan pronto como sea posible, usando hielo si es necesario. 4) Clasificar en relación al tamaño y a la calidad. El envasado de las aves las hace más atractivas para la venta. El Departamento de Agricultura de los Estados Unidos exige se observen en general, las siguientes especificaciones para lograr las normas de calidad para pollos pelados y listos para cocinar. Estas pueden clasificarse como de calidad A, B, o C. Para una calidad A, los huesos del pecho, espalda, piernas y alas deberán ser normales; las aves deben ser bien carnosas, con el hueso del pecho no prominente y deben estar bien cubiertas con grasa; en el caso de aves desplumadas, éstas deben estar prácticamente libres de los cañones de las plumas. Asimismo, deben estar libres de cortes y rasgaduras, con no más de 1,3 cm en magulladuras en la carne, 2 cm en magulladuras de la piel y no más de 3,8 cm para decoloraciones. Pueden permitirse unas pocas marcas como las de quemado por congelación, hasta de 0,3 cm. El manipuleo de las aves antes, durante y después del procesamiento, deberá ser tal que se les mantenga en la calidad A.

La alimentación antes del beneficio. Debido a los problemas que se crean en la adquisición y transporte de las aves y de los aspectos físicos de la operación misma es necesario disponer, antes del beneficio, de una buena cantidad de animales para asegurar así un suministro a la línea en todo momento. Los pollos que comen normalmente tienen humedad suficiente para durar de 4 a 5 horas antes que comience la deshidratación. Si se les beneficia durante este período existe poca o ninguna pérdida de rendimiento debido al tiempo que hayan estado sin agua y sin alimento.

Si los pollos han estado sin agua y sin alimento por más de 4 a 5 horas (ei tiempo varía con la temperatura) y luego se les dá de comer, pasan alrededor de 15 horas antes que comience el reemplazo de humedad en los tejidos. En lo que respecta al rendimiento eviscerado, por cada hora que un pollo está sin alimento, después que comienza el período de deshidratación, se requieren 15 horas de alimentación más 2 horas por cada hora del período de deshidratación, para que pueda recobrase.

Las aves que están en alimentación nunca deberán quedarse sin agua. El alimento debe retirarse de las aves de 2 a 2½ horas antes del beneficio.

Colgado. Debe tenerse mucho cuidado en el transporte de las aves del gallinero a los colgadores, pues si se les tira violentamente de las jaulas o

Tabla 5.3. Tiempo de procesamiento para carne y pollos a 120°C 1 atm de presión, minutos (Basado en Farmer's Bulletin 1762, USDA)

Producto	Lata Nº 2	Lata Nº 2½	Lata Nº 3	Frasco de ½ litro	Frasco de 1 litro
Vacunos					
carne fresca	85	110	120	85	120
carne molida (hambur.)	90	115	120	90	120
Pollos					
deshuesados	85	110	120	85	120
con hueso	55	65	70	65	75
Cordero, ovino	85	110	120	85	120
Cerdos					
carne fresca	85	110	120	85	120
salchichas	90	115	120	90	120

NOTA: Añadir 0.07 atm de presión por cada 600 m de altitud, sobre los 600 m.

se les arrastra sobre los bordes pueden producirse magulladuras serias que resultan en una disminución de la calidad. Los pollos deben colocarse con la cabeza directamente hacia abajo, unos 2 minutos antes de llegar al punto de beneficio.

Beneficio y desangrado. Existen varios métodos de beneficiar y desangrar aves. Uno de ellos consiste en cortar la vena yugular dentro de la garganta; otro, cortar la vena desde el exterior de la garganta dando un tajo detrás de la mandíbula, como en el beneficio "Kosher" o insertando un cuchillo por un lado del cuello y haciendo un agujero pequeño en cada lado. Posiblemente el método "Kosher" es el más utilizado en el beneficio de pollos. Una operación que se efectúa en el beneficio de aves, especialmente cuando se trata de pavos o cuando se desea un desplumado en seco, es un proceso de destrucción del cerebro, el cual consiste en deshacer la médula oblongata que es la porción que conecta el cerebro con la médula espinal. Esta porción está localizada en la parte posterior del cráneo. Con la exterminación de esta parte del cerebro se destruyen las conexiones de los nervios a los músculos que sostienen las plumas, lo cual permite que éstas se suelten inmediatamente.

Es muy importante no cortar la tráquea o la médula espinal pues el ave muere inmediatamente y se desangra en forma deficiente. Cuando se daña la médula espinal existe una tendencia a que las plumas se fijen, lo que hace el desplumado difícil y costoso.

Las evidencias de un desangrado deficiente son las siguientes:

1. Signo externo de sangre en las venas y capilares.
2. Decoloración de los huesos y la piel debido al desangrado deficiente,

lo cual se manifestará después de que las aves hayan estado en un congelador por un período considerable.

3. Poco tiempo de conservación.
4. Sabores indeseables.
5. Manchas de sangre en los folículos y sobre las caderas y muslos.

Escaldado. Después de que las aves se desangran completamente quedan listas para desplumarse. A fin de que el desplumado se haga correctamente, es necesario expandir o relajar los músculos alrededor de la base de las plumas, de modo que éstas puedan removerse completamente con facilidad y sin causar daño a la piel. El objeto del escaldado es soltar las plumas. La temperatura del escaldado depende de la edad y tamaño de las aves, de la permanencia en el agua de escaldado y del tipo de proceso que se usa. Por lo general, a mayor duración del escaldado y menor temperatura del agua (dentro de ciertos límites), los animales se despluman más fácilmente y el producto acabado tiene mejor apariencia.

Semiescaldado. El procedimiento de semiescaldado es el que se usa más comunmente en las operaciones comerciales de desplumado. Las aves se someten del agua del escaldado a temperaturas entre 52 y 54°C por una longitud de tiempo que permita una fácil y completa desplumadura de las aves sin sacar la capa de epidermis de la piel. Estas aves retienen su color original y lozanía. Como regla general, dichos animales son más atractivos a la vista y tienen mejor conservación que aquellos que se escaldan a mayores temperaturas. Esto es especialmente aplicable cuando los animales se despachan frescos y enteros.

Subescaldado. En este método la temperatura del agua se eleva hasta 58 y 60°C. La alta temperatura remueve toda la capa epidérmica de la piel. Los animales escaldados en esta forma tienen una apariencia lustrosa y son pegajosos al tacto, después de exponerse al aire por algunos minutos. Las aves adquieren un color oscuro después de una larga exposición. Este método se usa ampliamente en aves que se van a envolver herméticamente y a congelar para limitar la cantidad de aire en contacto con la piel.

Desplumado. Hay dos métodos comerciales para desplumar las aves: desplumadoras mecánicas con descañonadoras y desplumadoras mecánicas con inmersión en cera. Las primeras se usan después que las aves se han escaldado. Estas máquinas consisten de unos tambores rotatorios con dedos de caucho que sobresalen; los tambores rotan en sentido contrario y cuando las aves pasan a través de ellos los dedos de caucho extraen la mayor parte de las plumas. Por lo general se usan dos máquinas. Entre las dos primeras se ubican refinadores laterales que operan con el mismo principio de los desplumadores mecánicos. El objeto de los refinadores es eliminar los cañones de las alas y la rabadilla. Las aves se voltean por los extremos y se pasan a través de la segunda máquina con las patas hacia abajo. Este procedimiento permite sacar muchas de las plumas del cuello y de los muslos que son más difíciles de extraer. Después de las desplumadoras mecánicas, se estacionan operadores manuales para extraer, con cuchillos de hoja corta y sin filo, las plumas remanentes.

En el método de la desplumadora mecánica e inmersión en cera se usa por lo general una máquina del tipo descrito anteriormente, para separar la mayor parte de las plumas, en unión con un baño de cera. Por lo común se usan dos tanques separados con cera a diferentes temperaturas. La cera del primer tanque se mantiene a temperaturas tan altas como de 70°C y las aves se sumergen por menos de 3 segundos, sin efecto aparente en la piel. La cera es delgada y penetra íntegramente en las plumas restantes y alrededor de la base de los cañones, de tal manera que se forma una cubierta que se adhiere firmemente a la piel a la cual puede pegarse otra segunda capa. Los dos tanques para inmersión en cera están lo suficiente distantes para permitir que la primera capa se seque antes que se aplique la segunda. La cera en el segundo tanque está tan fría como sea posible, casi cerca del punto de solidificación, 53 a 59°C. La segunda capa de cera más fría proporciona una segunda capa gruesa, firme que puede sacarse del ave más fácil que una capa delgada. Después de la segunda inmersión en la cera, las aves pasan a una mesa donde se les arranca la cera que lleva la mayor parte de las plumas y cañones remanentes. Una vez que se saca la cera, los desplumadores extraen las plumas y cañones que hayan quedado.

Quemado. Después que el ave se despluma, quedan sin embargo algunas plumas pequeñas que se deben eliminar cuando se desea lograr un producto de alta calidad. La máquina que se usa para esta operación es de gas y lanza unos chorros de fuego, cuyas llamas envuelven las aves y queman las plumas restantes a medida que las aves pasan por la máquina.

Enfriamiento. Es esencial que la temperatura del cuerpo del animal desplumado se reduzca a 2°C o menos, tan pronto como sea posible después de la matanza. Si este enfriamiento se hiciera lentamente daría lugar al desarrollo de bacterias que causan la descomposición y dañan el sabor y apariencia del animal cuando éste llega al mercado.

Un método de enfriamiento consiste en poner las aves en un baño de agua y hielo o colgarlas para un enfriamiento violento en gabinetes equipados con rociadores de salmuera entre -4 y -1°C. Otro método consiste en usar la congelación directa. En este método las aves se envasan en cajas en el cuarto de desplumado y se congelan rápidamente en un congelador con aire que circula a -28°C o menos. Cualquiera que sea el método de enfriamiento, deberá reducir la temperatura de la parte del ave que se enfría más lentamente (regiones torácicas y abdominal) a 1°C en 3 ó 4 horas. Para un enfriamiento rápido con aire las aves deben colgarse separadamente de modo que el aire pueda circular con facilidad alrededor de ellas. En el evaporador debe utilizarse un ventilador a fin de obtener un enfriamiento más rápido.

Evisceración e inspección. Cuando las aves tienen la temperatura requerida, se encuentran listas para la extracción de las vísceras. Los animales se sacan de la operación de enfriamiento y se cuelgan en los colgadores de un transportador. Se hace la incisión inicial y se extraen las vísceras, las cuales pueden sacarse completamente del ave y colocarse en una bandeja que va con el animal a la inspección o también pueden dejarse un poco fuera del cuerpo hasta que pase al inspector. Tan pronto como pasan los ani-

males por la inspección, el inspector ve si están enfermos y si la carne está apta para el consumo humano. Si no fuera así, inmediatamente se retira el animal de la línea y se le destruye. El procedimiento de evisceración continúa con los animales restantes.

La menudencia (corazón, buche y molleja) se separa del resto de las vísceras y pasa a través de un proceso diferente que consiste de limpieza, lavado, empaçado y congelación. Después que se completa el proceso de evisceración, los animales se lavan, se empaquetan y se retiran del transportador en el caso de que se vayan a despachar, o si no, continúan en la línea hasta la sección de corte.

Empacado. Existen muchas formas de empaçar los pollos. Las aves congeladas deben envolverse cuidadosamente para impedir el quemado por congelación, que es un blanqueamiento de la piel causado por la deshidratación. Hay muchos materiales adecuados para envolturas, tales como papel de aluminio, celofán, "plyofilm" o "cry-o-vac". Con el "cry-o-vac", el animal se coloca en una bolsa de plástico y se extrae el aire con una bomba de vacío. El ave embolsada se sumerge luego en agua caliente, la cual ecoge y pega íntimamente la bolsa al cuerpo del animal y elimina todo el aire que haya podido quedar, con lo que se reduce casi completamente la posibilidad de rancidez. Con este método pueden envasarse animales enteros, cortados en en piezas o, piezas individuales.

Los mercados que comercializan aves congeladas son específicos en sus exigencias sobre la forma de empaquetamiento y de los materiales de la envoltura. Se acostumbra solicitar paquetes de 6, 12 ó 24 cabezas, o si no, como es frecuente con pavos, paquetes individuales. Las envolturas pueden solicitarlas en papel pergamino o en envolturas sueltas a prueba de humedad; envueltos al vacío y sellados, colocados de frente o de costado; cajas de fibra o de madera.

Almacenamiento. Para la preservación de las aves en forma natural, se está empleando más y más la congelación de las aves desplumadas. Antiguamente la refrigeración artificial se empleaba sólo para enfriar las aves a una temperatura interior entre -1 y 2°C. Las aves se empaquetaban y se despachaban bajo refrigeración y llegaban a los mercados o almacenes refrigerados en una condición suave. Diferentes experimentos probaron que una congelación rápida a bajas temperaturas en la planta de empaquetamiento, con despacho y entrega a los almacenes al por menor en condición congelada, es un método más satisfactorio para preservar la frescura y sabor originales.

Ya que el costo de la refrigeración aumenta considerablemente a medida que se baja la temperatura, es natural que las plantas deseen operar a la temperatura más alta que permita almacenar bien el producto. Antes se pensaba que mientras un animal permaneciera en la congelación, podía conservarse sin deterioro; de aquí que las aves se congelaban a -18°C y se transportaban a -9°C, sin prestar mayor atención a las fluctuaciones, siempre que éstas no fueran muy grandes. También se pensaba que temperaturas muy bajas secaban la carne y rompían la estructura de la célula y del músculo. Sin embargo, diferentes investigaciones han mostrado que si se congelan las aves tan rápido como sea posible y se mantienen a una temperatura baja y uniforme, se obtiene un producto de calidad superior. Debido al con-

tenido salino y a la estructura coloidal de las células del cuerpo, las bajas temperaturas deben lograrse antes que la carne del animal esté completamente congelada. De aquí que sean comunes temperaturas uniformes en el almacén, tan bajas como -28°C .

Existen muchas maneras de ofrecer las aves a la venta, aparte de hacerlo como animales vivos. Un método consiste en extraerles las plumas y la sangre. Otro, venderlas evisceradas o listas para comer. Al desplumar un ave se pierde el 13 por ciento del peso del cuerpo y para dejar un ave lista para cocinar se pierde de 28 a 33 por ciento del peso vivo. Para desplumar un ave se requiere un tiempo promedio de 7 minutos por animal y el costo de suministro, depreciación, intereses, reparaciones e impuestos es aproximadamente igual al costo de la mano de obra.

El equipo, procedimiento y normas para procesar conejos, patos, gansos, pavos y otras aves son los mismos descritos para procesar pollos. Existen muchos tipos de equipo para estas labores y los sistemas nuevos, de gran capacidad, son casi automáticos de principio a fin, con el acarreo de los animales en transportadores automáticos a través de las diferentes máquinas de procesamiento. Estos métodos rápidos de manipuleo proporcionan un producto acabado de alta calidad. Las aves pueden cortarse en tiras, prepararse precocinadas, congeladas, enlatadas y ahumadas.

Si se efectúa manualmente el desplumado de pollos se pueden llegar a hacer 200 aves por hora y, para desplumar y eviscerar, hasta 100 animales por hora.

Procesamiento de carne

Beneficio de cerdos. Los principios que se enuncian a continuación se consideran que pueden servir de guía en el planeamiento de un sistema para beneficio de cerdos: 1) Para consumo doméstico se considera preferible un cerdo que pese entre 80 y 115 Kg. 2) No debe darse alimento a los animales en las 24 horas antes del beneficio, pero sí se les debe dar agua. 3) Los cerdos deben punzarse para que mueran por desangrado en lugar de causarles la muerte por disparo o por golpes. 4) El escaldado se completa en 3 a 5 minutos usando agua a 63°C en una tina de escaldado. Frecuentemente es necesario comenzar con una temperatura de 77°C , particularmente en las zonas frías. 5) Los pelos y escamas se eliminan si se raspan y enjuagan los cerdos con agua caliente. 6) El animal se abre y se separa por la mitad. 7) Luego debe enfriarse a una temperatura de 1° a 2°C en unas pocas horas después del beneficio. 8) Deben extraerse y lavarse las partes internas del animal, algunas de las cuales se utilizan para extraer manteca, como envolturas en salchichas, etc. 9) El animal se corta en varias partes. Los mayores cortes son las patas, corvejones, jamón, carne de costado o lonjas de tocino, lomo, grasa de cobertura, brazuelo, paleta y papada.

El rendimiento en camal de un buen cerdo para grasa es de 75 a 80 por ciento. Los cortes más grandes de un cerdo tipo de grasa son jamones, lomo, tiras de tocino y brazuelos.

Preparación de basura para usarse como alimento para cerdos. El exantema vesicular (EV) es una enfermedad de los cerdos, similar a la fiebre aftosa, que la contagian los animales infectados antes que se beneficien, cuando se lanzan los residuos a la basura de donde se reinfectan otros

cerdos. El virus puede destruirse si se calienta la basura. Las pérdidas por esta enfermedad alcanzan a millones de dólares por año.

El organismo que causa la enfermedad del EV puede destruirse con un tratamiento de 63°C, que se mantenga por no menos de 30 minutos. Para destruir el organismo se recomienda que toda la basura, animales muertos o partes de ellos que se utilicen como alimento de los cerdos, se calienten por lo menos a 100°C y se mantengan a esa temperatura durante 30 minutos por lo menos. Muchos estados de los EE.UU. tienen ahora reglamentos que requieren que toda la basura sea tratada al calor antes de utilizarse para la alimentación. La basura que se muele es más fácil de calentar que la basura entera. Cargas pequeñas pueden tratarse en una paila o vatea chica. Más comunmente, la basura se trata en el camión en que se recoge. El camión puede equiparse con una serie de tuberías a través de las cuales circula vapor que sirve para el calentamiento.

Si se calcula un período de una hora para calentar la basura y se usa vapor a 0,7 Kg/cm² de presión, sería necesario un caldero que produzca 20 bhp (caballos de fuerza de caldero) para tratar cada tonelada de basura cuando ésta entra a 4°C. Un caballo de fuerza de caldero produce la cantidad de calor equivalente para evaporar 15,9 Kg de agua por hora o 8,452 Kcal por hora. Además del tiempo de calentamiento, se requieren 30 minutos adicionales para cocinar la basura. La cantidad de energía que se requiere para un cocinado de 30 minutos promedia 1,5 caballos de fuerza de caldero por tonelada de basura. Aproximadamente, el doble de la cantidad de calor mencionada se requiere cuando se desea calentar en 30 minutos en lugar de 60 minutos. Un fabricante recomienda una unidad de 30 bhp para calentar 2 toneladas de basura a 100°C en 30 minutos.

Beneficio de ganado vacuno en la granja. Los siguientes principios pueden servir de ayuda al considerar un sistema de beneficio de vacunos. 1) El ganado debe mantenerse sin alimentos las 24 horas antes del beneficio, pero debe tener acceso a agua. 2) Deben tomarse precauciones para que los animales no se exciten, a fin de que puedan desangrarse en forma adecuada. La carne de los animales que no desangran debidamente no se conservan bien. 3) El aturdimiento es preferible hacerlo con un martillo y no se recomienda el uso de pistola. 4) La punzada o puntillazo debe hacerse inmediatamente después del aturdimiento para tener un desangrado rápido. 5) El desollado comienza en la cabeza y se continúa con el corte de ésta. 6) Luego continúa el desollado de los lados y los posteriores del animal. El animal entonces se abre por la parte ventral, se cuelga de un gancho y se termina con el desollado. 7) Se extraen los órganos interiores. 8) Se enfría el animal colgándolo de un gancho, por 12 a 14 horas antes de cortarlo. Es aconsejable enfriarlo a 2 ó 3°C en un día. Después que esté frío se le puede cuartear y colgar en un sitio seco y limpio. Debe evitarse un ambiente con humedad elevada, pues causa la descomposición de la carne. Asimismo debe evitarse la acción del viento que ennegrece y seca la carne. La carne es más suave y apetitosa si se deja curar o añejar antes de cortarla. Los cortes principales son el bistec de paleta, costillares, pecho, brazuelo, lomo, falda, pierna incluyendo cadera y el sebo. El bistec de paleta y la pierna hacen la mayor parte del peso del animal beneficiado.

Cuidados de los cueros. Las siguientes precauciones y procedimientos se ofrecen para los cueros: 1) No se deben cortar o dañar los cueros. 2) Debe eliminarse la parte carnosa del interior. 3) Eliminar el estiércol, paja, suciedad, etc. de la parte exterior. 4) Poner sal en la parte interior del cuero en proporción de $\frac{1}{2}$ a 1 kilo de sal por kilo de cuero. 5) Enrollar el cuero y colocarlo en un sitio fresco y húmedo, libre de corriente de aire y de la luz solar. 6) Se requieren seis semanas para curar un cuero (Brown, 1945), (Whalin, 1919).

El cuero inicialmente tiene alrededor de 60 por ciento de agua y puede preservarse si se seca o curte, además del salado ya mencionado arriba. En las áreas tropicales, de poca humedad, generalmente se practica el secado con aire, que se lleva a cabo con el cuero en el suelo, suspendido en un bastidor o puesto en línea. En las zonas de humedad elevada se recomienda el método del salado, pues, tal vez no se elimine la humedad en varios días, en cuyo caso ocurriría la putrefacción y deterioro del cuero. En la operación de curtido, se extraen los pelos y se trata a los cueros con sal y ácidos. Se utiliza una solución de sulfito de sodio con cal apagada para pintar la piel con su pelo. Después de 24 horas se extraen la solución y el pelo o la lana. Luego se trabajan o paletean los cueros en una solución de sal y ácido sulfúrico. La solución se hace de 12 por ciento de sal y $\frac{1}{2}$ por ciento de ácido sulfúrico y el trabajo de los cueros debe continuar por unas 3 horas. El curtido se lleva a cabo normalmente en instalaciones semicomerciales bien equipadas. Los cueros deben protegerse de los gusanos, enfermedades, hongos y parásitos.

Extracción de manteca. La elaboración de manteca consiste en hervir primero las tiras de grasa en agua o leche de manteca y en calentar luego para eliminar la humedad. Durante el proceso de calentamiento debe agitarse la grasa para evitar que se quemé. Cuando el agua se evapora la temperatura se eleva a 120°C. Deben hacerse esfuerzos para que la temperatura no suba de este nivel. A esta temperatura los chicharrones se van a la superficie y se vuelven marrones lo que indica que la elaboración casi está completa. Mientras se formen burbujas en la superficie quiere decir que se está evaporando aún agua de la manteca. La manteca se cuela a través de una muselina gruesa, se enfría a 54°C y se envasa en recipientes o latas. Para preservar su calidad se almacena en recipientes herméticos fuera del alcance de la luz.

Congelación. Desde la Segunda Guerra Mundial se han procesado y congelado grandes cantidades de carne y aves. Existen muchos mataderos pequeños para beneficio comercial y procesamiento de carnes que operan juntamente con plantas de congelación de alimentos (Fig. 5.6). En los últimos años, en algunas zonas de los Estados Unidos mucha gente ha comprado equipo doméstico para congelación, de tal modo que se ha presentado una tendencia a no utilizar las plantas comerciales de congelación. Sin embargo, el beneficio se hace comúnmente en un centro comercial. Se trata por lo general de una planta en la cual el granjero tiene interés directo y que casi siempre se forma como una organización o cooperativa de granjeros.

En los centros de procesamiento del sur de los Estados Unidos se utiliza con frecuencia como área adicional un cuarto de ahumado. Las tem-

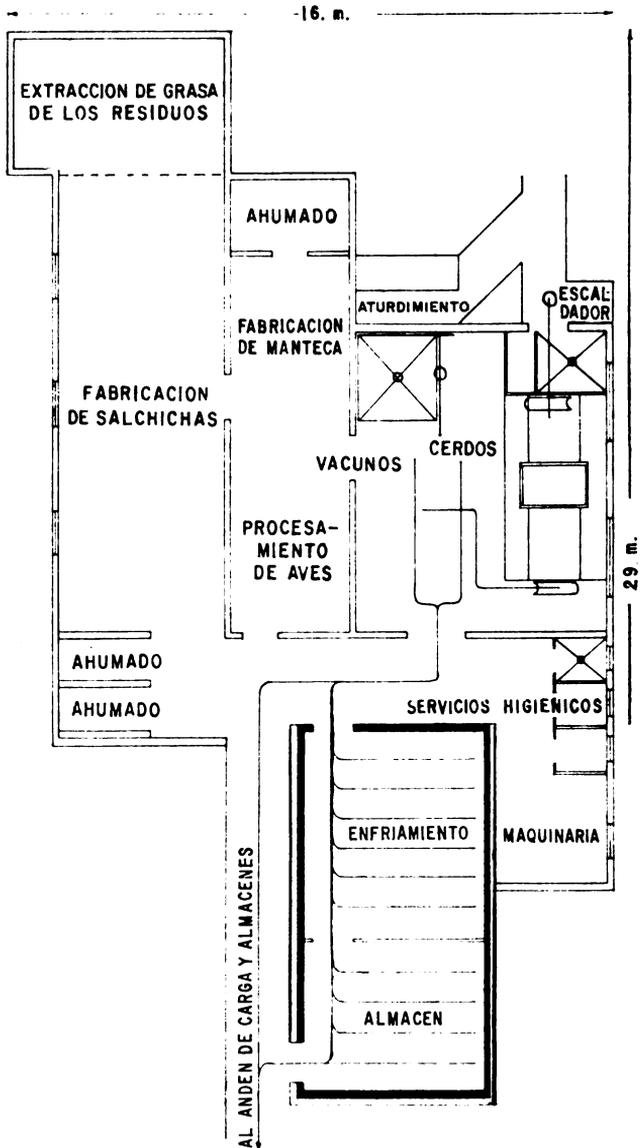


Fig. 5.6. Matadero para beneficio comercial y procesamiento de carne operado juntamente con una planta de congelación (White, et al., 1947).

peraturas interiores observadas en las plantas de congelación de alimentos en Georgia (White, 1947) para varios ambientes son: para enfriamiento $3,3^{\circ}\text{C}$; para añejado o maduración $4,0^{\circ}\text{C}$; para congelación rápida -22°C ; gabinete refrigerado 1°C ; área general de almacenamiento, 2°C y cuarto para el curado con sal $5,1^{\circ}\text{C}$.

Randell (1953) hace las siguientes recomendaciones para la fabricación de salchichas: la carne de cerdo debe mantenerse en cuartos entre 0,5 y 1,5°C; almacenamiento por largo tiempo en un congelador rápido a -24°C; y recortes y carne para embutidos se pueden conservar por períodos cortos entre -12 y -6°C. La carne en estado de curado debe mantenerse entre 2 y 3°C. El cuarto de procesamiento debe tener alrededor de 40 por ciento de humedad y el almacén y cuarto frío para envasado alrededor de un 85 por ciento, para evitar el encogimiento del producto.

PREGUNTAS

1. Describa el procedimiento para mantener la calidad de los huevos entre la producción y la planta de almacenamiento o procesamiento.
2. ¿Qué procedimiento interviene en la inspección de los huevos?
3. Describa los cambios en la yema y la albúmina a medida que los huevos envejecen.
4. Describa los pasos que comprende el procesamiento de carne de aves.
5. ¿Qué se entiende por quemado por congelación de la carne?
6. ¿Qué es la enfermedad V.E. y como se previene?
7. Prepare una información circular que describa el procedimiento de preparación de cueros y pieles.

REFERENCIAS

1. AMACKER, GEORGE A. y SCANLAN, JOHN J. Plans and operations of farm and small commercial poultry dressing plants. Misc. Report 147. Farm Credit Administration. USDA. December. 1950. 54 pp.
2. ATEN, A., INNES, R.F., KNEW, E. Flaying and curing of hides and skins as a rural industry. Rome. FAO Agr. Devel. Paper N° 49. 1955. 136 pp.
3. BLACK, W.H. y McCOMAS, E.W. Beef on the farm-slaughtering, cutting, curing. Washington, D.C. Farmers Bulletin 1415. USDA. 1950. 34 pp.
4. BROWN, GEORGE, A. The home meat supply. Michigan Extension Bulletin 151. December. 1945. 66 pp.
5. DAWSON, L.E. y HALL, C.W. Relationship between rate of cooling, holding container and egg albumen quality. Poultry Science 33(3):624-628. May. 1954.
6. HALL, C.W. y DAWSON, L.E. Observation on the cooling rate of eggs. Poultry Science 33(5):919-924. September. 1954.
7. LAWSON, L.E., HALL C.W., FARMER, E.H., y MALMAN, W.L. The use of ultrasonic energy for cleaning eggs. Poultry Science 41(2):620-626. March. 1962.
8. LONG, J. DEWEY y JOHNSON, CHARLES C. Jr. Equipment for heat treatment of garbage to be used as a garbage feed. USDA y USDHEW. Washington, D.C. 1952.
9. LORENZ, F.W. Application of mechanical refrigeration to ranch egg cooling. Agricultural Engineering 27(2):69. 1946.
10. MOORE, J.M. Preparing farm poultry for market. Mimeo. Department of Poultry. Michigan State University.
11. NORTH CENTRAL REGIONAL PUBLICATION. Quality losses in market eggs. N.C. Reg. Publication 41 (Bulletin 607, Missouri Agr. Exp. Sta.) September. 1953.
12. ———. Treating shell eggs to maintain quality. N.C. Reg. Publication 62. (Bulletin 659, Missouri Agr. Exp. Sta.) 1955.
13. RANDELL, C.G. Producing and merchandizing sausage in small plants. Farm Credit Administration. Circular C-150. USDA. April. 1953. 60 pp.

14. ROMANOFF, A.L., y ROMANOFF, A.J. *The Avian Egg*. New York. John Wiley & Sons. 1949. 376 pp.
15. STANLEY, LOUISE, STIENBARGER, M.C. Washington, D.C. *USDA Farmers Bulletin* 1762. 1942. 38 pp.
16. USDA. *Candling, sizing, packing, and materials handling equipment and methods used in egg assembling plants*. *USDA Marketing Research Report* 47. June. 1953.
17. ———. *Crops in Peace and War*. *Yearbook of Agriculture*. Washington, D.C. 1950-51.
18. WEAVER, J.W. JR., BRYANT, R.L., ROGERS, C. *A study of egg cooling methods*. *Agricultural Engineering* 23(7):223. 1942.
19. WHALIN, C.V., FREY, R.W., VEITCH, F.P., HICKMAN, R.W. *Country hides and skin*. *USDA Farmers Bulletin* 1055. 1919.
20. WHITE, H.D., HURST, W.M., y GARNER, W.E. *Frozen food locker plants in Georgia*. *University of Georgia and USDA*. 1947. 50 pp.

Capítulo VI

SECAMIENTO Y ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS

El planeamiento de las operaciones agrícolas es muy difícil cuando se le compara con el planeamiento de las operaciones industriales. El granjero trabaja con materias biológicas y está sujeto a la acción del clima. La cosecha de los cultivos ha sido hasta hace poco y lo es aún, en muchas partes del mundo, una operación penosa que demanda mucho tiempo. La mecanización ha reducido el tiempo y lo penoso de la operación; sin embargo, en muchos cultivos y en muchas partes del mundo, existe un "eslabón perdido" en la utilización efectiva y eficiente del equipo para cosecha mecánica. El planeamiento hecho de modo que las operaciones puedan llevarse a cabo en el momento señalado, significa que es frecuente que la cosecha se haga antes de lo normal, durante el tiempo húmedo o cuando el producto no está completamente seco. Por otra parte, los productos con alto contenido de humedad no pueden almacenarse sin pérdidas, por períodos largos, en almacenes del tipo convencional. El "eslabón perdido" entre la cosecha mecánica moderna y el almacenamiento de tipo convencional es el secamiento mecánico. Antiguamente, el secamiento se hacía por medios naturales en el campo, en parvas, en pequeñas pilas o en graneros abiertos. Los productos húmedos pueden almacenarse o preservarse en almacenes sellados, depósitos semiherméticos como los silos, por control del anhídrido carbónico u otro gas alrededor del producto y por refrigeración.

Pérdidas en agricultura. El 10 por ciento de la producción de cereales y menestras y el 28 por ciento de la producción de heno se pierden durante la cosecha, manipuleo y almacenamiento normales. Alrededor del 5 por ciento de la pérdida de granos ocurre al tiempo de la cosecha convencional debido a rotura del grano, acción del clima y daños por insectos. A medida que se demora el momento de la cosecha, las pérdidas son mayores. Cuando se seca el heno en el campo se tienen pérdidas de 15 a 20 por ciento de materia seca antes del almacenamiento. Estas pérdidas consisten de hojas caídas y blanqueado y lavado de los elementos químicos, cuando una o más lluvias caen sobre el producto. En el almacén ocurren pérdidas adicionales que llegan al 5 ó 10 por ciento de la materia seca alma-

cenada. El calentamiento y la combustión espontánea que se originan cada año en muchos almacenes con heno húmedo, causan la pérdida completa por el fuego.

Aproximadamente el 75 por ciento de las pérdidas normales pueden prevenirse usando secamiento artificial en combinación con cosechas tempranas y almacenamiento adecuado.

Ventajas del secamiento mecánico. El secamiento mecánico de los productos elimina prácticamente las pérdidas entre la madurez del producto en el campo y el almacenamiento, reduciendo el riesgo de las variaciones de clima y proporcionando el "eslabón perdido", de tal modo que sea posible la planificación de las operaciones de la granja. El secamiento mecánico permite:

1. UTILIZAR VARIEDADES DE PLANTAS que tengan período de crecimiento más largo, con lo que se obtiene rendimientos más altos.
2. COSECHAR MÁS TEMPRANO para reducir las pérdidas en el campo y limpiar el terreno de modo que pueda ponerse otro cultivo. La cosecha temprana normalmente no reduce el rendimiento de los granos porque los productos maduran antes que sequen al contenido de humedad, que por lo general, se considera seguro para el almacenamiento.
3. PLANEAR LA ÉPOCA DE LA COSECHA para hacer un mejor uso de la mano de obra, en atención a que la cosecha puede comenzar más temprano, extenderse por más horas durante el día y llevarse a cabo durante períodos húmedos o lluviosos.
4. RECIBIR UN PRECIO MÁS ALTO al llevar al mercado un producto de alta calidad en el período de venta más adecuado. La cosecha temprana permite comercializar antes que se produzca la declinación de los precios. El secamiento, con el debido contenido de humedad, seguido de un almacenamiento adecuado, permite guardar el producto hasta que vuelvan los precios favorables, tres o cuatro meses después de la cosecha. En los Estados Unidos, de 1945 a 1955, el aumento de precio en el mercado desde la cosecha al momento de precio más alto, fue alrededor de 71 centavos de dólar por hectolitro, para trigo y maíz.
5. OBTENER UN PRODUCTO DE ALTA CALIDAD que tenga más valor para su venta o para la alimentación. El maíz, trigo y otros granos pueden alcanzar un grado o clasificación más altos si se secan y almacenan debidamente. Con el secamiento se mantiene la viabilidad de las semillas y el heno logra un contenido de corateno más alto, un mejor color y conserva un mayor número de hojas.
6. ALMACENAR LOS PRODUCTOS POR UN PERÍODO LARGO. En los últimos años se ha hecho importante el almacenamiento de granos por períodos mayores de un año. El grano que se va a almacenar por más de una estación debe tener de 1 a 2 por ciento menos de humedad que para un almacenamiento normal de un año. Es necesario secar nuevamente las porciones de granos en las cuales se haya acumulado la humedad durante el almacenamiento. En los almacenes de granos se usan con frecuencia sistemas de aereación.

Principios del movimiento de humedad. La humedad se mueve de un lugar a otro de acuerdo con la diferencia de presión de vapor, en forma similar al flujo de calor que se realiza, gracias a una diferencia de temperatura. La presión de vapor del aire depende de la temperatura y de la humedad relativa. La presión de vapor de un producto agrícola depende de la temperatura y del contenido de humedad. El contenido de humedad que logra un producto en un ambiente de una humedad relativa determinada y a cierta temperatura, se conoce como contenido de humedad en equilibrio. Por ejemplo, si se pasara aire a 25°C y 50 por ciento de humedad relativa por una masa de maíz desgranado, húmedo, el grano no podría secarse a menos de 11,2 por ciento de contenido de humedad, que es el valor del contenido de humedad en equilibrio. En igual forma, el maíz desgranado seco al humedecerse ganaría agua de tal modo que su contenido de humedad no podría subir sobre 11,2 por ciento.

El principio del movimiento de la humedad es el mismo para el secamiento natural que para el artificial. Una capa delgada de aire con una alta presión de vapor (humedad relativa elevada) rodea al producto húmedo. En el secamiento natural el aire húmedo es arrastrado por el viento, asciende como aire húmedo caliente o se le circula agitando el producto. El calor necesario para evaporar la humedad del producto se toma del aire circundante o del sol. En el secamiento artificial o mecánico el aire es forzado con un ventilador o soplador a través del producto para arrastrar el aire cargado de humedad. Si no se añade calor al aire, el proceso se conoce como secamiento con aire forzado. En caso de que se añada calor al aire desecante, el proceso se conoce como secamiento con aire caliente. La adición de calor sirve para dos propósitos. Primero, se aumenta la capacidad de transporte de humedad del aire (aproximadamente se dobla por cada 12°C de aumento en la temperatura) y segundo, el producto se calienta a una temperatura más alta con el resultado de que su presión de vapor también aumenta y la humedad sale del producto más rápidamente.

Los productos desecados pueden ganar humedad después del secamiento o durante el almacenamiento. Parte de la humedad del aire caliente con alta humedad relativa puede condensarse sobre un producto frío y también es posible circular aire con una humedad relativa elevada a través de un producto seco para aumentar su contenido de humedad. El grano almacenado produce calor y humedad a través de la respiración; el aire en el fondo del almacén se calienta y recoge humedad a medida que sube la parte superior. En los climas nórdicos, la humedad podría condensarse cerca de las capas frías de encima, causando así una zona de granos húmedos.

El contenido de humedad en el cual se basa el precio de los productos agrícolas se establece en base al contenido normal de humedad al tiempo del almacenamiento, cuando se obtiene el producto con los métodos convencionales de cosecha. Así, el contenido de humedad para el mercado varía de una área climática a otra, debido a diferencias de humedad relativa y temperatura. Para almacenamiento satisfactorio, sin excesivo crecimiento de mohos, en estructuras convencionales, la humedad relativa que rodee al producto debe ser de 75 por ciento o menos (Tabla 6.1).

Contenido de humedad. Para la comercialización de la mayoría de los productos agrícolas, el contenido de humedad se expresa como el porcentaje

Tabla 6.1 Contenido de humedad para almacenamiento seguro durante un año.

Producto	Porcentaje de contenido de humedad para almacenamiento seguro	Porcentaje de contenido de humedad en el cual se basa el precio del mercado
Soya	11	
Grano de Sorgo	12	
Trigo	13	14
Cebada	13	
Maíz en grano	13	15,5 (Nº 2)
Avena	13	
Arroz		
Arvejas	16	18
Maíz en mazorca (climas nórdicos)	20,5 (granero de 1,8 m)	
Heno	20	

- Notas: a) Para un almacenamiento prolongado el contenido de humedad debe ser de 1 a 2 por ciento menor que los valores señalados.
- b) El contenido de humedad puede ser de 2 a 4 por ciento más alto si la temperatura de almacenamiento es de 4°C o menos.
- c) Maíz en mazorca en graneros de 1,8 m o menos deberá tener 20,5 en el mes de febrero siguiente al almacenamiento y disminuir en los meses siguientes.*
- d) En almacenes sellados se requiere un contenido de humedad más alto. Para maíz desgranado o molido se recomienda un contenido de humedad de 25 a 30 por ciento.

de agua por peso en el producto y se conoce como porcentaje de humedad, base húmeda. Así, 60 kilos de trigo al 13 por ciento de humedad (bh) contienen 7,8 kilos de agua y 52,2 kilos de materia seca (Fig. 6.1).

No es necesario enfatizar sobre la importancia que tiene el contenido de humedad en los aspectos económicos de la comercialización y en el almacenamiento. La comercialización de un producto que tiene un contenido de humedad más bajo que aquel en el cual se basa el precio, resulta en pérdidas indirectas porque para completar el peso se suministra materia seca en vez de agua. La comercialización de un producto que tiene un alto contenido de humedad resulta en un precio más bajo por unidad de peso. No siempre resulta económico eliminar toda la humedad que está por encima del nivel que sirve para fijar el precio, porque el costo de eliminar el agua podría ser mayor que el aumento de valor del producto seco. Por lo general, cuando los productos van a almacenarse deben tener un porcentaje de humedad menor que cuando van a ir a la venta. Un ejemplo con maíz en grano ilustrará este principio. Maíz en grano con 20 por ciento de humedad debe secarse a más o menos 17 por ciento para la venta inmediata, aún cuando el precio está basado en 15,5 por ciento de humedad para maíz Nº 2. El costo de eliminar el 1,5 por ciento adicional, es por lo general, igual o mayor que el retorno económico. Cuando el maíz se va a almacenar en grano debe secarse a 13 por ciento de humedad. Para determinar el procedimiento más económico, debe estipularse los costos incluyendo costos de manipuleo y el retorno económico.

* N. del T: Para zonas templadas del Hemisferio Norte.

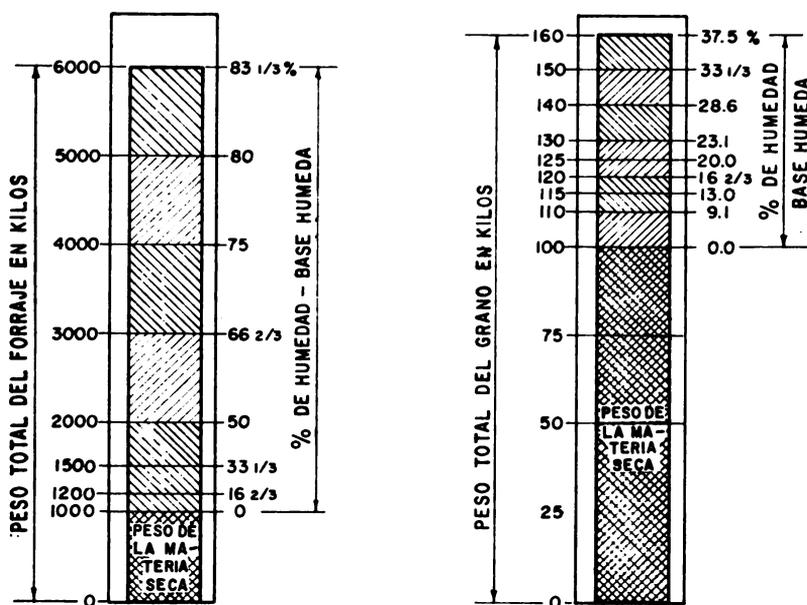


Fig. 6.1. Relaciones de contenido de humedad a peso seco.

Determinación de la humedad. Un requisito que debe cumplirse para hacer una determinación debida de humedad es el de obtener una o varias muestras representativas. Se necesita cierta experiencia para obtener el número adecuado de muestras, en la localización correcta, de acuerdo con la precisión que se desea. Existen dispositivos especiales para obtener las muestras, tales como muestreadores de sacos, probetas para silos profundos y superficiales, muestreadores de maíz en mazorca y muestreadores de pacas.

El método tradicional de determinación de humedad para el granjero consiste en usar alguno de sus sentidos — sentir el heno o el grano, escuchando el ruido de los tallos y hojas de heno (a 30 por ciento las hojas comienzan a crujir), hundiendo fácilmente el grano con los dientes o con la uña (cerca de 16 por ciento y más), apariencia y color. Estos métodos de determinación de humedad son satisfactorios para el granjero que usa los métodos convencionales de cosecha y manipuleo.

Un método directo de determinar el contenido de humedad consiste en pesar las muestras y colocarlas en una estufa por unos pocos días (normalmente 25 gramos en una estufa a 100°C por 3 a 5 días) para evaporar el agua. Luego se pesan las muestras y de allí se determina el contenido de humedad original. El uso de la estufa es un método corriente de determinar el contenido de humedad y se usa como base para calibrar los medidores de humedad. Sin embargo el método de la estufa es demasiado lento para operaciones de cosecha, manipuleo, secamiento y almacenamiento altamente mecanizados, los cuales pueden hacerse en conjunto de 3 ó 4 horas.

Otros métodos directos consisten en calentar la muestra a una temperatura más alta para una determinación más rápida en la estufa (108°C por 1 a 2 horas), o con un aceite de alto punto de ebullición. Por muchos años el método de destilación de Brown-Duvel ha sido el procedimiento normal. El grano entero se calienta en aceite por 1 hora y el agua vaporizada se condensa para determinar el contenido de humedad. Se desarrolló una modificación del método Brown-Duvel usando aceites vegetales para determinar el contenido de humedad de heno, pastos y ensilado (hasta 146°C) y de granos (hasta 190°C) en 15 a 20 minutos. También se usan lámparas infrarojas para calentar una muestra de peso conocido.

En general los métodos indirectos de determinación de humedad, a pesar de su mayor costo, han reemplazado a los métodos directos debido a la rapidez con que pueden hacerse las determinaciones. Con los métodos indirectos se mide una propiedad del producto que depende del contenido de humedad. Pueden usarse para ello la resistencia eléctrica (R), la capacitancia eléctrica (condensador o dieléctrica) (C), propiedades químicas, radiación nuclear y propiedades mecánicas. Los medidores que usan estas propiedades deben calibrarse para cada grano a varios contenidos de humedad y a diferentes temperaturas. Los medidores deben usarse de la misma manera en que fueron calibrados y deben comprobarse periódicamente para asegurar una precisión.

Los medidores eléctricos más comunes en los Estados Unidos son el Tag-Heppenstall (R) Universal (R), Marconi (R), Shafer (R), Delmhorst (R), Steinlite (C), Halross (C) y Radson (C). Con estos medidores, las determinaciones de humedad pueden hacerse en menos de un minuto.

Debe tenerse cuidado cuando se usa el método indirecto para determinar el contenido de humedad de los granos directamente de un secador de aire caliente. Los medidores dan una indicación del contenido de humedad de 1 a 2 por ciento más bajo que el valor promedio real. La tendencia de los medidores eléctricos es determinar el contenido de humedad de la superficie de los productos.

Un método único, muy barato, para determinar si los granos o el heno se conservarán adecuadamente en el almacén consiste en colocar una muestra del material en un recipiente cerrado que contenga sal común. Si el material está muy húmedo para que pueda almacenarse, el exceso de humedad hará que la sal forme grumos. La sal común (NaCl) se aterriona si la humedad relativa está por encima de 75 por ciento.

Los medidores de humedad varían en precio, desde US\$ 20.00 hasta US\$ 1,000.00. En general para obtener una mayor precisión se requiere un medidor más costoso. En la granja es suficiente un medidor con una precisión de 1 por ciento. Para las operaciones comerciales de compra y venta, donde el contenido de humedad se expresa al décimo del uno por ciento, se necesita un medidor con una precisión de un quinto de uno por ciento.

Sistemas de secamiento. Los sistemas de secamiento mecánico consisten de un motor y de un ventilador para forzar el aire a través del producto, un calentador si el aire se va a calentar, un depósito para mantener el producto, con arreglos apropiados para obtener una distribución uniforme del aire a través del producto.

El secamiento con aire forzado (sin adición de calor) se hace por lo general en el silo de almacenamiento, aunque hay unos pocos sistemas con aire

forzado que emplean depósitos por cargas. Si el aire se va a calentar a 12°C o menos, el sistema se conoce como uno que usa calor suplementario. Es común utilizar sistemas de esta clase para secar en el silo de almacenamiento. La mayoría de los sistemas que utilizan aire calentado usan cargas o transportadores y llevan el producto en una capa delgada de 10 a 60 cm, para que pueda secarse mejor.

Flujo de aire y presión estática. Los valores de presión estática, flujo de aire y profundidad guardan una relación para un producto en particular. La presión estática sube a medida que el flujo de aire y la profundidad aumentan y a medida que el tamaño del producto a secarse, disminuye. Para granos hasta con 25 por ciento de humedad, el flujo de aire mínimo que se recomienda es de 0,16 a 0,40 metros cúbicos por minuto por hectolitro de producto, cuando se usa aire no calentado o calentado suplementariamente. Las presiones estáticas que se encuentran para profundidades de 1,8 a 3,0 m son del orden de 5 a 7,5 cm de agua, dependiendo del producto (Tabla 6.2). Para granos sobre 25 por ciento de humedad y en climas húmedos no se recomienda usar aire sin calentar, debido a la inseguridad de secar el producto y a la posibilidad de crecimiento de mohos durante la época de clima desfavorable.

Ventilador y motor. El ventilador y el motor sólo se pueden seleccionar después que se haya escogido el resto del sistema. En cualquier tipo de ventilador, éste se selecciona en primer término en base a la cantidad o flujo de aire (metros cúbicos por minuto) y a la presión contra la cual debe trabajar (presión estática en centímetros de agua). Otros factores a considerarse son necesidades de espacio, costos de instalación, controles, flexibilidad en el uso y ruido. Pueden usarse ventiladores del tipo centrífugo o de propulsión pero para presiones estáticas mayores de 12 cm de agua, el tipo centrífugo se usa con más frecuencia. Por lo general la consideración más importante no es el tipo de ventilador si no el aspecto económico de un ventilador en particular para entregar el volumen de aire requerido. En caso necesario puede solicitarse a un fabricante de confianza las especificaciones de un ventilador especial.

Los ventiladores pueden accionarse con una polea, con la toma de fuerza de un tractor o con un motor eléctrico. Algunos sistemas utilizan el calor del motor para calentar el aire. La mayoría de los sistemas que requieren 10 hp o menos usan un motor eléctrico para accionar el ventilador.

La potencia aproximada del motor que se requiere para mover el ventilador es:

$$\text{hp} = \frac{(\text{m}^3/\text{min}) (\text{PE, cm de agua})}{216}$$

Para circular el aire a través de un silo de granos, se requiere normalmente un ventilador que impulse un flujo de aire pequeño a una presión estática alta, hasta de 12,5 cm de agua, mientras que para impulsar aire a través de una pila de heno se requiere un elevado flujo de aire a una presión estática baja, alrededor de 2,5 cm. Es posible seleccionar un ventilador que haga ambos trabajos.

Tabla 6.2. Relaciones de flujo de aire - presión estática - profundidad, para granos, usando aire sin calentar (USDA 333)

Contenido de humedad del grano, porcentaje	Flujo de aire mínimo recomendado, (m ³ /min)/Hl	Profundidad práctica del grano, m	Presión estática, cm de agua	Cantidad máxima secada, Hl/hp
<u>Trigo</u>				
20	0.24	1.2	3.0	290
		1.8	5.8	155
18	0.16	1.2	2.0	660
		2.4	6.4	230
16	0.08	2.4	3.3	805
		3.0	5.0	525
<u>Avena</u>				
25	0.24	1.2	2.0	440
		1.8	4.3	210
20	0.16	1.8	2.8	475
		2.4	4.6	290
18	0.12	2.4	3.5	490
		3.0	5.0	350
<u>Maíz en grano</u>				
25	0.40	1.2	1.8	300
		1.8	4.0	135
20	0.24	1.8	2.3	390
		2.4	3.8	235
18	0.16	1.8	1.5	875
		3.6	3.0	240
16	0.08	2.4	1.3	2100
		3.6	2.5	1050
<u>Maíz en mazorca</u> (90 Kg/Hl)				
Humedad del grano 30	0.40 — 0.80	3.0	0.7	700
		4.5	1.9	280
	0.24 — 0.40	4.5	0.7	1140
		6.0	1.9	455

Secadores con aire caliente. A fin de aumentar la velocidad de secamiento es necesario añadir calor al aire desecante. El uso de calor proporciona a la persona encargada del secamiento un mayor control sobre la velocidad del secado y no lo hace tan dependiente de las condiciones de clima. Los calentadores de aire pueden tener un intercambiador de calor entre el quemador y el aire calentado para el caso de calentamiento o los productos de combustión

pueden pasar con el aire calentado a través del producto en el caso de calentamiento directo.

El grano puede secarse en un sistema con aire calentado por cargas o con flujo continuo del producto. La mayoría de las unidades que operan en las granjas son por cargas y muchas de las unidades comerciales son continuas. En el secamiento con aire calentado la profundidad del producto en la dirección del flujo del aire es, por lo general, menor de 60 cm y normalmente 45 cm o menos, a fin de proporcionar un contenido de humedad uniforme en todo el producto. Si se van a secar capas más profundas el grano debe mezclarse periódicamente para evitar una gran diferencia en el contenido de humedad en diferentes puntos del silo.

Los calentadores que se usan comúnmente cuestan de US\$ 2,000.00 a US\$ 4,000.00 y queman de 19 a 38 litros de petróleo por hora o una cantidad equivalente de gas. Existen también calentadores que queman combustibles sólidos tales como carbón o madera. El valor calorífico de un litro de petróleo es de 9,240 Kcal. En el carbón se tiene 7,700 Kcal por kilogramo y en el gas 11,000 Kcal por kilogramo. Normalmente el 50 por ciento de las calorías disponibles se utilizan en la vaporización de la humedad. Es práctica común considerar que se requieren en el quemador 1100 Kcal por cada kilogramo de agua que se va a evaporar en el secador.

Para las unidades con aire caliente se usa un flujo de aire elevado de 2,5 hasta 8 metros cúbicos por minuto por cada hectolitro de grano. Este valor es mucho más alto que la cantidad de aire requerida para las unidades con aire forzado.

La temperatura del aire debe mantenerse bajo algún valor máximo, y depende del uso que se vaya a dar al producto. Si el producto va a ser usado para semilla, se recomienda por lo general que se use una temperatura máxima de 43°C para el secamiento (52°C mataría el germen en la mayoría de los granos). Si el grano se va a usar en molinería es importante evitar las temperaturas altas, sobre 66°C, debido al efecto del calor en la estructura del producto. Para el secamiento de granos que van a utilizarse en la alimentación de ganado se acostumbra usar temperaturas de 88°C.

Cuando se utiliza una pequeña cantidad de calor para aumentar la temperatura del aire en no más de 12°C, este calor se conoce con el nombre de calor suplementario. Con este tipo de unidades es necesario duplicar, aproximadamente, el flujo de aire que se usa con los sistemas de aire forzado sin calentar y es posible secar el producto en capas profundas como en el caso de un silo de almacenamiento. Existen calentadores especiales para este propósito y son mucho más económicos que las unidades diseñadas para aire calentado a altas temperaturas.

Determinación del flujo de aire. El flujo de aire para granos se calcula de la siguiente manera:

1. Se calcula la cantidad de grano en hectolitros.
2. El volumen del flujo de aire en metros cúbicos por minuto por hectolitro, recomendado para un grano en particular (o para uno similar) se toma de la Tabla 6.2.
3. El flujo de aire total se obtiene multiplicando las cantidades obtenidas en los párrafos 1 y 2.

4. La presión estática contra la cual va a circular el aire puede aproximarse de la Tabla 6.2.

Por ejemplo, un depósito de 1,8 m de profundidad, 3 m de largo y 2,4 m de ancho se va a usar para secar trigo a 20 por ciento de humedad. La capacidad del silo es de 130 hectolitros. Si se usa 0,24 (m³/m)/Hl se requieren 31,20 m³ de aire por minuto. El ventilador debe entregar el aire contra una presión de 5,8 cm de agua y por consiguiente se necesitaría un motor de 1 hp para accionar el ventilador.

El heno se seca parcialmente en el campo de 65 a 40 por ciento de humedad. En el establo se elimina humedad para llegar a un nivel de 20 por ciento. El heno deshidratado se produce normalmente si se elimina la humedad hasta 5 a 8 por ciento en un deshidratador con aire caliente.

Para secar el heno en parvas con aire sin calentar se usa un flujo de aire de 8,4 a 14 metros cúbicos por minuto por tonelada o 4,5 a 6 metros cúbicos por minuto por metro cuadrado de espacio. El número de toneladas de heno se basa en las toneladas de heno contenido en la parva. Se consideran aproximadamente 12, 9,4 y 6,1 metros cúbicos por tonelada métrica para heno largo, cortado y empacado, respectivamente. El heno largo, cortado y empacado normalmente se coloca a profundidades máximas de 4,80, 4,00 y 3,60 m, de tal modo que el secamiento ocurra antes del deterioro. Con estas profundidades la presión estática que debe vencer el ventilador para impulsar la cantidad adecuada de aire es aproximadamente de 2,5 cm de agua.

Si se usa aire calentado suplementariamente, en el cual la temperatura se aumenta en menos de 12°C; el flujo de aire se aumenta a 1½ a 2 veces. Con un flujo de aire mayor, la velocidad de secamiento aumenta y la condensación de la humedad en la superficie de salida se reduce.

Para secamiento con aire calentado se usa un flujo de aire mucho más alto. En este caso, el producto se coloca en capas delgadas para que no ocurra un excesivo sobresecamiento del producto a la entrada del aire caliente. Con una capa delgada se tiene un contenido de humedad más uniforme. Una velocidad de flujo de 4 a 8 metros cúbicos por minuto por hectolitro se usa para un secador de granos con una profundidad de 0,30 m. Los productos se secan en sistemas continuos o por cargas, utilizando unidades separadas del almacenamiento.

Sistemas de distribución de aire. El requerimiento mayor de un sistema de distribución de aire es suministrar el aire de tal modo que pase uniformemente a través de cada partícula del producto. La longitud de la trayectoria del aire desde la entrada hasta la salida, debe ser uniforme. El aire puede distribuirse a través de un silo de almacenamiento, de un secador por cargas o de una capa o columna del producto en movimiento.

SECADOR DE SACOS. Los sacos se colocan sobre un túnel con aberturas a través de las cuales se impulsa el aire. Estas unidades trabajan por cargas y se usan principalmente para semillas.

PISO PERFORADO. El grano o el forraje se coloca sobre una malla de metal o sobre un piso de madera con agujeros, hendiduras o rendijas. Tanto para un llenado superficial como para uno profundo se obtiene un flujo uniforme del aire, en una dirección paralela de la entrada y a través del silo (Fig. 6.2).

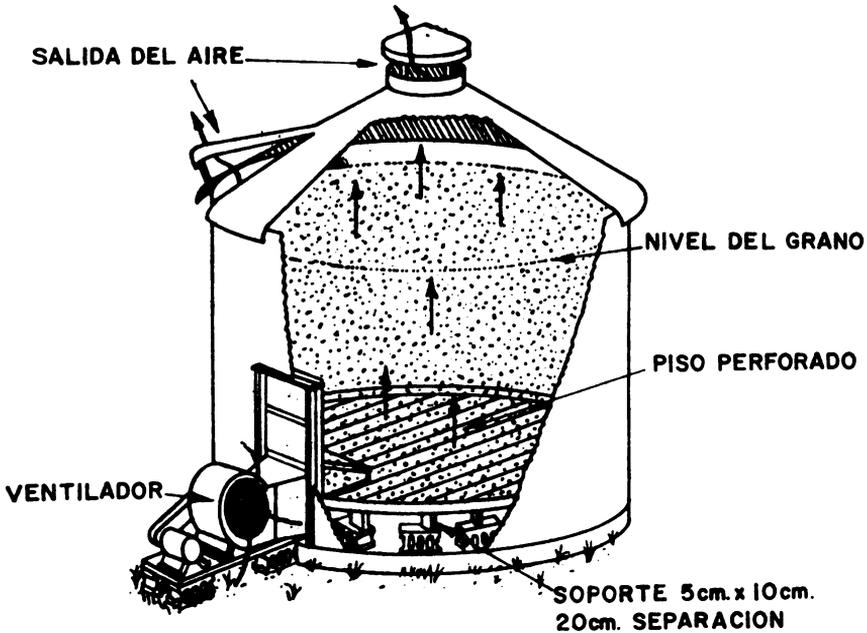


Fig. 6.2. Silo metálico circular con falso piso de metal perforado.

DUCTO HORIZONTAL CENTRAL SOBRE EL PISO. Estos ductos que pueden ser de forma triangular, rectangular o semicircular, se usan para granos siempre que el producto almacenado no alcance una altura excesiva (Fig. 6.3).

La profundidad sobre el ducto, en el caso de granos, debe ser aproximadamente igual a la distancia del ducto a la pared. La distancia máxima de construcción para un ducto central para secamiento de granos pequeños es de 4,8 m. Para heno, la profundidad sobre el ducto es alrededor de dos tercios de la distancia del ducto a la pared. El ancho máximo de la pila de heno para un ducto central es de 10,8 m. El producto se coloca alrededor del ducto y parte debe ir sobre este para lograr que el aire fluya a los lados. Los ductos pueden ser de forma rectangular, triangular o circular. Se pueden añadir ductos laterales al ducto principal (Fig. 6.4).

DUCTO CENTRAL VERTICAL. El ducto central es cuadrado o circular, localizado en el centro de una estructura que permite pasar el aire. El aire fluye radialmente del ducto central (Fig. 6.5).

El ducto principal puede extenderse a través del centro o lado del almacén. La mayor porción del aire se distribuye de los laterales a través del producto. Para proporcionar un flujo uniforme de aire, la altura del producto sobre los ductos debe ser mayor que el doble de la distancia entre los ductos. Para almacenes profundos los ductos pueden colocarse en filas.

SECADOR TRANSPORTADOR. El secador transportador se usa para secamiento con aire caliente. El producto entra por un extremo y cae sobre una tela en movimiento o plataforma vibratoria mientras que el aire sopla hacia

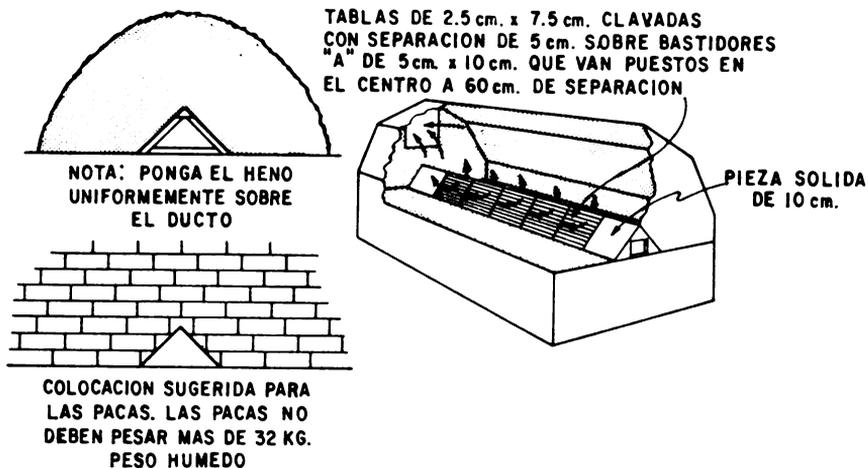


Fig. 6.3. Ducto triangular en posición central horizontal.

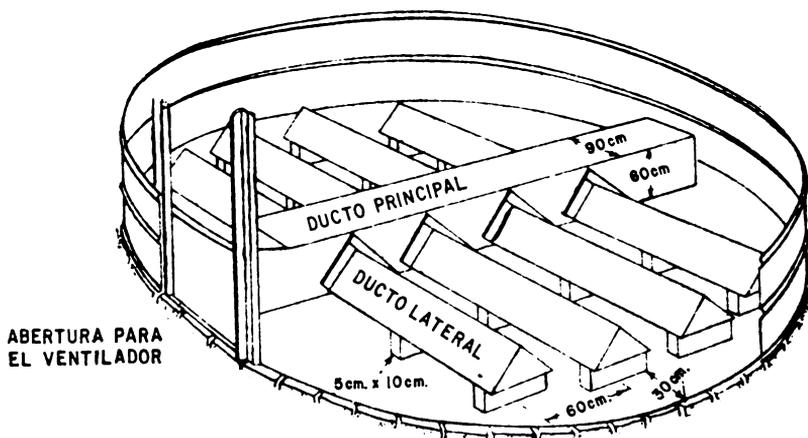


Fig. 6.4. Criba circular con ductos para secamiento de granos por aire forzado.

arriba a través de la tela y del producto (Fig. 6.6). El producto se descarga después de que se seca y enfría. El enfriamiento puede hacerse en un transportador de retorno o en la sección final del transportador principal.

Columna vertical. El producto, principalmente grano para este tipo, entra por la parte superior entre dos planchas de metal perforadas, a través de las cuales se sopla el aire (Fig. 6.7). El secamiento ocurre a medida que el producto fluye hacia abajo en la columna. La sección del fondo de la unidad

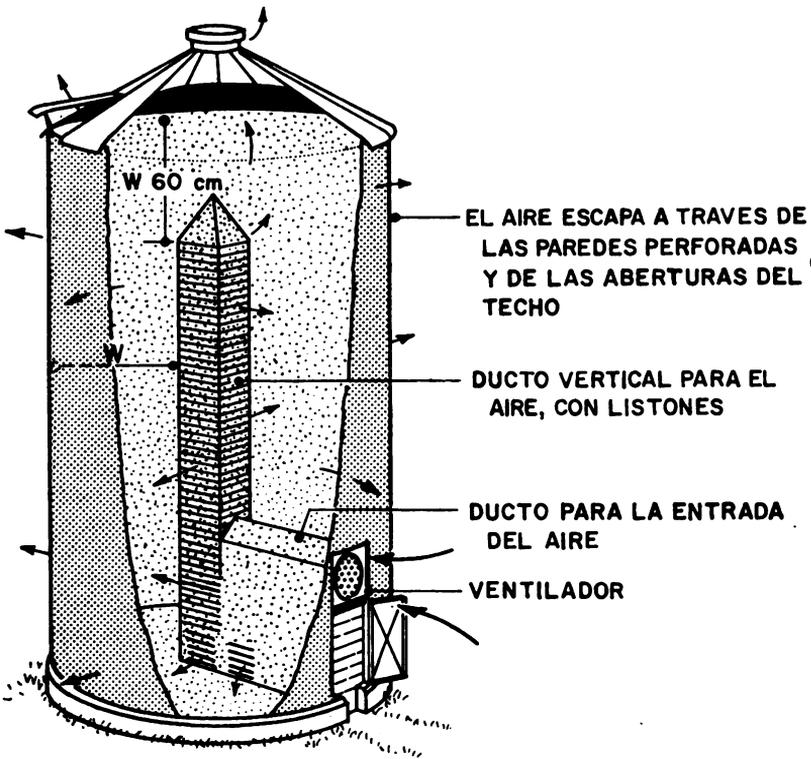


Fig. 6.5. Granero circular alto con paredes perforadas. El ducto principal para el aire en el centro del granero es vertical y listoneado (USDA Leaflet N° 334, 1952).

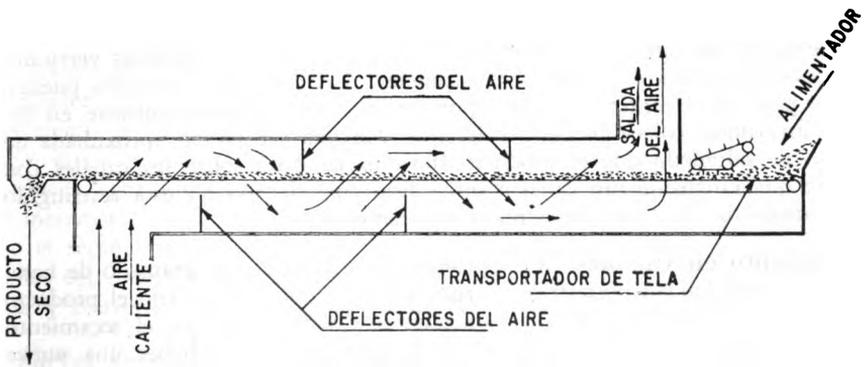


Fig. 6.6. Secador continuo, con transportador de tela, para productos foliosos, forrajes y granos.

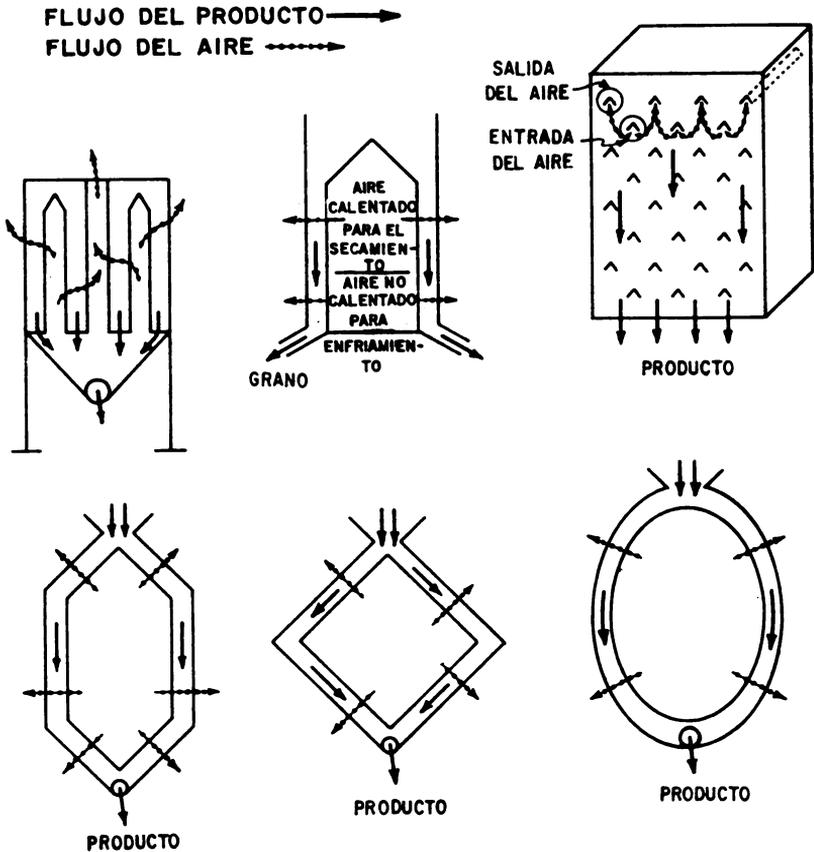


Fig. 6.7. Secadores del tipo de columna vertical.

sirve para circular aire frío a través del producto para enfriarlo. Estas unidades se hacen de varias formas, como por ejemplo, ovales, columnas verticales simples o múltiples y de sección rectangular. Las columnas verticales pueden usarse para flujo continuo o flujo por cargas. Una variación consiste en canales invertidos, colocados dentro del silo, con una separación aproximada de 30 cm de tal modo que el producto fluya hacia abajo sobre los canales con el aire que circula de un canal a otro. Este tipo de silo no está restringido a un ancho de 30 a 60 cm como el tipo anterior.

Secamiento en vagones. El depósito para secamiento de granos o de heno puede ser una unidad portátil por cargas o vagón, que se llena con el producto en el campo. Por lo general, las unidades se diseñan para que el secamiento puede completarse en 18 horas, es decir, para que pueda haber una nueva carga cada día. En el vagón puede colocarse hasta 60 cm de maíz en grano ó 1,5 m de heno. El aire caliente puede suministrarse por el fondo o por la parte superior del vagón.

Uso de sistemas de secamiento para heno. A fin de obtener un máximo retorno del sistema de secamiento, los forrajes deben cosecharse en el estado de madurez adecuado y con el contenido de humedad debido. Los cultivos forrajeros deben cosecharse en el momento en que se obtenga la máxima cantidad de nutrimentos (Tabla 6.3).

El heno cortado pierde humedad en el campo hasta llegar a un contenido de más o menos 40 por ciento, en el caso que vaya a seguirse con un secamiento con aire forzado o con aire caliente. El triturado del heno disminuye la duración del secamiento en el campo hasta casi la mitad, con un clima adecuado.

El heno puede manipularse y secarse como heno suelto, picado o empacado. El heno empacado debe secarse en el campo hasta 35 por ciento de humedad, antes de hacerlo con el aire forzado. El heno se coloca sobre el secador a una profundidad uniforme y formando un paquete. Deben cerrarse todos los posibles puntos de pérdida de aire de los ductos que no pasen a través del heno.

El ventilador debe operarse en forma continua durante los 4 a 7 primeros días, después de los cuales puede operarse únicamente cuando las condiciones de tiempo sean apropiadas para el secamiento. Cuando el heno está ya seco y se opera el ventilador después de 12 horas de haberse apagado, el aire que sale debe tener la misma temperatura que el aire que entra. Si el aire sale más caliente indica que hubo calentamiento y que el heno no estaba seco. En este caso, el secamiento del heno debe continuar.

Secamiento de granos. La mayoría de los granos alcanzan su máximo contenido de materia seca y se consideran maduros a un contenido de humedad de 30 a 35 por ciento. Pocos granos, excepto el maíz cosechado con cosechadora mecánica, se aproxima a este alto contenido de humedad. El contenido de humedad no debe exceder aquel para el cual se diseñó el sistema de secado. A fin de obtener una distribución uniforme del aire, debe colocarse sobre el sistema de distribución la misma profundidad del producto y el grano deberá entrar limpio. El ducto de entrega deberá cambiarse de posición periódicamente a fin de evitar la acumulación de impurezas en un punto. Para impulsar el aire se pueden usar sistemas de presión o de succión aunque se prefiere el sistema de presión debido a que el último grano que se seca es el del exterior, lo que hace más fácil determinar el momento en que todo el lote está seco. El ventilador debe operarse continuamente hasta que el grano haya bajado a 18 por ciento de humedad; puede pararse durante los períodos de humedad elevada, lluvia o niebla, pero debe funcionar diariamente para eliminar el calor producido por los puntos húmedos. El sistema de secamiento debe incluir un mecanismo eficiente de manipuleo al secador y del secador. Es importante que el secamiento continúe hasta que todo el producto haya bajado o esté a menos del contenido de humedad deseado. Los puntos húmedos pueden calentarse y convertirse en centros de proliferación de mohos y deterioro.

Aspectos económicos del secamiento de maíz desgranado en las granjas del Medio Oeste. Después de considerar las diferentes ventajas y desventajas del secamiento con aire natural forzado o con aire calentado, la decisión para seleccionar la unidad que debe usarse en una situación dada, de-

Tabla 6.4. Costo total por hectolitro para secar el maíz en grano a 13 por ciento de humedad, centavos, US\$.

Contenido de humedad	Volumen, hectolitros por año				
	700	1,400	2,100	2,800	3,500
Aire no calentado					
25% C.H.	1.84	1.82	1.72	1.61	1.81
20% C.H.	1.75	1.72	1.61	1.50	1.52
Aire calentado					
25% C.H.	10.7	6.2	4.62	3.8	3.5
20% C.H.	10.4	5.7	4.10	3.4	2.9

Referencias: Wallace Farmer 81:423, p. 515, 1956.

no sean favorables para el uso del aire natural forzado. El aire natural forzado puede ser empleado con éxito por los pequeños granjeros para el secamiento de granos y heno. En las áreas septentrionales del Medio Oeste puede usarse con considerable ventaja, el aire natural forzado con ayuda de calor suplementario, cuando la humedad relativa es alta.

Aereación de granos. La aereación de granos consiste en impulsar una pequeña cantidad de aire, de 1/124 a 1/720 (m³/min)/Hl, a través del grano para controlar la temperatura, igualar la temperatura a través del silo, eliminar el exceso de calor, el olor a almacén y para aplicar fumigantes al grano. Es importante no confundir el equipo de aereación con el de secamiento pues con el primero se usa un flujo de aire mucho menor que no sería adecuado para eliminar la cantidad de humedad requerida para secar un producto.

En los climas nórdicos, los cambios diarios y estacionales del clima producen corrientes de aire en movimiento a través del grano lo que causa que la humedad se acumule en el producto almacenado. Esta acumulación de humedad puede ocurrir aún cuando el producto tenga un contenido de humedad que se considere normalmente lo suficiente bajo para lograr un almacenamiento seguro. En un período estacional se puede eliminar por aereación alrededor de 1 por ciento de humedad, con el objeto no de secar sino de mantener el producto en condición de almacenamiento.

El equipo que se necesita para un sistema de aereación consiste de un almacén, uno o varios ventiladores, un sistema de ductos y un motor para operar los ventiladores. Para la operación del ventilador puede usarse controles de tiempo o de temperatura. El ventilador debe seleccionarse de tal modo que pueda proporcionar la cantidad necesaria de aire, en metros cúbicos por minuto, contra la presión estática de los ductos y sistema, en centímetros de agua. La Tabla 6.5 proporciona los flujos de aire recomendables para sistemas de aereación, para granos almacenados. Los almacenes rurales pueden diseñarse para que el ventilador trabaje ya sea en forma continua o en forma intermitente. La mayoría de las instalaciones comerciales se diseñan para operación intermitente. Con una operación intermitente se requieren aproximadamente de 250 a 300 horas de operación continua

Tabla 6.5. Flujo de aire recomendado para la aereación de grano almacenado

	Flujo de Aire	
	Estados del Norte de E.U.A.	Estados del Sur de E.U.A.
Plano, operación intermitente . . .	1/240 a 1/120	1/240 a 1/48
Hacia arriba, operación intermitente	1/480 a 1/240	1/240 a 1/120
Granja, operación continua . . .	1/360 a 1/240	1/360 a 1/240
Granja, operación intermitente ..	1/240 a 1/120	1/240 a 1/48

para llevar el producto dentro de 3 a 6°C de la temperatura del aire exterior. La potencia, en caballos de fuerza, requerida para operar el ventilador, es igual a la presión estática multiplicada por el flujo y dividida por 216. La Tabla 6.6 proporciona algunos requerimientos típicos de potencia. Puede haber un ventilador individual para cada almacén o un ventilador grande conectado a un ducto múltiple (manifold) para aerear uno o más almacenes simultánea o individualmente. También podría usarse un ventilador portátil que pueda llevarse de un almacén a otro. El ventilador puede ser centrífugo o axial, siempre que cumpla con los requerimientos del caudal y de la presión estática. Los requerimientos de presión estática se señalan en la Tabla 6.7. Incluyen 25 por ciento más que la caída de presión a través del grano, para pérdidas en ductos, conexiones, etc.

Un sistema simple para aereación de granos, en el caso de almacenes horizontales o verticales menores de 6 m, consiste de un ducto cilíndrico que se coloca verticalmente en el silo con el ventilador en la parte superior del ducto para extraer el aire. Para el pasaje del aire puede usarse una tubería de 20 a 30 cm de diámetro que tenga en la mitad inferior del ducto una malla o una plancha de metal perforada o con hendiduras (Fig. 6.8). Se puede obtener una operación satisfactoria si el ducto del centro está a 0,90 ó 1,20 m del piso. Si el ducto se va a usar para fumigación debe extenderse hasta el fondo del silo. En caso de usarse un almacén plano pueden colocarse en el silo ductos de enfriamiento a cada 5 ó 6 m. Estas unidades se usan por lo general para operación continua del ventilador. Los ductos horizontales pueden colocarse en el fondo del depósito de granos y usarse con o sin ductos laterales o ramificaciones, depende del ancho del

Tabla 6.6. Requerimientos típicos de potencia para aereación de almacenes con maíz desgranado

$\frac{1}{16}$ a $\frac{1}{8}$ hp para depósito de 35 m ³
$\frac{1}{8}$ a $\frac{1}{4}$ hp para silo circular de 110 m ³
$\frac{1}{3}$ a $\frac{1}{2}$ hp para almacén plano de 350 m ³
$\frac{1}{2}$ a 1 hp para almacén plano de 700 m ³
1 - $1\frac{1}{2}$ hp para almacén plano de 1,200 a 1,400 m ³
5 - $7\frac{1}{2}$ hp para silo vertical de 1,000 m ³ y 20 m de alto.

Tabla 6.7. Resistencia al flujo del aire, debido al grano y al ducto, en un sistema de aereación

Flujo de Aire (m ³ /min) Hl	Profundidad, metros	Presión estática, cm de agua		
		Trigo	Maíz desgranado	Arroz
1/124	15	12.7	4.8	8.6
	30	57.0	16.0	38.0
	45	134.0	38.0	86.5
1/248	15	6.4	17.8	4.0
	30	25.4	7.2	17.3
	45	63.0	16.8	8.2
1/472	15	4.6	1.0	3.1
	30	17.0	4.3	10.9
	45	38.0	10.7	25.4
1/496	15	3.3	0.8	2.0
	30	12.7	3.3	8.1
	45	29.2	7.1	19.0
1/620	15	2.5	0.8	1.6
	30	10.2	2.5	6.4
	45	20.4	5.1	14.7

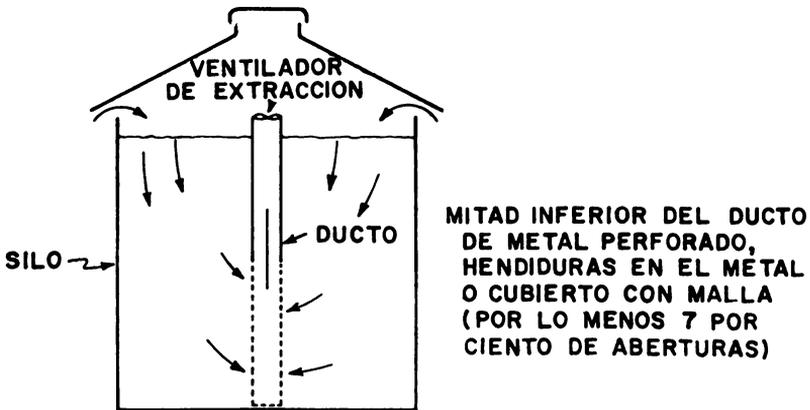


Fig. 6.8. Ducto vertical para extraer el aire por encima del grano.

silo y de la profundidad del producto que se va a aerear (Fig. 6.9). El tamaño del ducto debe seleccionarse de tal modo que la velocidad máxima del aire no exceda a 500 metros por minuto.

En el norte de los Estados Unidos, los sistemas de aereación por lo general, se usan con la extracción del aire por el fondo. Después que el

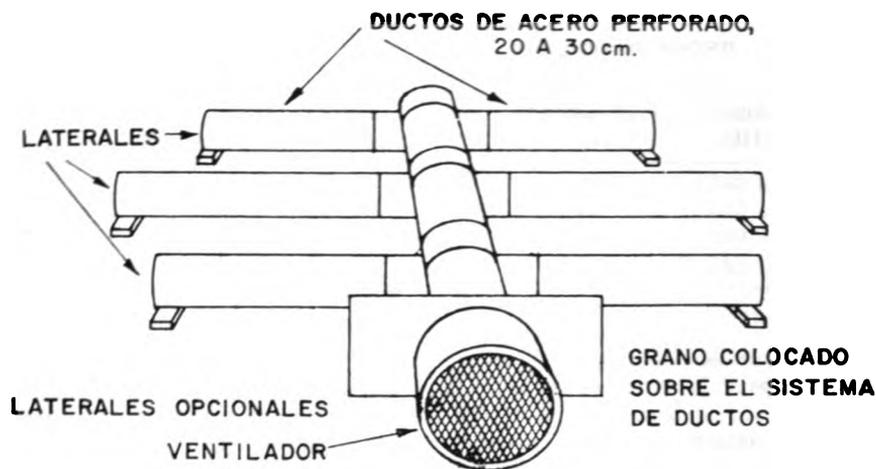


Fig. 6.9. Ductos horizontales para sistemas de aireación.

producto se enfría a la temperatura que se desea en el almacén, el ventilador se opera sólo ocasionalmente para mantener el producto frío y la temperatura uniforme. Los almacenes comerciales deben equiparse con elementos sensibles a la temperatura, a fin de poder localizar cualquier punto caliente que pueda desarrollarse.

Los costos de instalación del equipo son de 6 a 15 centavos de dólar por hectolitro. Los costos de electricidad para enfriamiento mecánico varían de 0,3 a 1,5 centavos por hectolitro por año.

Ensilaje. La alimentación con ensilado se compara frecuentemente con la alimentación con heno en diferentes formas. Existe una considerable discusión en lo que se refiere a la calidad de alimentación y valor nutritivo de los diferentes métodos de manipuleo y almacenamiento de productos forrajeros. Además del valor alimenticio, existen otros criterios que a veces son más importantes para decidir el método de manipuleo y almacenamiento; estos factores son clima, necesidades de alimentación, plan de trabajo, equipo disponible y rotación de cultivos. Ninguno de los métodos de manipuleo y almacenamiento pueden crear nutrientes y es dudoso si los elementos son más digeribles por uno u otro de los métodos convencionales.

Los silos pueden clasificarse en horizontales y verticales. En el grupo de silos horizontales se tienen los subterráneos, parcialmente subterráneos y sobretierra. Para los verticales pueden usarse un foso o silos elevados (llamados algunas veces torres). La selección del tipo de silo depende de la disposición para la alimentación, manipuleo del producto desde la cosecha hasta el almacén y aspecto económico del sistema en conjunto. La cantidad de ensilado que entra en los diferentes silos se da en la Figura 6.10. Es conveniente usar el diámetro de silo más grande, pues así el producto puede extraerse lo más rápido posible sin malograrse. En un silo horizontal se tiene por lo general, mayor pérdida del producto; las pérdidas resultan del

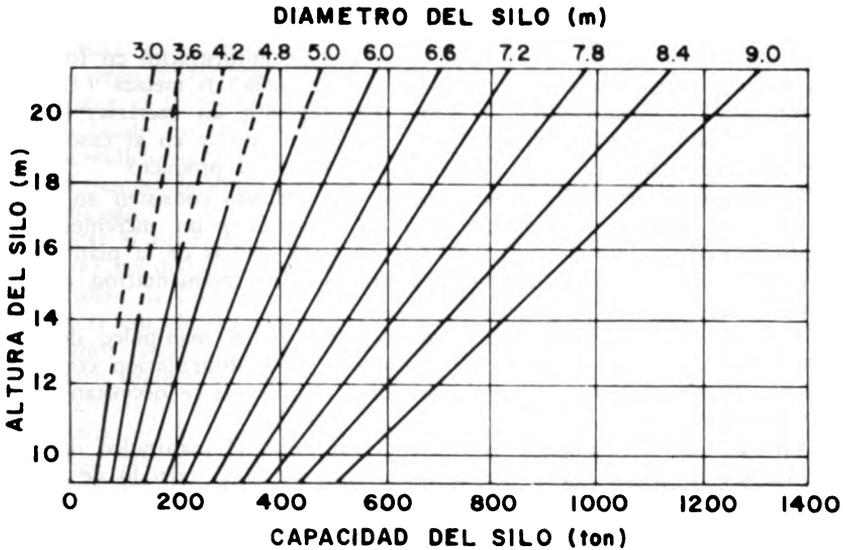


Fig. 6.10. Capacidades de los silos. Maíz o ensilado de pasto a igual contenido de humedad. Capacidades calculadas con información de Minnesota. Las capacidades permiten 0.30 m de profundidad libre para silos hasta de 10 m y 0.30 m adicionales de altura libre por cada 3 m de altura adicionales. Las líneas punteadas indican alturas no recomendadas (Boyd y Aldrich, 1959).

deterioro en la superficie, fermentación del producto y escurrimiento de los jugos. Aunque la pérdida usual de un silo horizontal descubierto puede ser de 30 por ciento, es posible reducirla a 15 por ciento. El deterioro de la superficie puede eliminarse prácticamente usando una cubierta de plástica o un silo vertical hermético.

Las pérdidas, debido a la fermentación y al escurrimiento aumentan a medida que los niveles de humedad suben más allá del 80 por ciento. Las pérdidas por escurrimiento son, por lo general, mayores en los silos elevados debido a la mayor presión que ejerce el peso del producto. Para tener un mínimo de pérdidas, el ensilado debe estar entre 75 y 80 por ciento de humedad cuando se coloca en un silo horizontal y de 60 a 70 por ciento cuando se coloca en un silo vertical. Las pérdidas usuales de materia seca son de 15 a 30 por ciento para silos horizontales en comparación con 15 a 20 por ciento en el silo de torre, mientras que para los silos herméticos probablemente son menores de 12 por ciento.

En 1959 el costo de almacenamiento por tonelada fue de US\$ 15.00 para un silo de concreto de 6,1 m de diámetro y 12,2 m de altura mientras que para un silo de 4,20 m de diámetro fue de 22 dólares.

La fermentación natural la causa la acción bacteriana sobre el forraje contenido en el silo. Para lograr una fermentación favorable es necesario que: 1) se mantenga un adecuado contenido de humedad; 2) el producto se coseche a su madurez máxima; 3) el pH sea menor de 4,5 para propor-

cionar el medio ácido que previene el crecimiento de bacterias indeseables; 4) madurez adecuada, que proporcione los carbohidratos necesarios para que tenga lugar la fermentación, o si no, es necesario suministrarlos en forma de maíz molido (aproximadamente 50 kilos por tonelada) o melaza (12 litros por tonelada) o metabisulfito de sodio para reprimir las bacterias indeseables; y 5) compactación adecuada para expulsar el aire y en el caso de almacenes sellados para prevenir que el aire entre en el producto.

Las etapas iniciales de la preservación del ensilado consisten en la respiración del producto con disminución del oxígeno y un incremento del dióxido de carbono durante el calentamiento. Las células de la planta mueren y se llevan a cabo los cambios bacteriales. Una fermentación deseable produce ácido láctico.

En caso de no emplearse la alimentación libre, el manipuleo del ensilado comedero alrededor de 15 cm por animal y para alimentación controlada alrededor de 62 cm para vacas lecheras. Para vaquillonas se necesitan 30 cm aproximadamente.

En caso de no emplearse la alimentación libre, el manipuleo del ensilado del silo horizontal varía considerablemente según el método de alimentación. Si se usa remolques o camiones para llevar el producto a los comederos se requieren 0,83 horas-hombre por tonelada; con un tractor y cuchara se necesitan 0,11 horas-hombre y con una cuchara mecánica que llena un vagón 0,1 hora-hombre por tonelada. La alimentación a mano de un silo elevado requiere 2 horas-hombre por tonelada para descargar y distribuir el forraje.

Los hábitos de alimentación del ganado lechero y el consumo pueden influenciar el método de manipuleo del forraje. Se considera, por lo general, que un animal rumiante necesita forraje grueso en su ración. Frecuentemente las vacas no consumen tanta materia seca ni producen tanta leche cuando se alimentan con ensilado que cuando comen heno del mismo producto. Los animales de alta producción no pueden obtener suficiente materia seca únicamente del ensilado convencional para sostener su producción. Experimentalmente se ha encontrado que el consumo máximo de materia seca se obtuvo con raciones de 100 por ciento de heno, comparadas con ensilaje, pero, las vacas alimentadas con 50 por ciento de heno y 50 por ciento de ensilado produjeron la misma cantidad de leche sin ingerir granos (Lassiter y Hillman, 1959). Las vacas lecheras de alta producción deberán comer por lo menos 4,5 Kg diarios de heno.

Ensilado de heno de baja humedad. El ensilaje de heno, ofrece posibilidades de utilizar equipo de cosecha y silos elevados convencionales, ordinariamente disponibles, para preservar productos forrajeros con una retención máxima del valor alimenticio. El forraje debe humedecerse en el campo hasta un 40 ó 50 por ciento, luego picarse finamente y almacenarse en un silo casi hermético. Se recomienda el siguiente procedimiento para hacer el ensilado de heno.

1. Usar productos compuestos mayormente de leguminosas. Comenzar permitiendo que el producto se humedezca hasta el valor más alto del rango requerido para el ensilaje.

2. Almacenar el producto en silos elevados herméticos. Nunca se debe almacenar el ensilado de heno en pilas abiertas o en estructuras que no sean herméticas.
3. Hacer el corte del forraje al tiempo debido. Cosechar el producto en el estado inicial de la madurez para obtener la más alta calidad.
4. Acondicionar los productos para acelerar el secamiento. Esto reduce el tiempo de exposición en el campo y conserva las hojas que son muy valiosas.
5. Picar el producto cuando el contenido de humedad es de 50 por ciento pero no dudar de cosechar a 65 por ciento de humedad si hay probabilidad de lluvia.
6. Picar tan chico como sea posible, preferiblemente menos de 1 cm. Algunos recomiendan menos de 0,6 cm.
7. Usar vagones o camiones cubiertos herméticamente para evitar que el material picado se vuele.
8. Llenar el silo tan rápido como sea posible. Evitar demoras largas. No dejar por la noche las cargas a la intemperie.
9. Usar un distribuidor mecánico en el silo o dejar que el material forme un cono en el centro y nivelar periódicamente.
10. Cubrir con un plástico durable todo el producto almacenado en silos convencionales, para evitar que se malogre en la superficie y en los lados. Esto no es necesario en los silos herméticos.

PREGUNTAS

1. Enumere las diferentes pérdidas que ocurren en el manipuleo del heno largo del campo al almacén. ¿Cómo pueden disminuirse cada una de estas pérdidas?
2. ¿Cuánto de humedad se elimina al secar de 60 a 40 por ciento, y de 40 a 20 por ciento, base húmeda, para lograr una tonelada de heno a 20 por ciento de humedad?
3. Una muestra de granos pesa 54 gramos. Después de calentarla en una estufa a 100°C por 3 días el peso es de 30 gramos. ¿Cuál fue el contenido de humedad original, en base húmeda y en base seca?
4. Estudie la información sobre el clima para un área geográfica particular y determine el número de veces que existen tres días consecutivos que puedan utilizarse en secamiento en junio y julio. Comente.
5. Un flujo de aire de 18 metros cúbicos por minuto por metro cuadrado circula a través de 3 m de material. ¿Cuál es el flujo de aire por hectolitro?
6. Dibuje y describa dos métodos de adaptar un granero angosto rectangular de maíz para secamiento con aire forzado.
7. Compare el precio por meses recibido para un producto particular desde el momento de la cosecha. Observe el cambio en el precio que recibe el productor por uno, dos y tres meses, etc., después de la cosecha. Analice el cambio en precio con respecto al costo de almacenamiento en dichos periodos.
8. ¿Cuáles son las dos ventajas fundamentales de usar un transportador para colocar heno picado en un secador tipo granero?

9. ¿Cuán efectiva es una trituradora en reducir el tiempo de secado del heno?
10. Describa el principio de usar un silo para almacenamiento de maíz y heno humedecidos.
11. ¿Qué se entiende por contenido de humedad en equilibrio de un producto? De un ejemplo.
12. Diseñe un sistema de secamiento con aire forzado para 1,500 hectolitros de maíz en grano a 20 por ciento de humedad colocados en un silo de 2,40 m de profundidad.

REFERENCIAS

1. HALL, CARL W. *Drying Farm Crops*. Ann Arbor, Michigan. Edwards Brothers Inc. 1957. 336 pp.
2. HOGLUND, C.R., ESMAY, M.L., BOYD, J.S. y SNYDER, W.W. Economics of bunker and tower silos. Michigan Agricultural Experiment Station. Quar. Bulletin 41:430. 1958.
3. HOLMAN, LEO E. Aeration of grain in commercial storages, USDA Mkt Res. Report 178. AMS, Washington 25, D.C. 1957. 44 pp.
4. LASSITER, C.A. y HILLMAN, DONALD. The relative feeding value of silage when fed at different levels in combinations for dairy cattle. MSU Silage Conference. September 14-15. 1959. 95-102 pp.
5. MSU SILAGE CONFERENCE. Proceedings. Sponsored by the College of Agriculture, Michigan State University. September 14-15, 1959. (mimeo). 1959. 142 pp.
6. MADDEX, R.L. y HALL, C.W. Mechanical cooling of grain. Michigan Cooperative Extension Bulletin F-234. 1956. 8 pp.
7. INTERNATIONAL HARVESTER COMPANY. *Farm Magazine* 46(3):5-8. Seminar. 1963.
8. U.S.D.A. *Losses in agriculture*. Washington, D.C.: ARS 20-1. June. 1954.
9. ————. *Drying ear corn and grains with unheated air and heated air*. Washington, D.C. Leaflets 331, 332, 333, 334. 1952.

Capítulo VII

REFRIGERACION Y ALMACENAMIENTO REFRIGERADO DE FRUTAS Y HORTALIZAS

Principios de la refrigeración. El hielo constituye el sistema de refrigeración más antiguo, conocido con el nombre de refrigeración natural. Antiguamente se acostumbraba extraer el hielo de los lagos y estanques congelados para almacenarlo y utilizarlo posteriormente. Aún hoy día, el hielo se utiliza ampliamente, pero se fabrica con el sistema de refrigeración mecánica.

El sistema de refrigeración mecánica proporciona un medio de extraer calor del producto caliente, es decir, un medio de transferir calor de un ambiente a baja temperatura a un medio exterior a más alta temperatura. Esto no quiere decir que se viole el principio de la transferencia de calor del cuerpo caliente al cuerpo frío, pues, para llevar a cabo esta transferencia de calor en un sistema de refrigeración mecánica, debe añadirse energía de una fuente exterior, ya sea como trabajo —motor eléctrico, motor Diesel, motor a gasolina o a vapor, o como calor— gas, electricidad, carbón, madera. Los primeros se conocen como sistemas de compresión y los segundos como sistemas de absorción.

La unidad de medida que representa cantidad de calor se conoce con el nombre de caloría, que es la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua en un grado centígrado. La caloría grande, designada Caloría o Kilocaloría (Kcal) es la cantidad de calor que se requiere para elevar la temperatura de 1,000 gramos de agua en un grado centígrado. También se usa como unidad de medida la Unidad Térmica Británica (Btu), que se define como la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua. Debido a que la cantidad de calor necesaria para elevar la temperatura de un gramo de agua varía a diferentes temperaturas, la caloría se define como la cantidad de calor necesaria para calentar un gramo de agua de 14.5 a 15.5°C. En la Tabla 7.1 se ofrecen las equivalencias de las distintas formas de energía.

Cambios de estado. Para comprender el principio de operación de un sistema de refrigeración, es muy útil conocer las relaciones que se establecen cuando se añade calor a un cuerpo. La materia existe en los tres estados:

Tabla 7.1. Equivalentes de una Kilocaloría

1,000 calorías
0.00156 hp/hr
0.00116 Kw/hr
3.968 Btu
3089 Pie-lb
1 Kcal

sólido, líquido y gaseoso. Las moléculas se mueven muy lentamente en los sólidos y mucho más rápido y sobre un área más grande, en los gases. A medida que se añade calor a un cuerpo, las moléculas se vuelven más activas. El fenómeno de la expansión de los materiales al calentarse prueba el incremento de la actividad molecular de un sólido cuando se aumenta la temperatura. Teóricamente, no hay ninguna actividad molecular a la temperatura del acero absoluto, que es un valor al cual no se ha llegado, aunque sí se ha aproximado. El cero absoluto de temperatura está a -273°C en la escala centígrado y a -460°F en la escala Fahrenheit.

Cuando se usa agua como sustancia se producen los siguientes cambios de temperatura a medida que se añade calor (Fig. 7.1): Si se aumenta una caloría a un gramo de hielo, la temperatura no se incrementa en 1°C como en el caso del agua que se explicó anteriormente, si no que se incrementará alrededor de 2°C por cada caloría que se añade. Por lo tanto, el calor específico del hielo es 0,5. A medida que se aumenta calor la temperatura se aproxima a 0°C . A 0°C (32°F) el hielo cambia su estado a la forma líquida. En esta condición se puede agregar una cantidad considerable de calor antes que la temperatura suba de 0°C . La cantidad de calor que se añade se conoce como calor latente (calor escondido) de fusión, que es de 80 calorías por gramo o 144 Btu por libra, a 0°C . El calor latente es el mismo para fundir o para congelar a 0°C . A medida que se agrega más calor, la temperatura del agua aumenta aproximadamente 1°C por cada caloría añadida a cada gramo hasta llegar a 100°C (212°F). Nuevamente, se debe añadir una considerable cantidad de calor, sin un cambio de temperatura, para aumentar la actividad molecular hasta el extremo que se produzca un cambio de líquido a gas. La cantidad de calor que se agrega se conoce como calor latente de vaporización y es igual a 538 calorías por gramo para agua a presión atmosférica normal. Si se añade calor adicional se requiere aproximadamente 0,48 calorías para aumentar la temperatura de un gramo de vapor en 1°C , el cual ahora ocupa mucho más volumen que en forma de líquido. El calor latente involucrado en la vaporización o en la condensación, es decir, en el cambio de gas a líquido, es el mismo. El calor sensible que interviene en un cambio de temperatura es $Q = C \times W \times \Delta T$, donde Q es calor expresado en Kcal; C es el calor específico, W , es el peso del material en kilos y ΔT es el cambio de temperatura en $^{\circ}\text{C}$.

Si la presión ejercida sobre el producto cambia, la temperatura a la cual ocurre el cambio de estado y la cantidad de calor comprendida como calor latente también cambia (línea punteada, Fig. 7.1). A medida que se aumenta la presión, la temperatura a la cual ocurre el cambio de estado tam-

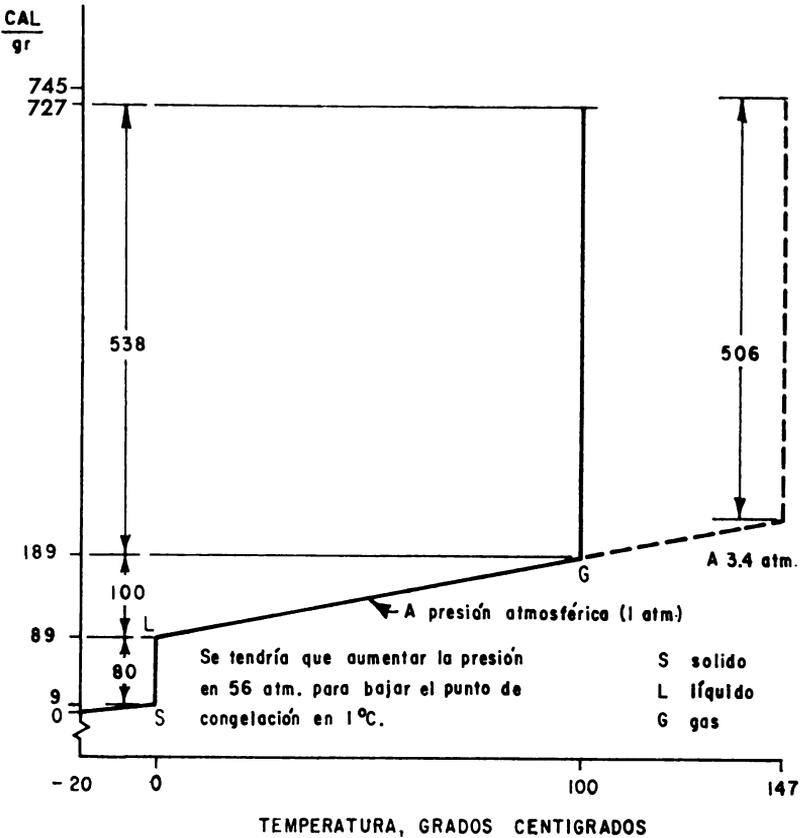


Fig. 7.1. Calor en un gramo de agua a varias temperaturas.

bién aumenta y el calor latente disminuye. Estos principios intervienen en la operación de un sistema de refrigeración mecánica o artificial.

Sistemas de refrigeración con hielo. Las partes esenciales de un sistema de refrigeración con hielo son: un recipiente cerrado, hielo y un método para extraer el agua de fusión. El calor llega al hielo del producto y al aire circundante que se halla más caliente. El hielo se funde por efecto del calor absorbido, el cual es llevado por el agua de fusión. El hielo, que debe reabastecerse periódicamente, se considera en este caso como el refrigerante o agente frigorífico que lleva las calorías del recipiente cerrado al exterior. El flujo de calor proporciona el cambio de estado de sólido a líquido (Fig. 7.2). Un sistema con hielo puede enfriar solo hasta 0°C a presión atmosférica normal y se afecta sólo muy ligeramente por grandes aumentos de presión.

El uso de hielo, que se fabrica con un sistema de refrigeración mecánica, es común en muchos sistemas de refrigeración. Cuando se desea enfriar a 0°C, el hielo se pica, o se fabrica en forma de escamas. Con frecuencia se



Fig. 7.2. Flujo de calor comprendido en los cambios de estado.

le coloca sobre los productos que se transportan o se le coloca en cámaras separadas, a través de las cuales se enfría el aire, que se usa para mantener las temperaturas bajas durante el transporte y el almacenamiento.

Sistema de refrigeración mecánica. Los componentes esenciales de un sistema de refrigeración mecánica son: el refrigerante, el evaporador, el compresor, el condensador y los controles (Fig. 7.3).

Refrigerante. El refrigerante sirve para llevar el calor del cuarto frío al medio exterior. Los refrigerantes operan entre los estados líquido y gaseoso a diferencia del hielo que opera entre los estados sólido y líquido. El refrigerante, por lo tanto, circula a través del sistema en tuberías cerradas y se usa continuamente. Sólo en el caso que hayan fugas es necesario reemplazarlo. Algunas propiedades deseables en un refrigerante son: bajo punto de ebullición, alto calor latente, operación a presión positiva, que no sea tóxico, no sea corrosivo, miscible con aceite y que se le pueda extraer el agua. Entre los refrigerantes más usados están el amoníaco, el freón, el cloruro de metilo, cloruro de etilo, dióxido de azufre y dióxido de carbono. Por lo general,

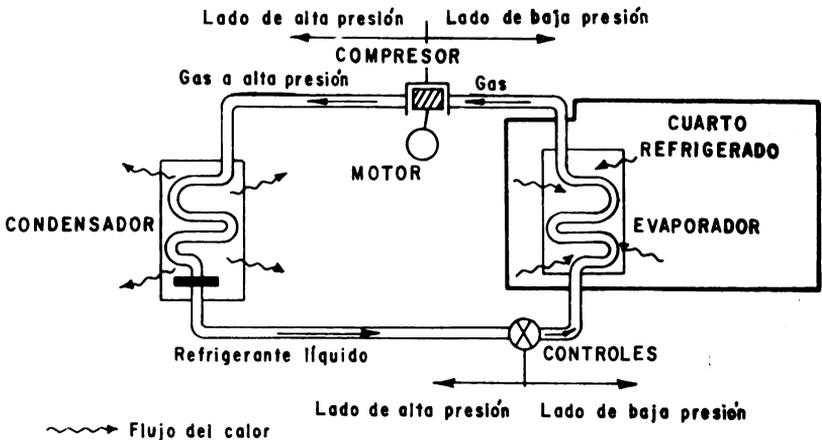


Fig. 7.3. Sistema de refrigeración por compresión mecánica.

el amoníaco se usa en instalaciones comerciales grandes debido a su menor costo ya que la cantidad de calor extraída por kilogramo de amoníaco es bastante alta. Sin embargo, para pequeños sistemas domésticos y unidades portátiles y para muchas instalaciones que conservan alimentos se usa freón, debido a que es inerte y a que opera a una menor diferencia de presión dentro del sistema, disminuyendo así los problemas de mantenimiento. Para los sistemas con amoníaco se usa acero en las instalaciones y para los sistemas con freón se usa cobre.

Evaporador. El evaporador o serpentín de enfriamiento o congelación está localizado en el cuarto refrigerado. El calor fluye de los productos que se enfrían, al aire que los rodea, el cual circula por convección natural o forzada por la superficie del evaporador. El calor fluye del aire más caliente al refrigerante más frío que está dentro de los tubos del evaporador.

Los evaporadores pueden clasificarse como secos e inundados. En los evaporadores secos el refrigerante predomina en el estado de vapor, mientras que, en los inundados, se encuentra al estado líquido. La mayoría de los sistemas son del tipo seco. A medida que se añade calor al refrigerante se produce el cambio de estado de líquido a gas, tanto en los evaporadores secos como en los inundados. El cambio de estado es comparable a la ebullición o evaporación del agua y de allí, el nombre de evaporador. La temperatura de vaporización depende del refrigerante en particular y de la presión del sistema. Un sistema con amoníaco a presión de 1 atm hierve a -33°C . Si fuera necesario enfriar a menor temperatura sería necesario disminuir la presión dentro del evaporador. El gas formado sale del evaporador y lleva consigo el calor (calor latente) que para amoníaco es de 318 Kcal/Kg a presión de 1 atm aproximadamente (Tabla 7.2).

Cuando el evaporador se coloca en contacto directo con el ambiente en que se encuentra el producto que se enfría, el sistema se conoce con el nombre de expansión directa (XD). En otros casos se enfrían salmuera, agua, glicol u otras soluciones que a su vez sirven para enfriar el producto, éstos se designan como sistemas de refrigeración indirecta. El serpentín de enfriamiento con la salmuera que sirve para enfriar el producto va colocado en el cuarto refrigerado mientras que el evaporador está en un lugar diferente.

Compresor. El compresor es una bomba que sirve para circular el refrigerante a través del sistema. Puede ser del tipo positivo, ya sea de pistón o rotatorio o del tipo centrífugo. Debido a que muchos sistemas usan un motor eléctrico para accionar el compresor, con frecuencia suelen llamarse sistemas de refrigeración eléctrica. Sin embargo, éste es un nombre inapropiado, desde que el compresor puede accionarse por cualquier tipo de motor. Una denominación más apropiada sería la de sistemas de refrigeración por compresión.

El compresor recibe el gas del evaporador a la presión de succión y la aumenta hasta la presión de descarga. En el proceso de compresión, la temperatura se aumenta a tal punto, que el gas alcanza una temperatura mayor que la temperatura de condensación deseada en el condensador. Debido a la adición del calor de compresión, la presión aumenta aunque no se produce un cambio de estado. El compresor constituye el corazón del sistema de refrigeración y es el lugar donde se añade energía para proporcionar un medio de llevar el calor del cuarto refrigerado a baja temperatura, al medio exterior, a mayor temperatura.

Tabla 7.2. Características de algunos refrigerantes

REFRIGERANTE	Calor latente de vaporización a -18°C, Kcal/Kg	Presión de condensación a 30°C, atm*	Presión de vaporización a -19°C, atm*	Punto de ebullición a la presión atmosférica, °C	H _p por ton a 30°C, -18°C**
Amoníaco (NH ₃)	318	10.5	1.34	— 33.3	0.98
Cloruro de Metilo (CH ₃ Cl)	97	5.5	0.44	— 23.6	1.02
Cloruro de Etilo	96			12.2	
Dióxido de azufre (SO ₂)	95.5			— 10.0	
Dióxido de carbono (CO ₂)	65	70.0	21.60	— 23.8	1.83
Freón 12 (C Cl ₂ F ₂)	42.0	6.3	0.80	— 29.8	1.01
Freón 22 (C H Cl F ₂)		10.9	1.93	— 40.8	1.02
Propano (C ₃ H ₈)		9.6	1.85	— 42.3	1.03

* Standard Oil Co., Engineering Bulletin, R-216, p. 53, 1958.
 ** Temperaturas del condensador y del evaporador. Cortesía de American Oil Co., Chigaco, Illinois.

En los casos en que deban efectuarse grandes cambios de presión en el compresor podrían usarse varias unidades para tener así compresión en varias etapas o multicompresión. La unidad adicional se llama, por lo general, compresor "booster". La mayoría de los compresores son de una sola etapa, pero cuando existe un cambio de presión en el refrigerante mayor que de 10 a 1, se deben usar dos o tres etapas, como para la refrigeración a temperaturas muy bajas.

Condensador. La función del condensador es de extraer el calor del refrigerante gaseoso que entra a alta temperatura y transformarlo en refrigerante líquido a la salida. De este modo, se cumple aquí el segundo paso del ciclo, o sea, el cambio del estado gaseoso al estado líquido. Amoníaco gaseoso entre 82 y 88°C pasa del compresor al condensador; el condensador enfría el gas a una temperatura entre 27 y 32°C y lo cambia al estado líquido. El calor sale del condensador debido a que hay una temperatura mayor en el interior que en el exterior. El calor se extrae por aire, agua u otro fluido que circule por el exterior del serpentín del condensador. El fluido puede tener circulación forzada o circular por gravedad alrededor del condensador. Algunos condensadores utilizan agua para enfriar durante el verano y aire durante el invierno.

Hay muchos tipos de intercambiadores de calor que se usan como condensadores: de casco y tubos, de placas y de tubos concéntricos. El enfriamiento exterior puede hacerse por convección o por enfriamiento evaporativo, rociando agua sobre la superficie exterior. Debido al costo del agua, y a fin de hacer más económica la operación, se utilizan con frecuencia el enfriamiento evaporativo o las torres de enfriamiento. En el caso de las torres de enfriamiento el agua que extrae el calor del condensador se lleva a una torre, exterior al sistema, donde se le enfría para usarla nuevamente en el condensador. Debe añadirse un poco de agua para reemplazar la que se evapora. La diferencia de temperatura entre la temperatura de condensación dentro del serpentín y la temperatura del fluido exterior es de 8 a 10°C. Si el calor no se extrae rápido, habría un aumento de la presión y temperatura en el interior del serpentín. Una regla general es que 7,6 litros por minuto de agua o 15 metros cúbicos por minuto de aire se necesitan por cada 3000 frigorías por hora de refrigeración.

En conexión con el condensador se utiliza, por lo general, un recipiente o depósito. El refrigerante líquido se almacena en el recipiente cuando el sistema está parado. El refrigerante normalmente pasa del condensador al recipiente antes de recircular a través del sistema. El recipiente es un almacén para el refrigerante y puede suministrar al sistema cantidades variables, que dependen de la carga de enfriamiento. El recipiente puede ser una parte del condensador o una unidad separada.

Controles. La función de los controles es de mantener la cantidad y temperatura de refrigeración adecuadas. El método principal de control está constituido por una válvula de expansión que puede ser manual o automática. La válvula de expansión se coloca en la línea líquida a la entrada del evaporador. A medida que se requiere enfriamiento adicional se admite más refrigerante para que pueda extraer mayor cantidad de calor. Un control termostático puede operar automáticamente a partir de un elemento sensible o bulbo termostático que va amarrado en la parte exterior del evaporador, a su salida (Fig. 7.4).

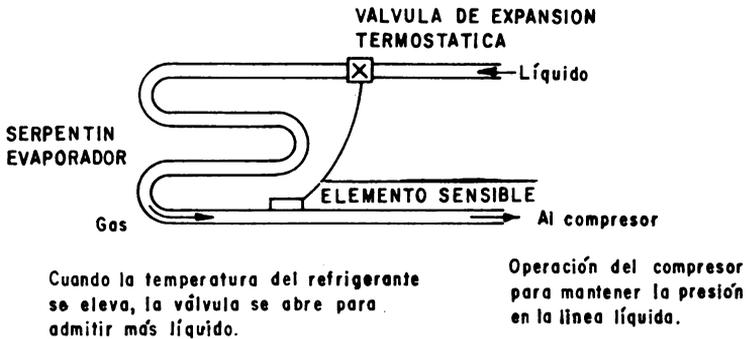


Fig. 7.4. Control termostático para un sistema de compresión.

A medida que la temperatura aumenta, la válvula de expansión se abre más aún, para admitir más refrigerante, manteniendo una presión uniforme en el evaporador. La temperatura de vaporización, o sea, la temperatura de enfriamiento en el evaporador, para un sistema balanceado se controla así desde la válvula de expansión. La temperatura en el condensador es controlada por la velocidad de enfriamiento del condensador. Si no se extrajera el calor la presión y la temperatura del condensador aumentarían.

Para los sistemas inundados, en los que existe un acumulador y un flotador, que mantienen la altura del líquido en el evaporador, se usan controles diferentes. La temperatura del evaporador se mantiene por sí misma de acuerdo a la carga de calor que se impone a la unidad, pues el flotador funciona sólo para mantener un suministro uniforme de refrigerante al evaporador y no para mantener la presión en la unidad como sucede con el sistema seco.

En los sistemas chicos, en lugar de la válvula de expansión, se usan tubos capilares con un pequeño diámetro interior y una longitud determinada, para lograr la caída de presión. El motor opera de acuerdo a interruptores de presión. La temperatura se mantiene con el dispositivo de presión que controla la operación del motor.

El refrigerante se encuentra a alta presión desde el compresor hasta el dispositivo de control. Este se conoce como lado de alta presión del sistema. El resto es el lado de baja presión.

Designación. Un sistema de refrigeración se designa por la cantidad de calor que puede extraer del producto y no por la cantidad que rechaza al condensador. La designación común es la tonelada de refrigeración, que es la cantidad de calor que se requiere para transformar una tonelada de agua (2000 lbs.) a 0°C en una tonelada de hielo a 0°C. En los sistemas de refrigeración mecánica el calor se extrae en 24 horas. Así una unidad de una tonelada de capacidad extraerá 288,000 Btu en 24 horas o 12,000 Btu por hora (3024 frigorías por hora). En el sistema métrico, la unidad de refrigeración es la frigoría que representa la cantidad de calor que debe extraerse a un kilogramo de agua para bajar su temperatura en un grado centígrado. La cantidad de calor rechazada en el condensador es mayor que la cantidad extraída del producto debido al calor añadido por el compresor.

Las unidades se designan por lo general, a una presión de succión y de descarga determinada, tales como 1,36 Kg/cm² para la succión de 82 Kg/cm² para la descarga, en los sistemas de amoníaco. Existe una relación definida entre los requerimientos de potencia y la capacidad de refrigeración. A medida que la presión de succión aumenta la potencia requerida disminuye, mientras que cuando la presión de descarga aumenta la potencia necesaria también aumenta. Esto es similar a lo que sucede en la operación de una bomba. Para lograr un menor consumo de potencia es deseable tener una presión de entrada o de succión tan alta como sea posible y una presión de descarga tan baja como sea posible (Fig. 7.5 a y b). En los sistemas de amoníaco se requiere 1 hp/hr por 3000 frigorías/hr cuando opera a 1,36 Kg/cm² de presión en la succión, comparado con 2 hp/hr cuando opera a 7,6 cm de mercurio en la succión. Cuando la presión de descarga aumenta de 10 a 13,6 Kg/cm² la potencia necesaria aumenta 17 por ciento, aproximadamente.

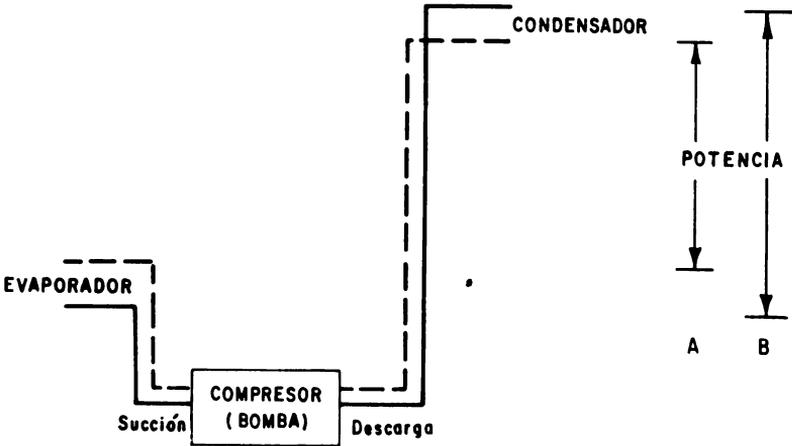


Fig. 7.5a. Relaciones de las presiones de succión y descarga con la potencia.

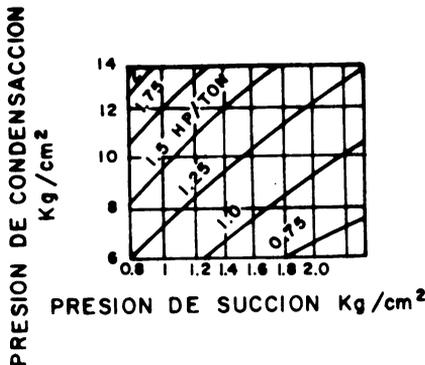


Fig. 7.5b. Efecto de las presiones de succión y condensación en la potencia necesaria para un compresor típico de amoníaco (Hukill y Smith, 1946).

Eficiencia de operación. La operación eficiente de un sistema de refrigeración consiste en: 1) mantener limpio el evaporador a ambos lados, se descongela por el exterior y se elimina el aceite del interior; 2) mantener limpio el condensador en ambos lados, se elimina las incrustaciones del exterior, en los sistemas de enfriamiento por agua; y el polvo y suciedad, en los sistemas de enfriamiento por aire, y se elimina el agua que se acumule en el refrigerante con la condensación; 3) mantener una pequeña diferencia de presión entre los lados de alta y de baja presión, a fin de que los costos de operación del compresor sean mínimos, esto se logra si se mantiene una presión de descarga tan baja como sea posible y una presión de succión tan alta como sea posible; 4) mantener el refrigerante limpio; 5) eliminar los lubricantes de los sistemas de amoníaco y usar el lubricante apropiado en cualquier sistema; y, 6) eliminar la humedad en forma de vapor o líquido.

El lubricante no debe vaporizarse a las temperaturas más altas ni congelarse a las temperaturas más bajas. Estas características se identifican con el punto de inflamación y el punto de congelación. El aceite puede purgarse del sistema en los puntos bajos, tales como el fondo del evaporador, si se usa la presión más alta del sistema, cuando esté sobre la presión atmosférica, para forzar su salida. El agua puede eliminarse con desecadores, que son materiales colocados en la línea para absorber la humedad. La presencia de productos no condensables es en particular problemática cuando el sistema de refrigeración se opera a presión menor que la atmosférica. Hidrógeno, nitrógeno y otros gases no condensables pueden introducirse en el sistema y disminuir la efectividad de la transmisión de calor. Los no condensables se eliminan por un punto alto del sistema, por el que puedan purgarse.

Sistema de refrigeración por absorción. Este sistema se conoce a veces como sistema de refrigeración a gas, debido a que se desarrolló quemando gas para proporcionar la energía externa necesaria, para transferir el calor de un ambiente a baja temperatura a otro ambiente a mayor temperatura. El calor también puede obtenerse a partir de carbón, petróleo, electricidad o calentamiento solar. El sistema consiste de un generador, un evaporador, un mecanismo de absorción, el absorbente y un condensador, todos conectados en sistema cerrado (Fig. 7.6). No existen partes móviles. Es necesario que se suministre agua de enfriamiento para eliminar el calor del sistema. El sistema opera en los estados líquido gaseoso, como en el sistema de compresión. La presión es la misma a través de todas las secciones de la unidad. El calor se aplica para proporcionar la energía que se necesita para transportar el vapor y el calor.

Absorbente. Para transportar el calor del sistema debe usarse un absorbente. A través del sistema puede fluir una mezcla de amoníaco y agua, en la cual el amoníaco es el refrigerante y el agua el absorbente, o una mezcla de agua y una sal, como el cloruro de litio, en la cual el agua es el refrigerante y la sal es el absorbente. En los sistemas con amoníaco agua, a medida que el agua se calienta el amoníaco se desprende, hasta un desprendimiento casi total en el punto de ebullición del agua. El efecto de enfriamiento se obtiene por evaporación al igual que cuando se evapora alcohol sobre la piel. Cuando el agua se enfría, está en condiciones de absorber nuevamente el gas amoníaco.

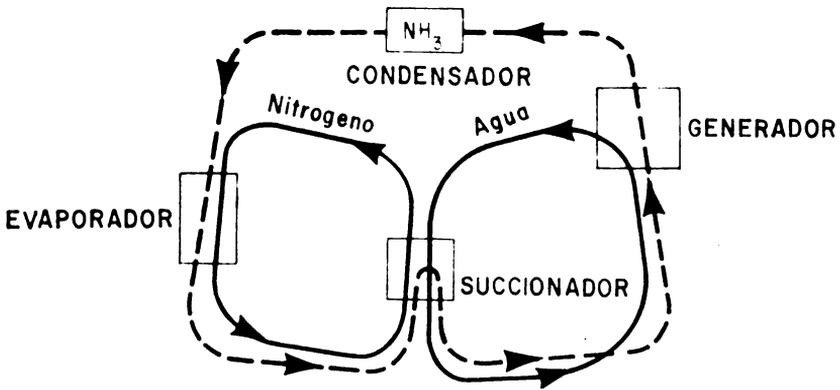
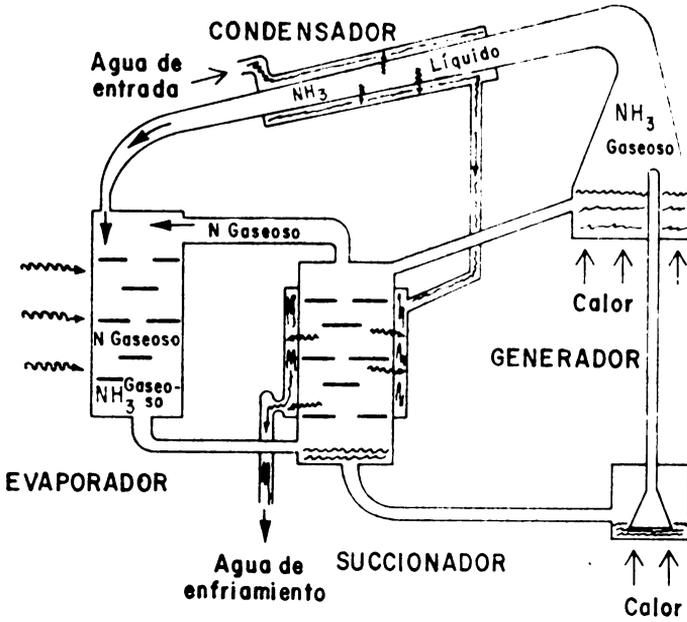


Fig. 7.6. Sistema de refrigeración por absorción.

Generador. El generador contiene el amoníaco disuelto en el agua. El calor proporcionado por la fuente exterior libera el vapor de amoníaco y lleva la solución del absorbedor al generador. El generador cumple en el sistema de absorción, la misma función que el compresor, en el sistema de compresión.

Condensador. En el condensador se efectúa la condensación del vapor de amoníaco liberado por el generador. Para transportar el calor, el agua debe

suministrarse de una fuente exterior, del mismo modo que se suministra agua al condensador de un sistema de compresión. El agua luego pasa a la superficie exterior del absorbedor para extraer calor adicional.

Evaporador. El amoníaco entra en forma líquida al evaporador o serpentín de enfriamiento. El nitrógeno del absorbedor también entra al evaporador. Debido a la vaporización se produce el efecto de enfriamiento. El amoníaco líquido cambia al estado gaseoso y pasa al absorbedor. En el evaporador existe una alta presión debido a la presencia de grandes cantidades de nitrógeno. La presencia del amoníaco causa sólo una pequeña presión pero lo suficiente baja para proporcionar un descenso de temperatura en el evaporador debido a la baja presión parcial del vapor de amoníaco.

Mecanismo de absorción. En el absorbedor, el gas amoníaco que viene del evaporador y el nitrógeno ascienden mientras que el agua que cae desde un punto superior del absorbedor disuelve y arrastra el amoníaco. La solución de amoníaco vuelve al generador y el proceso se repite. El nitrógeno queda confinado en el evaporador y en el absorbedor y causa una alta presión, en particular al evaporador.

Si se consideran los tres componentes básicos del sistema de absorción, el amoníaco circula del generador al evaporador, luego al absorbedor y nuevamente al generador (Fig. 7.6). El agua pasa del generador al absorbedor y luego regresa al generador. El nitrógeno circula del absorbedor al evaporador y luego regresa al absorbedor. Estos tres ciclos gaseosos se llevan a cabo para efectuar la transferencia de calor deseada.

Control. El control de la unidad se hace manual o con un termostato que controla automáticamente la válvula de gas. La entrada mínima de gas se regula con un tornillo en el termostato. El ajuste inadecuado del termostato o una llama muy grande en la posición mínima puede causar una baja temperatura de refrigeración. A la inversa, la refrigeración puede ser demasiado caliente debido a que el agua de enfriamiento es insuficiente o muy caliente, hay poco gas o la combustión no es adecuada o hay una mala distribución de la llama sobre la superficie de calentamiento.

Una máquina de amoníaco que trabaje por absorción, con 12 Kg/cm² en el condensador y 1,7 Kg/cm² en el mecanismo de absorción, requiere 8750 Kcal, por hora por cada 3000 frigorías/hora de refrigeración. La unidad requiere 36 litros por minuto de agua con una diferencia de 5,5°C por cada 3000 frigorías/hora de refrigeración.

Almacenamiento refrigerado. El almacenamiento refrigerado de frutas y hortalizas prolonga la vida del producto y proporciona una época óptima para su comercialización. Este almacenamiento puede llevarse a cabo en la granja o como una empresa industrial. Cuando se efectúa a temperaturas sobre el punto de congelación del producto, se conoce como almacenamiento en frío o en enfriadores, y cuando se hace a temperaturas bajo el punto de congelación, se conoce como almacenamiento congelado o en congeladores. Se puede prolongar la vida del producto en el almacén, si se proporciona una atmósfera controlada, con dióxido de carbono u otro gas inerte alrededor del producto y control apropiado de la humedad, en combinación con el almacenamiento refrigerado.

Hasta hace veinte años, la mayoría de los almacenes para frutas y hortalizas se enfriaban con aire o eran almacenes comunes sin refrigeración. Con frecuencia podía añadirse hielo para tener una temperatura más fría que la que puede proporcionar el aire y en algunos casos, podía agregarse agua al aire para mantener una humedad relativa elevada.

Un almacén refrigerado debe proporcionar:

1. **UNA TEMPERATURA ÓPTIMA**, de tal modo que la velocidad de transpiración del producto sea baja, y que el daño debido a los microorganismos asociados se mantengan al mínimo y que se evite el daño al producto por la congelación. La mayoría de las frutas y hortalizas congelan a -1.7°C aproximadamente. El frío puede dañar a muchos productos antes que lleguen al punto de congelación (Tablas 7.3 y 7-4).
2. **UNA HUMEDAD ÓPTIMA**. La humedad también es importante para evitar que los microorganismos dañen el producto. La humedad relativa debe ser lo suficiente alta para evitar pérdidas de humedad del producto. En general, la humedad relativa en el almacén debe ser de 85 a 90 por ciento para frutas, 90 a 95 por ciento para hortalizas foliosas y raíces y de 85 a 90 por ciento para otras hortalizas (Tablas 7.3 y 7.4). Cuando se conservan productos que respiran y se mantiene el evaporador a una alta temperatura se logra en el almacén una humedad relativa elevada.
3. **MOVIMIENTO ÓPTIMO DE AIRE** y de distribución adecuada. Es necesario una adecuada distribución del aire a fin de mantener una temperatura uniforme en todo el almacén para prevenir la estratificación del calor y de la humedad y, en el caso de atmósfera controlada, para proporcionar una atmósfera uniforme alrededor del producto. La ventilación para introducir aire exterior debe mantenerse al mínimo. Es difícil conservar una humedad relativa alta en el almacén con grandes cantidades de ventilación. En general, no es económico enfriar o refrigerar el producto por aire frío exterior, porque la temperatura exterior está debajo de la temperatura de almacenamiento sólo por un corto tiempo, y el ahorro resultante es despreciable. La ventilación se recomienda algunas veces para disminuir los mohos y otros microorganismos en el producto almacenado.
4. **SANIDAD**. El almacén debe limpiarse con frecuencia con una solución de jabón, enjuagarse debidamente y algunas veces fumigarse. Para reducir el crecimiento de microorganismos de algunas frutas y hortalizas se utilizan ciertos gases oxidantes como el ozono. Debe prevenirse la entrada de roedores al almacén usando metal, mallas. Las exigencias para el almacenamiento de frutas y hortalizas varían considerablemente (Tabla 7.3).

Preenfriamiento. El enfriamiento, antes del almacenamiento, aumenta la calidad y conservación del producto, elimina calor y reduce la carga de refrigeración en el almacén. El producto puede enfriarse forzando aire a través de él mismo para eliminar el calor del campo y el calor de la respiración; por circulación del producto a través de un túnel de enfriamiento equipado con un sistema de refrigeración; por enfriamiento de las frutas con agua, tal como se hace con las cerezas, manzanas, en el sistema cono-

Tabla 7.3. Requisitos de almacenamiento para frutas frescas (basado principalmente en Agriculture Handbook, 1966)

Producto	Temperatura °C	Humedad relativa, porcentaje	Período de almacenamiento
Aceitunas, frescas ..	7 a 10	85 - 90	4-6 semanas
Albaricoques	-0.5 a 0	85 - 90	1-2 semanas
Arándanos	2 a 4-5	85 - 90	1-3 meses
Bananas, maduración..	16.5 a 21	90 - 95	
conservación	13 a 21	85 - 90	7-10 días
Cerezas	-0.5 a 0	85 - 90	10-14 días
Ciruelas	-0.5 a 0	85 - 90	3-4 semanas
Fresas	-0.5 a 0	85 - 90	7-10 días
Higos	-0.5 a 0	85 - 90	10 días
Limas	9 a 10	85 - 90	6-8 semanas
Limones	10 a 14.5	85 - 90	1-4 meses
Mandarina	-0.5 a 3.5	90 - 95	2-4 semanas
Mangos	10	85 - 90	15-20 días
Manzanas, mayoría de variedades	-1 a 0	89 - 90	hasta 5 meses
Yellow Newton, McIntosh y Rhode Island Greening .. .	2 a 3.5		
Jonathan	1 a 2		
Melocotones	-0.5 a 0	85 - 90	2-4 semanas
Moras	-0.5 a 0	85 - 90	5-7 días
Naranjas, Florida	-0.5 a 0	85 - 90	8-12 semanas
California	1.5 a 3	85 - 90	5-8 semanas
Níspero japonés	-1	85 - 90	
Papayas, maduras	7	85 - 90	7-21 días
Peras	-1 a -0.5	90 - 95	hasta 3 meses
Piña, verde madura .. .	10 a 15.5	85 - 90	2-3 semanas
madura	4.5 a 7	85 - 90	2-4 semanas
Toronja, tallo atacado con Diplodia	7.2 a 13	85 - 90	4-6 semanas
Phomopsis	0	85 - 90	

cido como hidro enfriamiento; por enfriamiento al vacío, donde se coloca un producto, tal como la lechuga, en un alto vacío, y la evaporación del agua proporciona el efecto de enfriamiento en el producto; se usa también hielo o hielo y salmuera y se circula aire a través del hielo y luego sobre el producto para enfriarlo.

Manipuleo. El método y equipo usados para transportar el producto del huerto o campo al almacén son muy importantes desde el punto de vista de mantener calidad y proporcionar una operación económica. El manipuleo rápido ayuda a preservar la calidad y si se usa con preenfriamiento, la conserva

Tabla 7.4. Requisitos de almacenamiento para hortalizas frescas (basado principalmente en Agriculture Handbook, 1966)

Producto	Temperatura °C	Humedad relativa, porcentaje	Período de almacenamiento
Achicoria, globo	-0.5 a 1	90 - 95	
Ajos, secos	0	70 - 75	6-8 meses
Apio	-0.5 a 1	90 - 95	2-4 semanas
Arvejas, verdes	0	85 - 90	1-2 semanas
Berenjena	0.7 a 10	85 - 90	10 días
Brócoli	0	90 - 95	7-10 días
Calabaza	10 a 13	70 - 75	2-6 meses
Camote	13 a 15.5	85 - 90	4-6 meses
Cebolla	0	70 - 75	6-8 meses
Col, temprana	0	90 - 95	3-6 semanas
Col de Bruselas	0	90 - 95	3-4 semanas
Coliflor	0	85 - 90	2-3 semanas
Espinaca	0	90 - 95	10-14 días
Habas	0	85 - 90	15 días
Hortalizas secas		70	1 año
Judías verdes	7 a 10	85 - 90	15 días
Lechuga	0	90 - 95	2-3 semanas
Maíz, dulce	-0.5 a 0	85 - 90	
Melón	4.5 a 7	85 - 90	1-2 semanas
Nabo	0	90 - 95	4-5 meses
Papas, cultivo temprano	10	85 - 90	
cultivo tardío	4.5	85 - 90	5-8 meses
antes de picarlas . .	10 a 13	70 - 75	2-6 meses
Pepinillo	7 a 10	85 - 90	2-3 semanas
Rábanos			2-3 semanas
Sandía	2 a 4.5	85 - 90	2-3 semanas
Tomate, maduro	10	85 - 90	8-12 días
verde maduro	13 a 21	85 - 90	2-6 semanas
Zanahoria	0	90 - 95	4-5 meses
Zapallito, verano	0 a 4.5	85 - 90	10-14 días
invierno	10 a 13	50 - 55	4-6 meses

aún mejor. Asimismo, al manipular el producto no debe causársele daño o hacer que el daño ocasionado sea mínimo. A fin de reducir el daño a la fruta es preferible un método de manipuleo donde el producto no necesite transferirse de diferentes recipientes en el campo a otros recipientes en el almacén y aún a otros para su salida posterior del almacén. Por lo general, los productos se manipulan en cajas, cajones, barriles, canastas, plataformas, plataformas con patines o al granel, usando transportadores, levantadores de horquilla, vagones, remolques, camiones o canaletas. En el Capítulo IV se presentan detalles sobre el manipuleo de frutas y hortalizas. Existen tantas variaciones en los métodos de manipular las diferentes frutas y hortalizas que no pueden estar

representados por una o dos descripciones o definiciones generales. El sistema de manipuleo que se use varía de acuerdo al producto, la región del país y al uso que se va a dar al producto, es decir, si va a ir al mercado de productos frescos ó a la industria de procesamiento. Por lo tanto, para seleccionar un sistema que llene los requisitos de los productos que se desean transportar, debe hacerse un estudio de los diferentes métodos de manipuleo. En la actualidad se están desarrollando equipos de cosecha que permiten eliminar gran parte de la labor manual que se requería para esta operación. A medida que se desarrollan nuevas variedades, nuevos productos y nuevos equipos para la cosecha también hay que desarrollar nuevos métodos de manipuleo.

Localización, disposición y administración del almacén. La localización del almacén depende en gran parte de la forma de comercialización y de la ubicación del huerto o campo. Por una parte es útil tener el almacén tan cerca del área de producción como sea posible, mientras que por otra parte, un almacén al borde de una carretera, tendría un valor considerable para hacer ventas de productos frescos al por menor. Sería conveniente localizar el almacén de tal modo que luego pueda venderse en forma independiente de la granja.

La disposición del almacén determina en gran parte la eficiencia con que puede utilizarse. Debe estudiarse cuidadosamente el sistema de manipuleo del producto del campo al almacén y su salida al por mayor o al por menor y luego planear la disposición que facilite el procedimiento de manipuleo. Deben tomarse decisiones respecto a clasificación, empaquetado y comercialización del producto. El cuarto de envasado debe tener un mínimo de 1 a 1,2 m²/Hl que va a empaquetarse en un día de 10 horas (Gastón y Levin, 1954). La mayoría de los dueños de granjas tienen el almacén en un cuarto, y el cuarto de empaquetado, adyacente al almacén. También debe proporcionarse un almacén para las canastas vacías. El espacio del almacén al nivel del piso se usa, por lo general, para canastas vacías. El equipo de refrigeración debe estar en un cuarto separado. En la Fig. 7.7 se muestra una disposición para almacén, empaquetado y cuarto de ventas para 3500 hectolitros. Se requieren 0,2 a 0,24 m³/Hl aproximadamente para el almacén, si no se usan plataformas y hasta 0,25 m³/Hl, si las cajas o canastas se colocan en plataformas.

El costo del almacenamiento por hectolitro decrece a medida que el tamaño del almacén aumenta. En general, un almacén de 7000 hectolitros costaría de US\$ 3.00 a US\$ 3.75 por Hl. Aproximadamente de un cuarto a un tercio de este valor es para equipo de refrigeración. Los costos generales anuales basados en la inversión original son los siguientes:

Equipo de refrigeración	— 10 por ciento
Estructura del almacén	— 3 ¹ / ₃ por ciento
Intereses	4 a 5 por ciento
Impuestos y seguros	2 por ciento

Por lo tanto, alrededor de un quinto del costo original debe preverse para gastos generales o costos fijos por año.

El costo total por canasta por año, por propiedad y operación de un almacén, es de alrededor del 20 por ciento del costo original, del cual la mitad es para gastos generales y el resto para gastos de operación incluyendo elec-

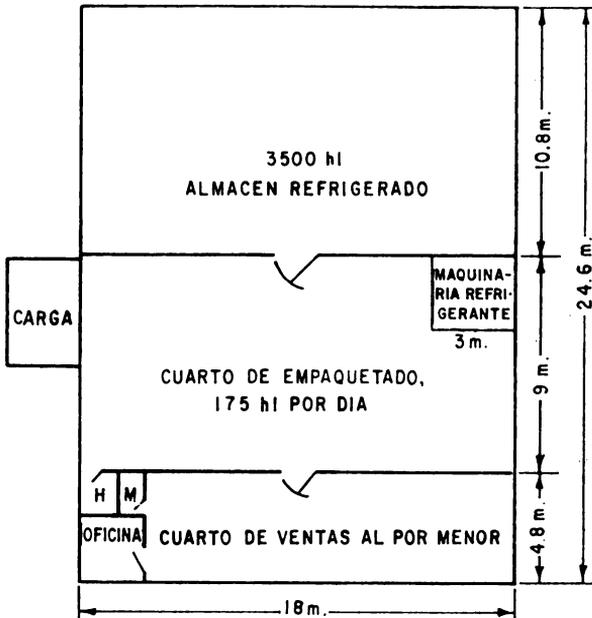


Fig. 7.7. Disposición de un almacén refrigerado para 3,500 hectolitros, para ventas al mayor y por menor.

tricidad, mano de obra, manipuleo y mantenimiento del equipo y la maquinaria.

Carga de calor para el almacén refrigerado. Es necesario conocer la cantidad de calor que debe extraer el sistema de refrigeración a fin de calcularlo debidamente. Una regla aproximada es que se necesitan 3000 frigorías/hora por cada 350 hectolitros de producto, por ejemplo manzanas, para enfriarlas hasta una temperatura entre -1 y 4.5°C con una carga diaria de un décimo del almacén. Así, un almacén de 3500 hectolitros tendrá un mínimo de 30,000 frigorías/hora para almacenar y enfriar aproximadamente 350 hectolitros por día. En caso que el compresor esté accionado por un motor eléctrico y se quiera enfriar hasta un rango de temperatura entre -1 y 4.5°C , se necesita alrededor de 1 hp por cada 3000 frigorías/hora. En el ejemplo dado se necesitarían 10 hp.

Las cargas de calor para el sistema de refrigeración pueden estar consideradas en tres categorías: 1) pérdidas a través de las paredes, 2) producción del calor del producto, y 3) cargas misceláneas por motores, luces, personas, y otros, que estén dentro del almacén.

Pérdida a través de las paredes. El calor que entra al almacén del exterior, a través de las paredes, debe extraerse por el equipo de refrigeración. Una regla aproximada es que se necesita proporcionar 400 frigorías/hora por cada 350 hectolitros de capacidad del almacén para eliminar el calor que

penetra a través de las paredes, techo y piso. La carga de calor puede calcularse en base al material, el área de la pared y la diferencia de temperaturas a través de las paredes, piso y techo. La ecuación $Q = U \times A \times \Delta t$ representa kilocalorías por hora a través de la pared. U es el coeficiente total de transmisión de calor que puede calcularse para una pared en particular con los datos de la Tabla 7.5, A es el área en cuestión, en metros cuadrados y Δt es la diferencia de temperatura entre el ambiente exterior y el ambiente interior. Si se calculan el piso, las paredes y el techo separadamente, se obtienen datos más precisos. La diferencia de temperatura en el techo es por lo general, 6°C más grande que la diferencia en las paredes.

Una pared de bloques de 20 cm rellenos con vermiculita y con 10 cm de aislante tiene un coeficiente U de 0,278 Kcal/hr/m²/°C, o un valor R_t de 2.82 (Fig. 7.8). El flujo de calor es de 8,00 Kcal/hr/m² para una diferencia de temperatura de 21,5°C. Un almacén refrigerado tiene por lo general un valor R_t entre 2,5 y 3,0.

Debe colocarse una barrera de vapor en el lado caliente, por lo general, cerca de la pared exterior. En las áreas templadas se usa un piso de concreto de por lo menos 10 cm de espesor, sin aislante. Para el perímetro se usa aislamiento de 5 cm de espesor que se extiende hasta 60 cm debajo del piso.

Calor del producto. El calor del producto para almacenamiento en frío consiste de calor sensible que debe ser extraído al enfriar el producto de la temperatura del campo a la temperatura del almacén y el calor de respiración también llamado a veces calor de evolución.

El calor sensible se calcula multiplicando el calor específico por el peso en kilos y por la diferencia de temperatura. Los valores específicos para algunas frutas y hortalizas se ofrecen en la Tabla 7.6. Para manzanas, incluyendo las canastas, el calor extraído al enfriar de 26°C a 4,5°C es:

$$0,86 \frac{\text{Kcal}}{\text{Kg } ^\circ\text{C}} \times 71 \frac{\text{Kg}}{\text{HI}} \times 21,5^\circ\text{C} = 1312 \text{ Kcal por hectolitro} = 1'312,000 \text{ Kcal}$$

por 1000 hectolitros. El peso por hectolitro de las manzanas es aproximadamente de 71 Kg. En un período de 24 horas la velocidad de enfriamiento sería de 54,666 Kcal/hr. Si la unidad se calcula para refrigerar un décimo de la capacidad del almacén deberán extraerse 5,466 Kcal por hora por cada 1000 hectolitros. Esto equivale a 1800 frigorías/hora aproximadamente de capacidad de refrigeración por cada 1000 hectolitros para enfriar únicamente 1 décimo de la carga del producto.

El calor de respiración depende de la temperatura. Se asume que el primer día la carga, al final de las 24 horas, baja su temperatura hasta un valor entre 0 a 4,5°C, que es la temperatura del almacén. El sistema de refrigeración debe calcularse para extraer el máximo calor de respiración que se tendría el último día de almacenamiento cuando se llene con el producto el último décimo de la capacidad. El sistema de refrigeración debe tener la capacidad suficiente para eliminar el calor producido por el 90 por ciento de la carga colocada previamente en el almacén, y que respira a una velocidad que corresponde de 0 a 4,5°C, más la velocidad de respiración más acelerada del producto recién colocado. Para enfriar manzanas de 0° ó 2°C, con

Tabla 7.5. Conductividad, k , de algunos materiales comunes de construcción, Kcal-cm/hr-m²·°C

TIPO Y DESCRIPCION	Conductividad, k	Resistividad $R = \frac{1}{k}$ por cm
Aislamiento		
Aserrín	5.58	0.179
Celotex	5.45	0.184
Corcho, planchas	3.72	0.269
Fibras, planchas	4.09	0.245
Fibras de madera	3.72	0.269
Lana mineral, de vidrio, de roca..	3.35	0.299
Paja	8.68	0.115
Paja seca picada	8.68	0.115
Tallo de maíz, granulado	3.35	0.299
Vermiculita	5.95	0.168
Albañilería		
Concreto - carbón (1:2:4)	62.0	0.016
Concreto, mortero de cemento, terrazo, piedra	148.8	0.007
Enlucido de yeso	69.5	0.014
Ladrillo	62.0	0.016
Mayólica (por 10 cm)	12.4	0.080
Espacio de Aire		
Aire en reposo	2.23	0.449
Espacio de aire ($\frac{3}{4}$ " y más)	13.64	0.074
Madera		
Abeto Douglas	10.18	0.098
Arce, roble	14.25	0.070
Madera prensada en planchas	9.93	0.101
Pino blanco, pino amarillo	12.40	0.081
Película de Aire		
Superficie exterior		0.013
Superficie interior		0.055
Piso		
Piso asfáltico ($\frac{1}{8}$ ")		0.003
Planchas de Construcción		
Planchas de asbesto	3.59	0.278
Planchas de yeso.	17.49	0.057

(Continúa en la siguiente página)

Tabla 7.5. (Continuación)

TIPO Y DESCRIPCION	Conductividad, k	Resistividad $R = \frac{1}{k}$ por cm
Techo		
Asfalto armado	16.50	0.061
Tejas de asbesto (1/4")		0.017
Tejas de asfalto		0.035
Tejas de madera	16.11	0.060
Ventanas		
Ventanas simples		0.072
Ventanas dobles (espacio de aire 1/4" sellado)		0.132
Unidades de Albañilería		
Bloques de carbón, rellenos con vermiculita		0.323
Bloques de concreto (20 cm) carbón		0.139
Bloques de concreto (20 cm) ..		0.890
Teja hueca de arcilla (15 cm)		0.123

$$U = \frac{1}{\frac{1}{f_1} + \frac{x_1}{k_1} + \frac{x_2}{k_2} + \dots + \frac{1}{f_o}} = \frac{1}{R_1 + R_2 + \dots + R_n} = \frac{1}{R_t}$$

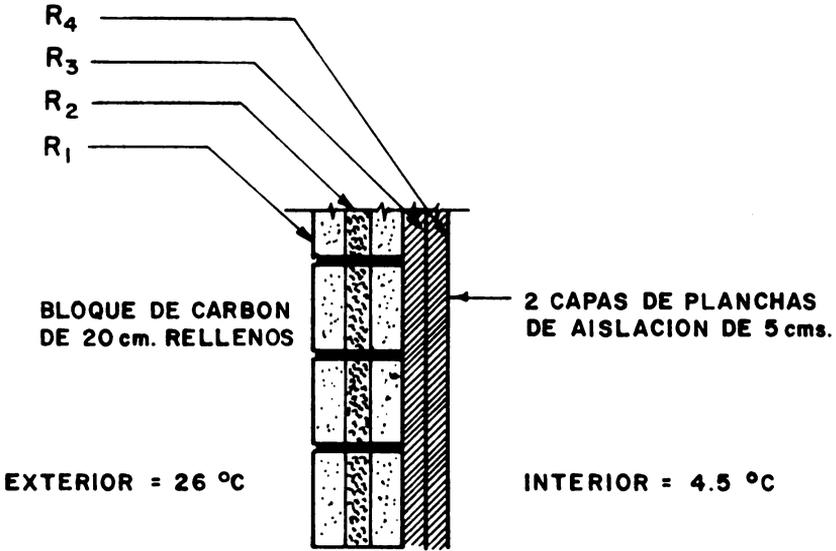
- x = espesor del material, cm.
- k = conductividad del material
- f₁ = coeficiente de película interior = 8.06
- f_o = coeficiente de película exterior = 29.27

Velocidad de la transferencia de calor, q = U · A · Δt

calor de respiración 175 Kcal por tonelada en 24 horas, una regla aproximada es que se necesitan 300 frigorías/hora por 350 hectolitros para 10 por ciento de la carga.

Cargas misceláneas. Las cargas misceláneas de calor incluyen el calor que añaden al almacén los operarios, motores eléctricos, luces y fugas a través de las puertas. Estos se consideran como carga de servicio y alcanzan al 10 por ciento, que se suma a las cargas mencionadas arriba. Algunos proyectistas usan 15 por ciento para este valor.

Cualquier almacén refrigerado que no se construye de acuerdo a un diseño normalizado debe calcularse de tal modo que disponga de la capacidad adecuada de refrigeración. La velocidad de carga hace variar considerable-



RESISTENCIA DE LA SUPERFICIE EXTERIOR	R ₁ = 0.014	0.014
BLOQUE DE CARBON DE 20cm. RELLENO	R ₂ = 0.330	0.330
PLANCHA DE AISLAMIENTO DE 10cm.	R ₃ = 0.242 x 10 = 2.420	
RESISTENCIA DE LA SUPERFICIE INTERIOR	R ₄ = 0.056	0.056
	R _t =	<u>2.840</u>

$$Q = UA\Delta t = \frac{1}{R_t} A\Delta t = \frac{1}{2.82} \times 1 \times 21.5 = 7.98 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr-m}^2}$$

PARA AREA DE PARED DE 500 m²

$$Q = 500 \times 7.98 = 4000 \frac{\text{Kcal}}{\text{hr}}$$

Fig. 7.8. Cálculo de flujo de calor.

mente los requisitos de refrigeración. Si la carga es 5 por ciento de la capacidad del almacén, se requieren alrededor de 2000 f/h para 350 HI de capacidad mientras que para una carga de 20 por ciento o un quinto de la capacidad en un período de 24 horas se requieren 4000 f/h por 350 HI aproximadamente.

Además, el calor que se debe a causas diversas tales como el uso de lámparas incandescentes en lugar de fluorescentes, motores que se coloquen en el interior en vez de hacerlo en el exterior, obreros que trabajan en el

Tabla 7.6. Calor específico y calor latente de algunos productos alimenticios (Data Book, ASRE, 1949, 336-338).

Producto	Calor específico sobre la congelación	Calor específico bajo la congelación	Calor latente de fusión Kcal/Kg	Temperatura promedio de congelación, °C
HORTALIZAS				
Achicoria	0.90	0.46	63.8	-1.6
Arvejas	0.80	0.42	60.0	-1.1
Brócoli	0.91	0.47	72.2	-1.6
Camote	0.75	0.41	54.9	-1.8
Col	0.93	0.43	71.6	-0.6
Col de Bruselas	0.90	0.46	67.7	-1.6
Espárragos	0.95	0.43	74.4	-1.2
Habas	0.89	0.41	55.5	-1.1
Lechuga	0.95	0.48	74.9	-0.6
Maíz, verde	0.80	0.43	59.9	-1.7
Papas irlandesas	0.78	0.48	58.3	-1.7
Tomate	0.95	0.48	74.9	-0.9
Vainita	0.92	0.47	71.0	-1.2
CARNE, LECHE, HUEVOS				
Agua	1.00	0.51	80.0	0
Aves, desplumadas	0.80	0.42	56.0	-2.2
Carne fresca	0.77	0.40	55.5	-2.2
Huevos	0.76	0.40	55.5	-0.5
Jamón fresco	0.67	0.42	36.6	-1.0
Leche fresca	0.90	0.47	70.5	-0.5
Mantequilla	0.64	0.24	10.5	-0.5
FRUTAS				
Albaricoque	0.92	0.46	67.7	
Bananas	0.81	0.43	59.9	-1.1
Cerezas	0.86	0.45	65.5	-4 a -2.3
Ciruelas	0.87	0.45	67.2	-2.2
Dátiles	0.83	0.44	57.7	-2.0
Fresas	0.92	0.47	72.2	-1.1
Frutas secas	0.47	0.32	23.8	
Limones	0.90	0.39	69.9	-2.0
Melones	0.90	0.47	63.8	
Manzanas	0.86	0.45	66.6	-1.8
Moras	0.89	0.46	68.8	-1.6
Naranjas	0.92	0.39	69.4	-2.2
Paltas	0.90			-2.6
Peras	0.86	0.45	66.6	-1.8
Piñas	0.90	0.46	70.5	-1.1
Toronja	0.92	0.47	71.0	-1.8
Uvas	0.92	0.38	46.6	-1.9

almacén, etc. afectan el cálculo de la refrigeración. Los valores presentados son guías para evaluar sistemas actuales y para chequear nuevos diseños. Una unidad diseñada para enfriar un décimo de la carga del producto en un período de 24 horas debe ser capaz de mantener aproximadamente 10 veces esa cantidad de producto en el almacén. Por ejemplo una unidad que enfrie 350 HI por día de la temperatura del campo a la del almacén, debe mantener 3500 HI en almacén cuando todos los productos hayan alcanzado la temperatura de almacenamiento.

Almacenamiento con atmósfera controlada (AC). En un almacén con atmósfera controlada se reduce al nivel de oxígeno y se aumenta el de anhídrido carbónico, se produce así una respiración muy lenta y se aumenta la vida de algunos productos hasta más de dos veces el tiempo que tendrían en un almacén refrigerado. Es importante mantener la relación debida de oxígeno y anhídrido carbónico, que depende del producto y de la temperatura de almacén. En la actualidad se hace una amplia investigación a la aplicación del almacenamiento con atmósfera controlada a diferentes productos. Las manzanas constituyen el producto principal que se almacena bajo estas condiciones en la actualidad (Ver Cap. IV).

Para manzanas se utilizan, por lo general, almacenes sellados de 3500 hectolitros de capacidad y a fin de lograr una rápida producción de CO₂ debe llenarse el almacén en menos de una semana. Existen unidades comerciales que permiten colocar anhídrido carbónico después del sellado a fin de reducir rápidamente la velocidad de respiración. Las puertas, las juntas de construcción, y en general, toda la construcción debe ser casi hermética a los gases. Para reducir la difusión a través de las paredes, puede instalarse un pulmón de plástico de tal modo que la atmósfera en el interior se expanda durante el calentamiento y los gases puedan llenar el pulmón en lugar de pasar por las paredes.

Evaporadores para almacenamiento refrigerado. El evaporador tipo difusor de frío es el que en la actualidad se usa mayormente para almacenamiento refrigerado. Este puede colocarse en el suelo o colgarse del techo. La ventilación forzada se usa para proporcionar un rápido movimiento del aire y mantener su temperatura uniforme en el almacén. Muy pocas unidades proporcionan los medios de mantener una humedad relativa alta, aparte de la que produce el producto por su respiración y la que resulta de un buen diseño. Es útil tener un evaporador tan grande como sea económico, de tal modo que se pueda mantener una alta humedad relativa en el almacén. Con un evaporador de tamaño pequeño se baja la temperatura del evaporador y la humedad del aire se condensa en su superficie, y se reduce así la humedad relativa del aire (Fig 7.9).

Congelación. A fin de aumentar la conservación de las frutas y hortalizas se practica con frecuencia la congelación. El producto debe enfriarse y congelarse tan rápidamente como sea posible. La congelación lenta causa la formación de cristales de agua grandes que dañan los tejidos y disminuyen la calidad del producto.

Durante la congelación debe extraerse tanto el calor sensible como el latente. El proceso de congelación consiste en: 1) eliminar el calor sen-

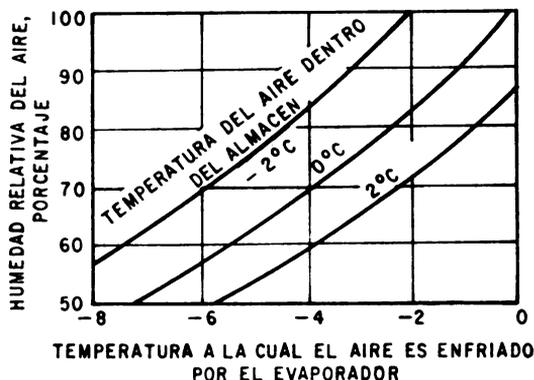


Fig. 7.9. Temperatura de la superficie del evaporador en relación con la humedad relativa del aire del almacén.

sible sobre el punto de congelación; 2) eliminar el calor latente a la temperatura de congelación, generalmente entre -2 y $-0,5$ para las frutas y hortalizas y 3) extraer el calor sensible que está debajo del punto de congelación. En la Tabla 7.6 se ofrecen los valores de calor latente y calor específico de algunos productos. Para congelar un kilogramo de melocotones de 20 a -18°C requiere que se extraiga calor en la forma siguiente:

- Calor sensible, de 20 a $-1,4^{\circ}\text{C} = 1 \times 0,9 \times 18,6 = 16,74$ Kcal/Kg.
- Calor latente, a $-1,4^{\circ}\text{C} = 68,75$ Kcal/Kg.
- Calor sensible, de $-1,4$ a $-18^{\circ}\text{C} = 1 \times 0,46 \times 16,6 = 7,6$ Kcal/Kg.
- Un total de $16,7 + 68,8 + 7,6 = 83,1$ Kcal/Kg.

Para la mayoría de frutas y hortalizas, el calor específico bajo el punto de congelación es aproximadamente la mitad del valor del calor específico sobre el punto de congelación. El calor específico sobre el punto de congelación puede estimarse por:

$$C = 0,008 \times \text{C.H.} + 0,20$$

donde C es el calor específico, Kcal/Kg. $^{\circ}\text{C}$
 CH es el contenido de humedad, porcentaje b.h.

El calor de respiración es nulo en la congelación y debajo de ella. Cuando se requiere un tiempo considerable para el proceso de congelación es necesario añadir una carga adicional de calor debido al calor de respiración del producto. La mayoría de los productos congelados se almacenan entre -18 y -28°C , con bajas temperaturas, cuando se desea conservar por mucho tiempo, esto es, por más de seis meses. Muchas cámaras de congelación y congeladores domésticos tienen secciones donde el producto puede congelarse rápidamente y trasladarse luego al compartimiento de conservación. Las consideraciones importantes en la congelación son: (1) utilizar un producto de alta calidad, que justifique el trabajo y costo de la congelación y (2) envasar adecuadamente el producto para mantener las pérdidas de humedad al mínimo.

Tabla 7.7. Calor de respiración promedio aproximado de ciertas frutas y hortalizas (basado en Agriculture Handbook, 1966 USDA)

Producto	Temperatura, °C	Kcal por ton por 24 hrs
Apio	0	450
	4.5	672
	15.5	2283
Arveja	0	2294
	4.5	4060
	15.5	11633
	26.5	22000
Bananas, verdes	12	916
	20	2322
	20	25.66
	20	2322
Beterraga	0	736
	4.5	1128
	15.5	2010
Brócoli	0	2070
	4.5	3833
	15.5	11638
	21.0	20444
Camote	4.5	930
	15.5	1750
	4.5	475
	15.5	1188
Cebolla seca, Yellow Globe	0	244
	10	520
	21	1000
Cereza dulce	-0.5	346
	2	405
	7	780
Cereza agria	0	442
	15.5	3222
Col	0	333
	4.5	464
	15.5	1133
	21.0	1700

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 7.7. (Continuación)

Producto	Temperatura, °C	Kcal por ton por 24 hrs
Espinaca	0	1177
	10	4983
	15.5	10555
Frambuesa	0	1297
	4.5	2114
	15.5	5600
Fresa	0	906
	4.5	1438
	10.0	3135
	15.5	4988
	21.0	7312
Habas	26.5	11620
Lechuga	0	3144
	4.5	4444
	15.5	12772
Limones, Eureka	0	192
	4.5	346
	15.5	1000
	21.0	1388
Maíz dulce (con brácteas)	0	1822
	4.5	2600
	15.5	10660
Manzana, Jonathan	0	208
	4.5	230
	15.5	833
Melón	0	366
	15.5	2360
Nabo	0	538
	4.5	597
	15.5	1466
Naranjas, Florida	0	200
	4.5	397
	10	1000
	15.5	1225
	32.0	2036

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 7.7. (Continuación)

Producto	Temperatura, °C	Kcal por ton por 24 hrs
Papás, Irlanda	0	183
	4.5	397
	21	794
Pepinillos	0	470
	4.5	708
	15.5	2905
Peras, Bartlett	0	214
	15.5	3055
Tomate	0	160
	4.5	297
	15.5	1730
verde-maduro	0	283
	4.5	350
	15.5	1566
maduro	0	283
	4.5	350
	15.5	1566
Toronja, Florida	0	183
	4.5	281
	10	482
	15.5	858
	21	1161
Uvas, Concord	0	167
	4.5	325
	15.5	968
	26.5	2355
Zanahoria	0	592
	15.5	2244

Consideraciones especiales. Algunos productos, como las bananas, deben manipularse cuando están verdes y madurarse al tiempo de llevarlos al mercado. La maduración consiste en mantener el producto a una temperatura más alta que la normal y puede incluir el uso de etileno para proporcionarles un color uniforme. Así mismo otros productos, tales como las naranjas, limones y limas, pueden tratarse con un gas para conseguir un color uniforme. Los productos que se tratan de esta manera deben identificarse de acuerdo a las leyes sobre alimentos y drogas.

Los tomates, al momento de despacharse, deben estar en estado casi maduro o verdemaduro y luego deben reenvasarse para el consumo después de la maduración. La velocidad de maduración puede controlarse con una

temperatura de almacenamiento en el rango de 12.8 y 21°C. Sin embargo, si se mantienen los tomates en el rango de 15.5 y 18.5°C, entre 85 y 90 por ciento de humedad relativa, se obtiene un producto de mejor calidad, más firme y con menos deterioro.

Las papas que van a usarse en la fabricación de hojuelas proporcionan un producto de mejor calidad si se mantienen a una temperatura más alta (15.5 a 21°C) que la normal, antes del procesamiento. El estado latente de las cebollas puede romperse si el producto frío se ventila con aire caliente en la época apropiada. Antes de almacenar un producto debe efectuarse un cuidadoso estudio de sus propiedades fisiológicas y de las relaciones de temperatura, calor, humedad y microorganismos asociados. Muchos productos frescos, como las fresas, tienen una duración tan corta que es necesario congelarlos para aumentar su tiempo de conservación. De otro modo deben utilizarse el enlatado, el secamiento o algún otro método de conservación.

PREGUNTAS

1. ¿Cuántas frigorías/hora se requieren para enfriar 400 litros de agua de 32 a 4.5°C en 2 horas?
2. ¿Cuántos litros de agua deben circularse sobre el condensador de una unidad de 15000 f/h? ¿Cuántos metros cúbicos de aire se requieren por segundo?
3. Para el enfriamiento rápido de frutas y hortalizas no se considera por lo general el calor de evolución. Sin embargo, si el enfriamiento se hace en forma no comercial, en un período largo, la carga de refrigeración debe incluir el calor de evolución. La temperatura seleccionada para determinar el calor de evolución es, por lo general, el promedio de la temperatura del producto mientras se enfría.
 - a. Determine la carga de refrigeración del producto para una unidad que se va a usar para enfriar una tonelada de melones de 26.5 a 3°C en 24 horas.
 - b. Si el mismo enfriador fuera a usarse para un almacén a temperatura entre 3 y 4.5°C, ¿qué recomendaciones deberían hacerse en relación con el tamaño de la unidad de refrigeración?
4. 600 kilogramos de apio se van a conservar en un almacén a 4°C. Si se asume una pérdida a través de las paredes de 14,000 Kcal por día, y otras pérdidas de 5000 Kcal por día.
 - a. calcule la carga por el producto,
 - b. calcule el tamaño de la unidad necesaria basándose en una operación de 18 horas por día.
5. Un almacén refrigerado tiene un valor U de 0.33 ó un valor de R de 3. El almacén tiene 2.40 x 2.40 x 2.40 m. Excluyendo el piso, ¿cuál es la pérdida de calor en 24 horas con una temperatura interior promedio de 2°C y una temperatura exterior promedio de 20°C?
6. Describa dos diferentes secciones de pared que darían un valor R de 3 para un almacén refrigerado.
7. Para lograr una velocidad de enfriamiento de 80 Kcal/min, el evaporador de un sistema de amoníaco se mantiene a 1.4 Kg/cm². ¿Qué tamaño de motor eléctrico se necesitaría para operar el compresor?

8. ¿Cuál es la temperatura más baja a la cual se puede enfriar un evaporador para mantener en el almacén una temperatura de 1°C y una humedad relativa de 80 por ciento?
9. ¿Qué cantidad de calor debe extraerse para congelar una tonelada de fresas, originalmente a 18°C y finalmente a -24°C? Sin considerar el calor de respiración, ¿cuántas frigorías por hora se requieren para efectuar la congelación en 24 horas? ¿Cuántas frigorías por hora se requieren si la congelación se hace en 24 horas y se incluye el calor de respiración?
10. Prepare un gráfico que muestre la variación de las necesidades de refrigeración para enfriar una fruta o una hortaliza cualquiera, cuando la carga varía de 1/10, 1/5, 1/3, 1/2 y 1 día de la capacidad de almacén.

REFERENCIAS

1. AMERICAN SOCIETY OF REFRIGERATING ENGINEERS. The Refrigerating Data Book. New York. ASRE. 1949.
2. AUDEL y Co. Refrigeration and Air Conditioning Guide. (Edwin P. Anderson) Audel and Co., 49 West 23rd. Street, New York. 1934. 1242 pp.
3. DEWEY, DONALD H. y LEVIN, JORDAN H. Storage of fresh fruits and vegetables. In Agricultural Engineers' Handbook. New York. McGraw-Hill Book Co. 1961. pp. 741-755.
4. GASTON, H.P. y LEVIN, J.H. On the farm refrigerated fruit storage. Michigan Agr. Exp. Sta. Special Bulletin 389. 1954. 28 pp.
5. GRAY, HAROLD E. y SMOCK, R.M. Farm refrigerated apple storages. Cornell Ext. Bulletin 786. 1955. 62 pp.
6. HAUSMANN, ERIC, y SLACK, EDGAR. Physics. New York. D. Van Nostrand Company. 1939. 756 pp.
7. HOPKINS, E.F. y LOUCKS, K.W. A curing procedure for the reduction of mold decay in citrus fruits. Florida Agr. Exp. Sta. Bulletin 450. 1948. 26 pp.
8. HUKILL, W.V. y SMITH, E. Cold storages for apples and pears. USDA. Circular 740. Washington, D.C. 1945. 61 pp.
9. KAZARIAN, EDWARD A., BOYD, J.S., MADDEX, R.L. Insulation for farm buildings. Michigan State University. Coop. Ext. FBC 741. 1963. 16 pp.
10. MARKS, LIONEL S. Mechanical Engineers' Handbook. New York. McGraw-Hill Book Company. 1941. 2274 pp.
11. MARSHALL, ROY E. Construction and management of farm storages. Michigan Agr. Exp. Sta. Circular Bulletin 143 (second revision). 1945. 62 pp.
12. PFLUG, I.J. y DEWEY, D.H. Construction for controlled atmosphere apple storage. Agricultural Engineering 40(2):80-83, 86. 1959.
13. SAINSBURY, G.F. Cooling apples and pears in storage rooms. USDA Mark Res. Rept. 474. 1961. 56 pp.
14. SMOCK, R.M. Controlled atmosphere storage of apples. Cornell Ext. Bulletin 759. 1949. 40 pp.
15. STANDARD OIL COMPANY. Engineering Bulletin R-216. Chicago 80, Illinois. 1958. 56 pp.
16. SMOCK, R.M. y NEUBERT, A.M. Apples and Apple Products. New York. Interscience Publishers. 1950. 486 pp.
17. WHITEMAN, T.M. Freezing points of fruits, vegetables, and florist stocks. USDA Mark Res. Rept. 196. 1957. 32 pp.
18. WRIGHT, R.C., ROSE, DEAN H., y WHITMAN, T.M. The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks. USDA Agriculture Handbook N° 66. 1954. 78 pp.

Capítulo VIII

OTROS SISTEMAS DE PROCESAMIENTO

Productos agrícolas usados como combustible. El alcohol ofrece la mayor posibilidad para producir un combustible para motores a partir de un producto agrícola. El alcohol se fabrica a partir de azúcar, que a su vez se puede producir por la fermentación de otros carbohidratos. Cuarenta y cinco kilos de almidón producen alrededor de 28,3 litros de alcohol y 21 kilos de CO₂. Un hectolitro de maíz o de grano de sorgo rinde 27,2 litros de alcohol etílico, 7,3 kilos de grano destilado y 6,9 kilos de dióxido de carbono, de los cuales 5,7 kilos se recuperan fácilmente. El mayor potencial para el alcohol está en usarlo como una mezcla, hasta del 10 por ciento, con los combustibles convencionales de petróleo. El costo de producción del alcohol es demasiado alto para que pueda competir con otros combustibles. El alcohol, con densidad de 0,823 kilos por litro, produce alrededor de 6,450 Kcal/Kg, comparado con la gasolina que, con una densidad de 0,74, produce 11,500 Kcal/Kg.

Como combustibles sólidos pueden usarse el bagazo de caña de azúcar, la pulpa de beterraga, cáscara de granos, cocos y materiales fibrosos, tusa de maíz, paja de granos y muchos otros subproductos. El uso de estos materiales está restringido a un área cercana al centro de producción, debido a la dificultad de transporte que presentan estos productos voluminosos. En muchos casos, una gran parte del calor de combustión debe usarse para eliminar la humedad del producto. Como una regla general se puede tomar que, cuando se quema un producto de éstos, se producen 3,900 Kcal por kilo de materia seca y que se requieren alrededor de 550 Kcal por kilo de agua para vaporizar la humedad presente en el producto.

Existe, por otra parte, un interés considerable en usar como combustible productos residuales animales. En muchas partes del mundo el estiércol animal es una fuente importante de calor para la cocina o para la calefacción domésticas. Otra posibilidad es la de colocar el estiércol con líquido en recipientes cerrados de los cuales pueda producirse metano (biogas) (CH₄) mediante acción microbiana bajo condiciones anaeróbicas. Hay varios grupos de bacterias capaces de producir el metano, pero, en el caso que no estuvieran presentes, deben añadirse. El metano puede utilizarse como fuente de calor, fuerza o luz. El gas metano tiene un valor calorífico de 290 a 580 Kcal por litro y es explosivo en concentraciones de 5 a 15 por ciento en

aire. El gas metano puede ser comprimido, almacenado o transportado en cilindros y usado para automóviles, camiones o tractores.

Un dispositivo que tiene muchas posibilidades, pero que aún permanece como curiosidad científica, es la célula de combustible biológico, que usa materia orgánica más una cantidad de microorganismos apropiados para producir directamente electricidad. El principio ofrece un uso potencial de los productos orgánicos agrícolas que existen en la naturaleza.

Bebidas alcohólicas. Un uso importante que tienen muchos productos agrícolas es en la fabricación de bebidas alcohólicas. Este tipo de bebidas contienen cantidades variables de alcohol etílico (C_2H_5OH) que se produce por la transformación del almidón en azúcar y por la fermentación del azúcar en el grano, fruta o producto vegetal. Las bebidas alcohólicas contienen otros componentes del material base, del cual se hace el licor y que son los que proporcionan una bebida distinta a partir de cada producto en particular. Algunos licores se producen por destilación del producto fermentado, dando un mayor porcentaje de alcohol y permitiendo que sólo unos pocos productos volátiles pasen a la bebida final. El alcohol etílico se separa de una mezcla cuando ésta se calienta a $78^{\circ}C$ a presión atmosférica.

El nombre de muchas bebidas alcohólicas viene del país o área en dónde se les produce. En las diferentes partes del mundo se encuentran productos similares con diferentes nombres.

Los siguientes factores determinan una variación considerable en las bebidas alcohólicas: clase y duración de la fermentación; método de la destilación; duración del añejado, aditivos especiales.

El límite de la cantidad de alcohol obtenida por la fermentación natural es alrededor de 16 por ciento. Para obtener un porcentaje más alto es necesario destilar el producto o añadir alcohol a la mezcla resultante. La fuerza alcohólica de las bebidas se designa por el porcentaje de alcohol etílico.

En la Tabla 8.1 se presenta una lista de algunas bebidas alcohólicas comunes hechas de productos agrícolas con un método general de producción tal como fermentación, destilación, añejado, y el contenido alcohólico aproximado.

Bananas y productos derivados. El árbol de banana no tiene raíces leñosas como tienen la mayoría de los árboles; es una planta herbácea perenne. La planta puede usarse como alimento para animales después que se cosecha la fruta.

La cosecha consiste en cortar y retirar del árbol los racimos de bananas, los cuales se colocan en un medio de transporte, por lo general mulas, para llevarlos a los muelles o al ferrocarril. Las bananas son muy susceptibles a dañarse y por lo común se colocan en un petate, en una lona o en un material de fibra, para evitar daños y prevenir el calentamiento.

Antes de despacharse los racimos de bananas se sumergen por lo general, en depósitos que contienen una solución aséptica. El extremo de cada racimo se pinta con un fungicida para prevenir el desarrollo de bacterias que de otro modo podrían causar deterioro a la fruta. Una innovación reciente es la de envolver cada tallo en una bolsa perforada de polietileno para mantener la fruta libre de arañones o golpes. En cada cambio de sistema de transporte, los productos se clasifican para eliminar el material con

Tabla 8.1. Bebidas alcohólicas fabricadas a partir de productos agrícolas

Bebida	Generalmente fermentada, destilada, añejada; contenido aproximado de alcohol	Generalmente hecha de
Ale	Malta fermentada; 6 por ciento de alcohol o más; usualmente más oscura y amarga que la cerveza; poca diferencia con la cerveza; común en Inglaterra	Cebada
Borbon	Whiskey destilado de un puré de granos que tiene por lo menos 51 por ciento de maíz; añejado 2 años; 40 a 54 por ciento de alcohol . . .	Maíz más otros granos
Brandy	Vino destilado; puré de frutas fermentadas; añejado; algunas clases sin añejar; en California se añeja 4 a 6 años; 42 por ciento de alcohol . . .	Uvas; otras frutas, identificándose como de: manzana fresca, fram-buesa, cereza, cereza negra, ciruela
Cerveza	Fermentada de malta y cebada; fermentación baja; sabor obtenido con lúpulo; 4 por ciento de alcohol o más; común en EE.UU.	Cebada
Coñac	Brandy destilado; toma el nombre de Cognac, en Francia; añejado; 42 por ciento de alcohol	Uvas
Gin	Destilado de varios granos; se le da sabor con nebrina; generalmente no añejado; 40 a 57 por ciento de alcohol por reducción de alcohol de 57 por ciento con agua; se añaden otros sabores de frutas para algunas variedades	Granos: centeno, maíz, cebada
Ron	Jugo de caña de azúcar o melaza fermentada y destilada; añejado 3 años; 42 por ciento de alcohol	Caña de azúcar
Rye	Whiskey destilado de un puré de granos en el cual por lo menos 51 por ciento de centeno; añejado; 40 a 55 por ciento de alcohol	Centeno y otros granos
Sake	Cerveza; fermentada; 10 a 16 por ciento de alcohol; común en Japón	Arroz
Vino	Jugo de frutas fermentado; 10 a 15 por ciento de alcohol, limitado por fermentación natural; fortificado con brandy para obtener 15 a 22 por ciento de alcohol	Uvas; otras frutas
Vodka	Destilado de granos o papas; no añejado filtrado en carbón; 45 por ciento de alcohol por reducción de alcohol de 95 por ciento con agua	Centeno (EE.UU.) algunas veces cebada. Papas (Rusia)

(Continúa en la página siguiente)

Tabla 8.1. (Continuación)

Bebida	Generalmente fermentada, destilada, añejada; contenido aproximado de alcohol	Generalmente hecha de
Whiskey	Destilado de puré de granos; término general; por lo menos dos años de añejado; 40 a 55 por ciento de alcohol	Granos Millet (China)
Whiskey escocés	Whiskey destilado; añejado; hecho en Escocia; 43 por ciento de alcohol	Cebada
Otros productos destilados:		
Aquavist	Escandinavia	Papas
Mead	Inglaterra	Miel
Oke	Hawaii	Arroz, melaza de caña
Schnapps	Europa	Gin
Tequila	México	Hojas de cactus
Toddy	Asia	Arroz, cocos

daños o los racimos que tengan color inadecuado. Para despachar las banananas por barco se mantienen almacenadas en un cuarto a 14.5°C.

El 80 por ciento de la producción de esta fruta se vende como fruta fresca. Los vendedores al por mayor poseen grandes cuartos de maduración donde la fruta se madura bajo control, de acuerdo a la demanda del mercado. Las banananas se sostienen o cuelgan de tal modo que el extremo pequeño del tallo esté hacia arriba y luego se controlan tres elementos esenciales para la maduración: ventilación, temperatura y humedad. Según la velocidad de maduración que se desee, se emplean temperaturas entre 15.5 y 21°C. El tiempo de maduración varía de 3 a 10 días de acuerdo a las características de la fruta. Para una maduración rápida se obtienen mejores resultados cuando la fruta se ventila por poco tiempo hasta que haya comenzado a colorear.

De las banananas pueden fabricarse diferentes productos tales como: harina, polvo, "higos", dulces, hojuelas, pectina, mermelada en lata, puré y alimento para bebés.

Azúcar de remolacha. Aproximadamente una tercera parte del azúcar que se consume en el mundo se produce de la remolacha, principalmente en los países de clima templado. Las remolachas se cosechan, transportan y almacenan en la fábrica en grandes pilas, a través de las cuales puede circularse aire a razón de 1 a 1.4 m³/min por tonelada de producto, si se desea mantenerlo fresco. La aereación de las pilas de remolacha para extraer el calor de respiración permite aumentar la mecanización en la fabricación del azúcar. Antes era necesario procesar el producto tan pronto se

cosechaba, mientras que ahora es posible almacenarlo y operar las plantas con más eficiencia en un período más largo del año.

Las remolachas se envían por una canaleta a la pila de la planta de procesamiento donde se limpian y cortan en piezas de forma triangular llamadas cosetas (Fig. 8.1). Las cosetas se pasan a las celdas de difusión que son unos tanques que pueden contener de 1 a 5 toneladas de fruta cortada y donde se extrae el jugo. Las celdas de difusión se colocan en serie, hasta en un número de 14. El agua caliente entra en la celda que se llena primero con las remolachas y prosigue por las otras en orden de llenado, de tal modo que la solución de jugo caliente entra siempre en la celda recientemente llenada. El azúcar se difunde de las celdas al agua o al jugo caliente. De este modo, el agua caliente que entra recoge el azúcar en la primera celda y pasa a la segunda y prosigue así hasta la última donde el jugo sale con casi el mismo contenido de azúcar que tiene la carga de producto más fresco en las celdas, que es de 12 a 17 por ciento.

El jugo crudo con azúcar se trata primero con óxido de calcio (cal) de alrededor de 3 por ciento y se pasa luego a través de un filtro de tela para eliminar los sólidos en suspensión. Se usa después dióxido de carbono para precipitar el exceso de calcio. Se puede llevar a cabo varias operaciones de filtrado. El dióxido de azufre se usa para blanquear el jugo y para eliminar cualquier residuo de calcio.

La solución se hierve luego en una cámara al vacío usando evaporadores de simple o de múltiple efecto para eliminar el agua. El jarabe se saca cuando tiene 60 a 65° Brix o 32 a 35° Baumé y nuevamente se trata con azufre y se filtra. Se tiene luego la formación de granos y el crecimiento de cristales. Cuando se ha logrado la formación adecuada de cristales, se saca el

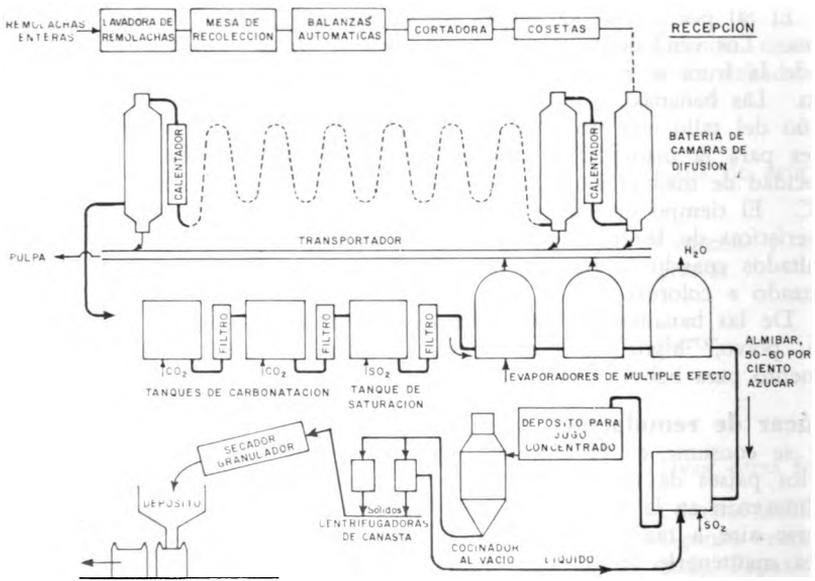


Fig. 8.1. Procesamiento de la remolacha azucarera.

líquido que se elimina del azúcar por fuerza centrífuga en canastas perforadas que rotan a 1,200 rpm, usualmente en unidades por cargas. El azúcar que queda en las canastas pasa entonces a un secador rotatorio.

El jarabe que sale de las centrifugadoras va a un cocinador al vacío donde se concentra más aún y pasa luego a una unidad centrifugadora para la extracción del azúcar. El líquido que se retira en esta evaporación o en una subsecuente se llama melaza y se utiliza bastante como alimento para ganado.

La pulpa de beterraga es un subproducto del cual se recupera un 98 por ciento de azúcar la que se seca en un secador rotatorio separado y se usa como alimento para ganado y como combustible.

Cacao. El cacao se produce en mazorca que van pegadas al tronco y a las ramas de los árboles. Un árbol rinde alrededor de 1 kilogramo de granos curados en un año. En una hectárea se pueden colocar alrededor de 860 árboles. Dentro de la mazorca se tienen alrededor de 50 granos púrpuras. Una sustancia mucilaginosa rodea los granos en la mazorca.

El procesamiento consiste en abrir las mazorcas de cacao, extraer los granos y fermentar el mucílago y luego secar los granos. La fermentación se puede llevar a cabo en una pila o, para mayor control, en una caja perforadora o mezclando periódicamente los granos en una pila o recipiente para proporcionar una fermentación uniforme. Para la fermentación pueden requerirse hasta 10 días en los cuales el mucílago se separa del grano. Los granos toman humedad y adquieren un color rojizo. Estos se frotran unos a otros para eliminar el mucílago seco y obtener una superficie lustrosa. Algunas veces se practica el lavado. Los granos se secan entonces hasta 6 a 8 por ciento de humedad, por lo común al sol, lo cual requiere de una semana a dos, de acuerdo con las condiciones del clima. Finalmente los granos se ensacan; luego se procesan, se tuestan descascarando o se les extrae por prensado la grasa para hacer chocolate o manteca de cacao.

Procesamiento del café. El fruto del café se denomina cereza y normalmente contiene dos semillas. Al madurar cambia su color verde o verdemarillento a un color rojo cereza. El fruto consiste en la pulpa o epicarpio, bajo el cual existe un mucílago o mesocarpio y luego el endospermo y el embrión. El café puede almacenarse o transportarse ya sea como pergamino o como café pilado. El café pergamino tiene una mejor calidad para la conservación que el café verde.

La mayor parte de la fruta se cosecha a mano. Se está haciendo algún progreso en el desarrollo de dispositivos vibradores que permitan retirar los granos de la planta. La eficiencia de la cosecha a mano se aumentó usando dispositivos que ayudan a los recogedores.

El procesamiento debe comenzar tan pronto como sea posible después de la cosecha y continuarse hasta que las semillas contengan alrededor de 12 a 13 por ciento de humedad, en base seca. Puede seguirse el procesamiento o beneficio ya sea en seco o en húmedo.

El procesamiento en seco se practica en lugares donde el agua es escasa o en áreas subdesarrolladas donde se cultiva el producto en forma extensiva y la calidad no es muy considerada. El beneficio en húmedo es más costoso y requiere más instalaciones, equipo, maquinaria y conocimiento. El pro-

ducto que se obtiene por el beneficio en húmedo es muy superior al que se obtiene por el beneficio en seco.

El beneficio en húmedo (Fig. 8.2) consiste de los siguientes pasos: despulpado o extracción del epicarpio, lo cual se hace mecánicamente; desmucilaginado o eliminación del mesocarpio, lo que puede hacerse por fermentación o por medios químicos o mecánicos, siendo el primero de los métodos el que más se utiliza; lavado de la semilla en agua. Luego se seca el producto si no tiende a malograrse, a menos que se enfríe con agua. El secamiento se hace al sol o con secadores con aire caliente.

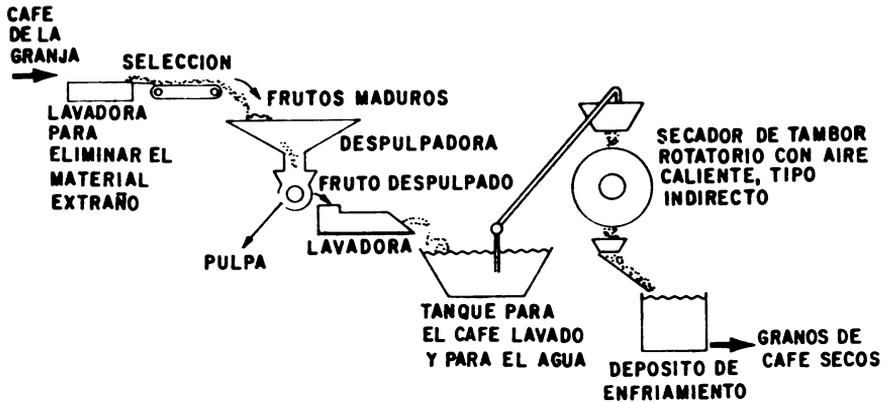


Fig. 8.2. Procesamiento mecanizado del café.

Copra. La copra se obtiene de la carne interior del coco. El procesamiento consiste en abrir el coco, separar la carne, secar generalmente al sol y de un tratamiento apropiado de la cáscara, de la carne y del jugo. Por prensado de la carne se obtiene el aceite de coco. El coco rallado se fabrica a partir de la copra. El aceite de coco es un importante aceite vegetal. De la cáscara puede producirse fibras para muchos propósitos: vestidos, utensilios, aislantes, cuerdas y colchones. Alrededor de 250 gramos de copra se obtienen de cada coco y alrededor de 20 litros de aceite por 50 kilos de coco. La torta resultante se utiliza como alimento para ganado.

De la savia puede hacerse azúcar de palma de una manera similar a aquella utilizada en la fabricación de azúcar de arce. De 18 a 36 kilos de azúcar cruda puede producirse por árbol lo que resulta en una producción total de alrededor de una tonelada de azúcar por 2½ hectáreas.

Desmotado de algodón. Una desmotadora de algodón por lo general incluye las siguientes operaciones en el producto, después que se cosecha: acondicionamiento, prelimpieza, prealimentación, alimentación, desmontado y empacado (Fig. 8.3). Con el advenimiento de la cosecha y manipuleo mecánicos es necesario introducir operaciones de limpieza adicionales antes del desmotado. Además, el algodón húmedo debe secarse bien para que pueda desmotarse correctamente. El algodón puede secarse lo suficiente en 15 segundos a 3 minutos, con aire a temperatura de 65 a 71°C, si se usa de

2,5 a 6,25 m³ de aire caliente por cada kilo de algodón (Bennett y Gerdes, 1936).

El corazón de la operación es el desmotado o sea el proceso de extracción de la semilla del algodón conocido como algodón en rama, para producir el algodón en fibra.

Existen dos tipos de desmotadoras, la de sierra y la de rodillos. El tipo de sierras está constituido por un eje con 70 a 80 sierras por juego. Los dientes de las sierras cogen las fibras y las arrancan de la semilla que después se retira de las sierras con una escobilla o por lo general con una corriente de aire. Una desmotadora de 4-70 consiste de 4 juegos de 70 sierras cada una. Las sierras tienen de 25 a 40 cm de diámetro y operan de 400 a 700 rpm. Las desmotadoras de sierras se usan para operaciones comerciales en gran escala.

La desmotadora de rodillos es una máquina de operación lenta que puede operarse a mano. La fibra se hala entre una placa de metal y los rodillos. A medida que el rodillo gira arrastra consigo la fibra mientras que una cuchilla la separa de la semilla. Este tipo de desmotadora puede producir únicamente una paca de algodón por día.

Después del desmotado, la fibra se acomoda en pacas de 190 a 250 kilos por metro cúbico, siendo esta última la densidad normalizada para embarques a grandes distancias.

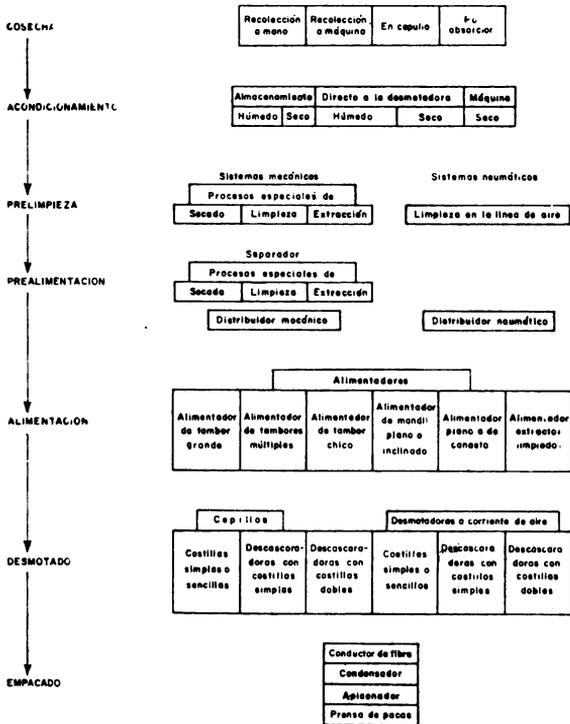


Fig. 8.3. Procesos que tienen lugar en el desmotado del algodón (USDA FB 1748).

Nueces inglesas. El procesamiento de las nueces inglesas comienza cuando las nueces se reciben de los productores. Las nueces del campo se vacían en un transportador horizontal de donde se separan manualmente las dañadas, descascaradas en el campo, con la cáscara suelta o verdes. Más o menos el 80 por ciento de las nueces pasan directamente a los silos de gasificación

En los silos de mezclado se coloca una mezcla de aire y gas etileno para acelerar el metabolismo y acelerar el desprendimiento de la cáscara. La mezcla de gases se circula a través de las nueces a una temperatura controlada que varía de 21 a 30°C por 75 a 80 horas. Cada 12 horas se produce una ventilación completa y se introduce un cambio de aire con una nueva mezcla de gases.

De los silos de gasificación, las nueces con la cáscara aflojada mecánicamente y las pocas nueces que la han perdido, pasan a la descascaradora mecánica que extrae y separa la cáscara de la nuez. El desperdicio con las cáscaras, se separa de las nueces que se depositan en una lavadora del tipo "jaula de ardilla". El lavado se realiza inmediatamente después del descascarado, para prevenir que las nueces se manchen en forma permanente.

Después que las nueces salen de la lavadora se les selecciona de nuevo para eliminar manualmente las que tengan la cáscara adherida y otras visiblemente inferiores. Luego un vibrador elimina el polvo, las cáscaras y los desperdicios y recibe las nueces descascaradas en el campo que se traen a la planta.

Después de la operación de descascarado sigue la del secado. El secador es principalmente del tipo de apilado que consiste en 3 ó 4 depósitos que se colocan uno sobre otro. Las nueces se introducen en el depósito superior y el aire fluye a partir de la parte inferior. Las nueces entran al secador con un contenido de humedad de 25 a 35 por ciento b.h. La temperatura máxima de secamiento que se recomienda es de 43,5°C.

Las nueces secas pueden ensacarse o colocarse en silos de mezcla por 8 días o menos, a fin de igualar el contenido de humedad, después de lo cual pueden ensacarse o pasar a otra máquina de selección. A fin de eliminar las nueces de baja densidad, arrugadas o inmaduras, antes que vayan a la selección, puede usarse una máquina al vacío. Las nueces pasan luego a una máquina de blanqueado, después de lo cual se clasifican en tamaños: pequeño, mediano y grande y finalmente pasan a un secador de superficie. Luego se venden como nueces sin cáscara, en bolsas por lo general.

Las nueces partidas o el exceso de nueces sin cáscara pasan a un rompenueces mecánico, que puede ser de varios tipos: de quijadas, de martillo modificado, giratorio, de sierra o de combustión interna. Después de romperse, la nuez misma (la carne) se separa de la cubierta en una mesa de selección y las carnes se clasifican en diferentes grados comerciales.

Fibras. Algunas plantas tropicales tales como el cáñamo, sisal, palma y otras de clima templado, como el lino y algodón, pueden usarse para la fabricación de materiales fibrosos. La fibra puede ser un subproducto, como en el caso del coco, o puede extraerse de las hojas, tallos, vainas o raíces.

Las fibras se extraen de las hojas por medios mecánicos, ya sea manualmente o con máquinas, o más corriente, raspando, cortando o halando la fibra. Los dispositivos mecánicos para extraer los materiales fibrosos de las hojas se llaman descortezadores.

A fin de extraer o soltar el material no fibroso, antes de desfibrar, puede efectuarse una operación de curado que comprende un remojo y una acción microbiana o química. Luego las fibras se secan, por lo general al sol.

Productos animales tales como pelos, sedas y lana pueden usarse también para la fabricación de fibras. Las fibras se utilizan en textiles, fabricación de cepillos, salvavidas, papel, colchones, aislantes e instrumentos.

Lúpulo. La planta de lúpulo produce racimos o conos que se usan para dar sabor en la fabricación de cerveza o ale. El lúpulo se cosecha cuando está de color verdeamarillo brillante, ya sea en forma mecánica, como en los Estados Unidos, o manual, como en la mayor parte del mundo.

El lúpulo verde, con un contenido de humedad de 60 a 80 por ciento b.h., se coloca en un piso de secamiento para secarse a un promedio de humedad del 10 por ciento. Se acostumbra utilizar un piso perforado a través del cual puede circularse, por convección natural o en forma forzada, aire calentado directa o indirectamente.

El lúpulo se coloca en una capa de 1,20 m sobre el piso perforado para ventilación forzada y de solo varios centímetros cuando se trata de ventilación natural. La temperatura no debe exceder de 64,5°C. Se utiliza un flujo máximo de aire de 18 metros cúbicos por minuto por metro cuadrado de piso. Con la ventilación forzada, el lúpulo puede secarse en menos de 24 horas. Después del secado, el lúpulo se coloca en un almacén para el curado, que permite que las hojas adquieran un contenido de humedad y un aroma uniforme. Durante el proceso de curado, las hojas se vuelven duras y permiten su manipuleo sin que se dañen mucho. Una vez curado, el lúpulo se coloca en pacas de alrededor de 100 kilos que se envuelven con un material apropiado.

La irradiación de productos. Un avance producido en la edad atómica es la irradiación de productos con objeto de: 1) aumentar el tiempo de conservación de los productos a través de la pasteurización o esterilización; 2) causar mutaciones en las semillas para desarrollar nuevas plantas; y, 3) cambiar ciertas propiedades físicas y químicas del producto. En el tratamiento de productos alimenticios, el proceso se llama por lo general "esterilización en frío".

La irradiación se lleva a cabo con los rayos gamma que se producen en forma natural o con los rayos catódicos de alta energía que se aceleran artificialmente (por lo general rayos beta). La radiación gamma proporciona una penetración más profunda en el producto y su recipiente que alcanza a varios centímetros. La radiación catódica se usa, por lo general, para tratamiento superficial de los productos. La penetración de un mev (millón de electro voltios) es de 5 mm en un material de una densidad de 1 g/cm³.

La cantidad de irradiación se llama dosis y se identifica como la energía de roetgens para la irradiación gamma y en rep (roetgens equivalent physical) y rad (alrededor de 0.93 x rep, dependiendo de la densidad) para irradiación de partículas. Una dosis de un millón de rep es igual a 2 cal por gramo de energía.

El efecto de la irradiación es de ionizar o cambiar químicamente la sustancia con la esperanza de que una parte cumpla un efecto deseable, tal como afectar la germinación, destruir los microorganismos, etc. A medida que el nivel de evolución de las plantas y animales es más especializado, se requiere

Tabla 8.2. Efectos aproximados de la radiación en los tejidos biológicos (Wiant, 1961), (Hall, 1957).

Producto	Energía, rep	Efecto
Hombre	500	Muerte
Plantas	1,000	Induce mutaciones
Plantas	10,000	Inhibe la germinación
Insectos	10,000	Esteriliza
Insectos	100,000	Muerte; cerca de la pasteurización
Bacterias y mohos que no forman esporas	100,000	Muerte; cerca de la pasteurización
Bacterias y mohos que forman esporas	1'000,000	Muerte; cerca de la esterilización
Virus	3'000,000	Destruye
Enzimas	10'000,000	Destruye

una dosis de irradiación menor para causar un efecto dañino en el material (Tabla 8.2). Así, para destruir las enzimas se requiere un millón de rep y para inhibir la germinación de las plantas sólo 10,000 rep.

Los usos actuales de la irradiación que parecen factibles para grandes instalaciones tales como mercados terminales y elevadores son: 1) inhibir el brotamiento de las papas - 10,000 rep; 2) esterilizar los gorgojos de los granos y otros insectos en el trigo y otros cereales - 10,000 rep; 3) matar los gorgojos de los granos y otros insectos en el trigo y otros cereales - 100,000 rep; 4) esterilizar algunos productos alimenticios, tales como jamón en paquetes - el tratamiento varía.

En la esterilización de los alimentos es necesario que el producto se mantenga en una condición estéril después de la irradiación, lo cual requiere que el tratamiento se lleve a cabo con el producto en el paquete o recipiente.

Cebada maltera. El malteado se refiere a la germinación artificial del grano con un control adecuado de la humedad y la temperatura. A fin de eliminar los granos partidos y otros materiales que no germinarían, se debe llevar a cabo un proceso considerable de tamizado y limpieza. La cebada se lava antes de ponerla en las tolvas conocidas con el nombre de tanques de remojo, que tienen una capacidad de 270 litros de agua por cada 100 kilos de cebada. Los granos permanecen en estos tanques por tres días para absorber la humedad necesaria para la germinación.

Después del remojado, los granos se colocan en el piso, en una capa de 10 cm, para el malteado. Luego de unas 12 horas más o menos, el material se amontona formando un montículo de pendiente suave para controlar la temperatura. La cebada se voltea con frecuencia para mantener un contenido de humedad uniforme y para prevenir una excesiva elevación de la tempe-

ratura y ayudar así a obtener un brotamiento uniforme. El volteado se hace cada 6 u 8 horas.

El germen comienza a desarrollar después de 20 a 40 horas de haber iniciado el proceso dependiendo de la temperatura del piso de malteado. Las raíces comienzan entonces a formarse y el producto está listo para usarse como cebada maltera. Si la malta no se va a usar inmediatamente debe secarse con aire caliente a fin de prevenir el desarrollo de hongos y mohos. La malta se seca hasta 2 a 3 por ciento de humedad, b.h., a una temperatura de 29.5 a 40.5°C al comienzo del secado y hasta 51.5 a 54.5°C después que el contenido de humedad comienza a disminuir.

Miel de arce y azúcar de arce. Un árbol de arce produce 1,5 a 10 kilos de azúcar cuando se hace de la savia extraída del árbol en estado latente. El número de agujeros para la extracción depende del tamaño de los árboles: un agujero para un árbol de 25 cm de diámetro; cuatro agujeros para un árbol de 75 cm de diámetro. Los agujeros son por lo general de 1 a 1,2 cm de diámetro y penetran hasta unos 7,5 cm en el árbol. El jugo contiene a 1,5 a 3 por ciento de sólidos, en su mayor parte sacarosa.

En los últimos años se ha mecanizado notablemente el transporte del jugo de los árboles a las pailas abiertas; también se han desarrollado dispositivos mecánicos para hacer los agujeros en los árboles y tuberías de plástico para conducir el jugo de los árboles a las pailas. Cuando se efectúan las operaciones en forma menos mecanizada se usan baldes de metal, baldes de plástico o bolsas que se cuelgan del árbol y que deben taparse para prevenir la entrada de polvo, suciedad y lluvia. Después de la recolección el jugo se cuele en unos tanques que van montados en plataformas, remolques, vagones o camiones.

El cuarto de evaporación debe ser de construcción barata pues sólo se usa unas pocas semanas al año. Aparte del evaporador, debe contener un área para el manipuleo y el envasado de la miel. A medida que se recoge el jugo debe almacenarse en un lugar fresco para evitar el excesivo crecimiento de microorganismos y la fermentación.

La evaporación se lleva a cabo en dos pasos: 1) en el depósito de jugo y 2) en el depósito de miel. Alrededor de la mitad del agua se extrae en cada depósito. Con frecuencia se utiliza un depósito de acabado donde se obtiene un mejor control de la concentración. La miel se considera lo suficientemente concentrada cuando el punto de ebullición está sobre el del agua, lo que es equivalente a 65.5° Brix (a 20°C). Después de la concentración, se efectúa una operación de sedimentación o filtración, a fin de eliminar los sólidos en suspensión. El jugo se concentra en bateas o depósitos abiertos, por evaporación de la humedad, y se requiere alrededor de 30 a 50 litros de jugo para producir un litro de miel; 100 litros de jugo a 2° Brix sirven para producir 7,6 kilos de azúcar ó 11,4 litros de miel. El peso de la miel comercial no debe ser menor de 1,32 kilos por litro. Esto equivale a 65.5° Brix ó 35.3° Baumé, a 20°C. La miel comercial no debe tener más de 35 por ciento de agua. La miel de arce puede convertirse en crema, azúcar o pasta. Para producir una solución sobresaturada, que se cristaliza cuando se enfría se requiere una concentración adicional de la miel por evaporación del agua. El azúcar de arce se hace de miel que tiene un punto de ebullición de 10°C mayor que el del agua.

Destilación del aceite de menta. El aceite de menta, se extrae del heno de menta por destilación mediante el uso de vapor para vaporizar el aceite. La mezcla de vapor y aceite se condensa entonces y el destilado resultante se separa con producción del aceite (Fig. 8.4).

Por cada hectárea se tiene un rendimiento de 10 a 75 Kg con un promedio de producción de aceite de 25 Kg. El contenido de mentol de la menta se utiliza como un criterio para el corte. Una lluvia pesada intensa, poco antes de la cosecha, puede lavar una cantidad considerable de aceite de la planta de menta. El contenido de mentol aumenta a medida que la planta se aproxima a la madurez y el corte debe hacerse cuando este contenido se aproxima a 50 por ciento.

Las instalaciones para llevar a cabo este proceso pueden variar en tamaño, pero una instalación típica está compuesta de tinas de acero inoxidable con una capacidad de 560 a 1800 litros, en las cuales se pueden colocar de 250 a 750 kilos de heno de menta verde. El fondo de las tinas debe estar provisto de aberturas, tales como las de un piso perforado, tuberías o chorros, de las cuales pueda dispersarse el vapor a través del heno. Entre el fondo de la tina y el piso perforado debe haber un espacio para el vapor. Los métodos de manipular el producto dentro y fuera de la tina deben mecanizarse hasta donde sea económicamente justificable. Un caldero con una superficie de calentamiento de 22 m² puede proporcionar suficiente vapor para mantener dos tinas de 560 litros en operación. A fin de obtener una mayor velocidad en el procesamiento pueden usarse dos tinas. El vapor normalmente se suministra a 1,4 Kg/cm² más o menos en el tubo de la tina. Las tapas de las tinas deben cerrarse mecánicamente, de tal modo que pueda obtenerse la temperatura deseada para disolver y vaporizar el aceite.

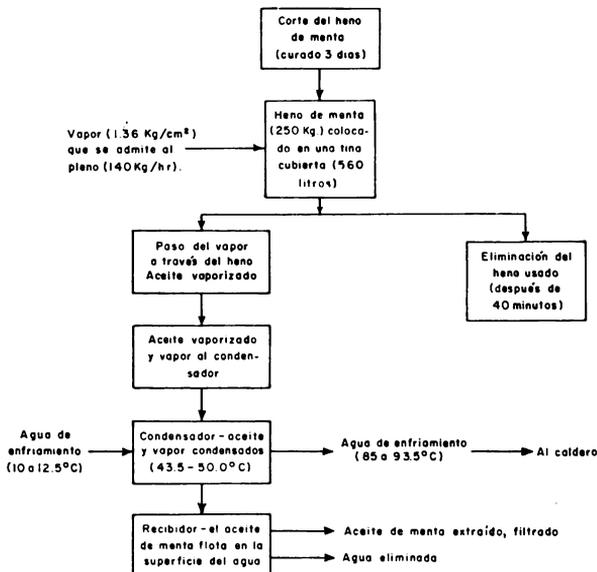


Fig. 8.4. Proceso de destilación de la menta.

Para condensar el vapor de la menta pueden usarse dos condensadores de tubos rectos de aluminio, cada uno con una capacidad de 600 Kg por hora de vapor para las dos tinas de 560 litros. La temperatura del destilado debe mantenerse entre 43.4 y 50°C regulando el flujo del agua de enfriamiento que va al condensador.

El producto condensado pasa al recibidor. El aceite de menta se retira de la parte superior del recibidor. Debe haber un mínimo de turbulencia en el recibidor a fin de que se pierda muy poco aceite con el agua.

En una instalación que tiene dos tinas de 560 litros, pasan alrededor de 150 kilos por hora de vapor a través del producto en las tinas. Para completar la destilación se requieren alrededor de 40 minutos. El agua de enfriamiento entra al condensador a 10°C más o menos y sale entre 85 y 94°C, manteniendo una temperatura de 43.5 a 49°C en el destilado. El aceite que se extrae del el recibidor a fin de que se pierda muy poco aceite.

La eficiencia del aparato de destilación puede determinarse si se pone una cantidad conocida de aceite de menta en las tinas y se comprueba la cantidad recuperada. La pérdida no debe ser mayor al 5 por ciento.

Piña. La piña es una planta que se cultiva en las áreas tropicales, principalmente en Hawaii, Australia, Cuba y Puerto Rico. Muchas de las grandes plantaciones en la actualidad están mecanizando la operación de la cosecha, ya sea por ayuda mecánica a los obreros o por empleo directo de la cosecha mecánica del producto. Para el mercado fresco la piña se cosecha ligeramente verde, se clasifica y se envasa para su embarque a zonas a cierta distancia de los centros de producción, tales como los Estados Unidos y otros países fuera de la zona tropical.

El resto de la piña se deja que madure y se procesa luego en las plantas de enlatado cerca de los centros de producción. La piña puede enlatarse en trozos, rodajas o triturada. El jugo de piña se encuentra asimismo, con frecuencia, como un jugo puro o en mezcla con jugo de cítricos o de otras frutas tropicales. Las operaciones que se llevan a cabo son pelado, descorzonado, y para el jugo, se exprime la fruta por expresión y, luego, sigue un adecuado proceso de calentamiento para el enlatado tanto del jugo como de la carne.

Arroz. El arroz se cultiva bajo muy diferentes condiciones en todo el mundo y se cosecha tanto a mano como en forma mecánica. El arroz recién cosechado se conoce con el nombre de arroz bruto o arroz en cáscara, debido a que la cáscara exterior no se elimina. La cáscara se elimina en la operación de molienda para producir el arroz marrón que luego se pule para dar el arroz pulido. El arroz con cáscara se almacena mejor que el arroz marrón o el pulido.

El arroz es sensitivo en extremo a la quebradura durante el humedecimiento y el secado. La cosecha, el manipuleo y el secamiento deben planearse para mantener al mínimo los rápidos cambios de humedad que prevengan la rajadura de los granos.

La extracción de la cáscara, y el pulido del producto resultante, con las operaciones asociadas de limpieza, tamizado y separación, se conocen con el nombre de molienda (Fig. 8.5). El arroz, del cual se separa la cáscara antes de pulirlo se conoce con el nombre de arroz pardo. Algunos mercados requieren el arroz en esta última forma, pues tiene un mayor contenido de nu-

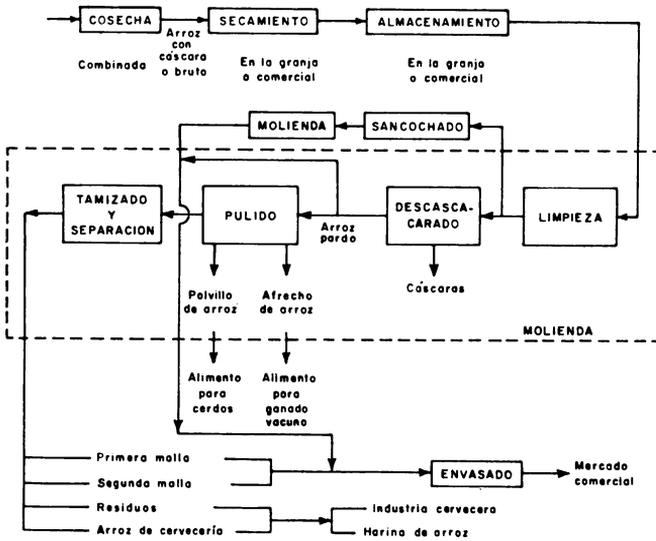


Fig. 8.5. Procesamiento del arroz.

trimentos, particularmente de vitamina B; 454 gramos de arroz pilado producen 15 por ciento de los requerimientos diarios de vitamina B₁ de una persona, mientras que 454 gramos de arroz pardo suministran el 88 por ciento de dichos requerimientos. La capa exterior del arroz se conoce con el nombre de afrecho, el cual es un subproducto del pulido en el primer paso. Un subproducto en el segundo paso, es el polvillo de arroz, consistente de piezas pequeñas de arroz, normalmente bajo el afrecho. Alrededor del 68 por ciento, por peso, del arroz con cáscara, se recupera como arroz entero o partido. Con frecuencia el arroz pardo no se almacena porque se vuelve rancio después de un corto tiempo.

El arroz puede tratarse antes de la molienda con vapor o al calor, para transferir una gran porción de los nutrimentos al centro del grano y permitir un retiro fácil de la cáscara exterior. Este proceso se conoce con el nombre de sancochado.

Además del uso que tiene en la alimentación, el arroz puede usarse para cervecaría, aceite o harina. Las cáscaras pueden usarse en fabricación de materiales abrasivos, rellenos de bloques de construcción y material aislante.

Caña de azúcar. Los tallos de la planta de caña, excluyendo las hojas y unos 30 cm del ápice, se colocan en carretas, vagones, animales o carros de ferrocarril para transportarlos a la planta. El extremo superior del tallo, de unos 30 cm, se elimina porque contiene algunas ceras y resinas que hacen difícil la clarificación del azúcar en la planta. La cosecha a mano aún se practica en muchas partes del mundo. Las hojas se queman con frecuencia para eliminarlas. Se están desarrollando cosechadoras mecánicas para reducir las necesidades de mano de obra en la producción de azúcar.

En la fábrica, los tallos de caña se pasan entre unos rodillos estriados de 1,20 m. de diámetro y alrededor de 2,10 m de longitud que rotan a 3 rpm. La

caña prensada se rocía con agua caliente y pasa a través de otro juego de rodillos para extraer el jugo adicional. En la operación de recepción pueden usarse de tres a cuatro molinos de prensado. El jugo extraído en los últimos estados se bombea de vuelta a los molinos anteriores.

El material fibroso que queda, conocido como bagazo, se retira con un contenido de humedad de alrededor de 60 por ciento, base húmeda. El bagazo puede usarse para combustible en ciertas operaciones de la planta, como material estructural o papel. Tiene un valor calorífico de cerca de 4,400 Kcal por kilogramo de peso seco.

El jugo de la caña se cuele y se trata químicamente y sigue a través del proceso de fabricación de azúcar, en un procesamiento similar al descrito para la remolacha, incluyendo operaciones de clarificación, evaporación, centrifugación y secamiento. La diferencia principal en las operaciones de la caña y la remolacha es que el jugo se extrae de la caña por prensado mecánico, mientras que en la beterraga se extrae por un proceso de difusión. En la remolacha, las células de la planta previenen el movimiento de algunas impurezas que pasarían de la planta al jugo si se usara una operación de prensado.

Té. Después que el té se recoge en el campo, se coloca en canastas y se transporta al centro de procesamiento. El té procesado puede clasificarse como negro o fermentado y verde o no fermentado, o como una combinación de ambos.

Para fabricar té negro se colocan las hojas en bandejas y luego se dejan marchitar o curar, ya sea en el sol o en interiores, a más o menos 48.8°C durante un día. Durante el marchitamiento se pierde humedad y el producto termina con la mitad o tercera parte del peso original. Luego se enrolla la hoja para romper las células. Durante el enrollado, las enzimas y los jugos, pasan de las células a través de toda la hoja. Las hojas son entonces fermentadas u oxidadas por 1 a 5 horas. Después de este período las hojas se secan, ya sea al sol o con una secadora con aire caliente. Las hojas de té de mejor calidad se producen bajo secamiento controlado de alrededor de 30 minutos.

Para la fabricación de té verde se calientan con vapor las hojas sin fermentar. El calentamiento con vapor detiene la respiración y fija el color. Después sigue el enrollado y el secado de las hojas. Las hojas se seleccionan y separan de acuerdo al punto de origen en la planta, al tamaño y al color y se envasan en paquetes de aluminio, metal o madera. El té parcialmente fermentado, se fabrica combinando los procedimientos mencionados antes.

Durante el procesamiento, el contenido de humedad de las hojas varía como se muestra a continuación:

Hojas frescas	77 por ciento de humedad, b.h.
Hojas marchitas	66 por ciento de humedad, b.h.
Hojas fermentadas	66 por ciento de humedad, b.h.
Hojas del primer secado	30 por ciento de humedad, b.h.
Hojas del secado final	3 por ciento de humedad, b.h.
Hojas secas envasadas	6 por ciento de humedad, b.h.

Las hojas de té se ponen a menudo en bandejas para la operación de secamiento y se usa un flujo de aire en contracorriente a una temperatura de 110°C.

Tabaco. El tabaco puede obtenerse de diferentes variedades de plantas que crecen bajo diversas condiciones y se curan de varias maneras. En los Estados Unidos una clasificación corriente del tabaco es: hoja brillante, burley, Connecticut y Maryland.

El tabaco de hoja brillante se cura en un cobertizo hermético con circulación de aire natural o con un suministro de calor, usando una recirculación completa o parcial del aire. La ventilación con corriente natural de aire se usa por lo común con un ventilador regulable. La temperatura y la humedad que se desean en las diferentes etapas del curado de las hojas que se cosechan de la planta del tabaco se muestran en la Tabla 8.3. La iniciación de cada uno de estos estados depende de la hoja y es evaluada por el operador.

El curado inicial del tabaco de hoja brillante consiste en el amarillamiento, durante el cual grandes cantidades de almidón se convierten en azúcar y la hoja de tabaco se mantiene en una condición física que permite que la humedad se pueda extraer rápidamente de sus células. Tan pronto como se llega al color apropiado se matan las células de las hojas usando aire a alta temperatura. Si se usan temperaturas demasiado bajas la hoja suda y se vuelve húmeda y esponjosa. Después que se obtiene el color deseado, debe eliminarse el agua de las hojas tan rápidamente como sea posible. El sistema de calentamiento para el secado es más grande que el que se necesita para efectuar sólo el amarillamiento. El secado puede llevarse a cabo hasta donde permita el chamuscado de las hojas. Después que el tabaco se seca, se ordena, es decir, se permite que absorba humedad de la atmósfera y se vuelva plegable.

En la actualidad se está logrando un progreso considerable en la mecanización de las operaciones de cosecha y curado, mediante el desarrollo de sistemas de manipuleo al granel y sistemas de curado de hoja brillante. Estos sistemas comprenden un control estricto de la temperatura y de la humedad relativa para proporcionar los estados de curado deseados.

El tabaco burley se usa de preferencia para mascar y se cultiva principalmente en el Valle del río Ohio. Este tabaco se cura con ventilación de aire a través del edificio de almacenamiento. El calor se usa únicamente cuando la humedad relativa promedio en el almacén no puede mantenerse naturalmente entre 65 y 75 por ciento durante un período de 24 horas. Debe suministrarse calor uniforme a partir de un combustible con un bajo contenido de azufre.

En el valle de Connecticut se produce tabaco cultivado a la sombra. Durante las primeras cinco semanas de curado, se requiere adición de calor en un quinto del tiempo aproximadamente. La temperatura de almacenamiento se mantiene alrededor de 8 a 11°C sobre la temperatura exterior, preferible

Tabla 8.3. Condiciones deseables para el curado del tabaco de hoja brillante

Almacén	Humedad relativa crítica, porcentaje	Temperatura crítica, °C
Amarillado	92 a 85	2.2 a 4.4°C
Fijación del color	75, 65, 50	40.5, 43.5, 49
Matado	bajo 10	76.5 a 93.5
Secado	25 a 39	60

entre 30 y 38°C. Por lo general, el calor se suministra en su mayor parte en la primera semana del curado y por uno o dos períodos de 8 a 24 horas por semana hasta que finalice. Ultimamente se han adoptado quemadores a gas.

El tabaco tipo Maryland se cura al aire. Este es un tipo de tabaco liviano, delgado, que se usa para la fabricación de cigarrillos y como relleno de los puros. La planta se cosecha completa y se cura aproximadamente en 3 a 5 semanas. Las hojas se arrancan más o menos a los dos y medio meses o más después que la planta se pone en el almacén. Durante el curado se pierde humedad y desaparece el color verde. La respiración continúa durante el proceso y se utiliza para ello las reservas alimenticias de las hojas. El proceso de amarillamiento se completa cuando se termina el uso de las reservas alimenticias a través de la respiración. Las hojas adquieren color pardo a medida que cesa el proceso vital de las células. El mejor curado se obtiene con una temperatura de almacenamiento de 26.5 a 32°C y una humedad relativa de 75 a 80 por ciento.

Los pesos normalizados del tabaco en toneles se dan en la Tabla 8.4.

Tabla 8.4. Peso normalizado de tabaco, tonel o barril grande*

Maryland	332 Kg
Curado	431 Kg
Burley	443 Kg
Curado al aire, oscuro	523 Kg
Virginia, curado al fuego	614 Kg
Kentucky y Tennessee, curado al fuego	728 Kg

* Tonel o barril grande = 286.63 litros.

El rapé es un producto del tabaco que se hace con una serie de operaciones de molienda y fermentación en un período de año y medio. También comprende la incorporación de sabores apropiados tales como lavanda, clavo y rosas.

PREGUNTAS

1. Prepare un plano de una planta de procesamiento a partir de una de las cartas de flujo que se presentan en el libro.
2. Prepare una carta de flujo y describa el equipo utilizado en un proceso especializado no cubierto en el capítulo anterior.
3. Prepare una carta de flujo para un proceso descrito en este capítulo pero para el cual no se haya descrito dicha carta.
4. Describa el procedimiento y equipo pertinente y comente la conversión de una planta de procesamiento de caña de azúcar en una planta de procesamiento de remolacha azucarera.
5. Compare el procedimiento de procesamiento para miel de abejas, miel de arce y aceite de menta.
6. Enumere algunos productos sensibles a las bajas temperaturas.
7. Compare el proceso de fermentación cuando interviene en el café y en el cacao.

8. Compare los diferentes procedimientos para procesar tabaco.
9. Señale cuál es la fuente y describa el procedimiento para la fabricación de malta.
10. Describa el proceso de fabricación de lúpulo para la industria cervecera.

REFERENCIAS

1. BAKER, VERNON H., TABOADA, OSCAR y WIANT, D.D. Electron gun aimed at insects. *Food Engineering* 26(4):64-66. 1954.
2. BENNETT, C.A. y GERDES, F.L. The vertical drier for seed cotton. USDA Misc. Pub. 239. 1936. 22 pp.
3. ———. Cotton ginning. USDA Farmers Bulletin 1748. 1935. 46 pp.
4. BROCK, J.A. The story of beet sugar. Farmers and Manufacturers Beet Sugar Association. Saginaw, Michigan. 1948. 14 pp.
5. ENCYCLOPEDIA BRITANNICA. Alcoholic beverages, 1:544-547; Cocoa, 5:899-911; Coffee, 5:928-934; Sugar Cane, 21:524-530. 1961.
6. ESCHENWALD, ADOLFO. Some basic properties of the coffee fruit and coffee beans. Thesis for MS, Agricultural Engineering, Michigan State University. 1959. 92 pp.
7. GRIST, D.H. Rice. London. Longmans, Green and Co., Ltd. 1959. 466 pp.
8. HALL, CARL W. Drying Farm Crops. Ann Arbor, Michigan. Edwards Brothers, Inc. 1957. 336 pp.
9. HENDERSON, S.M. Some hop drying studies. California Agr. Exp. Sta. Bulletin 762. 1958. 26 pp.
10. KAHL, WILLIAM H. Installation and evaluation of an experimental peppermint oil distillation plant. Thesis for MS, Agricultural Engineering. Michigan State University. 1955. 66 pp.
11. JUNZE, OTTO. Personal correspondence. Department of Agricultural Engineering. Michigan State University. 1963.
12. MILLER, HARRY. Production possibilities for engine fuel. *Agricultural Engineering* 20(7):265-266. 1939.
13. RAY, LUTHER R. y BEEKMAN, EVERT. Equipment for the processing of tea. Development Paper N^o 12. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, Italy. November. 1951. 12 pp.
14. TURNER, A.W. y JOHNSON, E.J. Machinery for Farm, Ranch and Plantation. New York. McGraw-Hill Book Co., 1948. 794 pp.
15. URQUHART, DUNCAN H. Cocoa. London. Longmans, Green and Co., Ltd. 1961. 293 pp.
16. VAN LOESECKE, H.W. Bananas. New York. Interscience Publishers. 1949. 201 pp.
17. WALKER, H.B. Harvesting and processing equipment for walnuts. *Agricultural Engineering* 20(2):71. 1939.
18. WIANT, D.E. Characteristics of irradiated wheat and baked products made from irradiated wheat. Presented at the International Atomic Energy Agency Panel on Irradiation Disinfestation of Grain. Vienna. May 21-24, 1962, (mimeo). 1962. 12 pp.
19. ———. Report on five years use of electron beam machine. Dept. of Agr. Eng. Michigan State University. (mimeo). 1961. 13 pp.
20. WILLITS, C.O. Maple syrup producers manual. USDA Agricultural Handbook 134. 1958. 80 pp.
21. WINN, PAUL N. Compact curing studies of Maryland type tobacco. ASAE paper 63-123. Miami Beach, Florida. (mimeo). 1963. 7 pp.

APENDICE

- Tabla A-1 Número de semillas por kilogramo
A-2 Peso de granos y semillas por hectolitro
A-3 Pesos y medidas de frutas y hortalizas
A-4 Recomendaciones para el secamiento de granos
A-5 Secamiento de heno con aire caliente
A-6 Factores de conversión para productos agrícolas
A-7 Humedad en equilibrio con aire a diferentes humedades
A-8 Diagnósis de fallas para un sistema de refrigeración por compresión
A-9 Litros de fumigante por hectolitro de granos

Fig. A.1 Carta psicrométrica

Tabla A-1 Número de semillas por kilogramo

	Semillas por Kg	Referencia
Veza	35,000	(Harmond, 1956)
Trébol encarnado	310,000	p. 387 Wheeler, 1957
Festuca alta	300,000 a 330,000	p. 479 Wheeler, 1957
Pasto bromo	300,000 a 330,000	p. 473 Wheeler, 1957
Pasto de huerto	1'300,000	p. 466 Wheeler, 1957
Fleo	2'400,000 a 2'850,000	p. 461 Wheeler, 1957
Trébol grande	2,200,000	p. 450 Wheeler, 1957
Trébol pico de pájaro	825,000 a 1'000,000	p. 448 Wheeler, 1957
Pasto de trigo alto . .	175,000	p. 514 Wheeler, 1957
Pasto de trigo medio . .	220,000	p. 514 Wheeler, 1957
Pasto azul Kentucky . .	4'800,000	p. 492 Wheeler, 1957
Pasto azul grueso	5'500,000	p. 497 Wheeler, 1957
Agróstide	11'000,000	p. 497 Wheeler, 1957
Heno blanco	22'000,000	(Harmond, 1956)
Lespedeza (Sericea) . .	700,000	p. 515 Wheeler, 1956
Lespedeza (Sericea) . .	770,000	p. 414 Wheeler, 1956
Soya	6,600	p. 401 Wheeler, 1956
Trébol rojo	550,000	p. 362 Wheeler, 1956
Alfalfa	585,000	p. 359 Wheeler, 1956

Harmond, Jesse

1956. Seed Cleaning and Handling. Trabajo presentado a la reunión ASAE. (Dito) Chicago, Illinois, Diciembre 10.

Wheeler, W. A. y Hill, D. D.

1957. Grassland Seeds. New York, D. Van Nostrand Co., Inc.

Tabla A-2 Peso de granos y semillas por hectolitro

Producto	Peso Kilos	Producto	Peso Kilos
Afrecho	26	Maíz en mazorca; con brácteas	96.2
Agróstide	65.78	Maíz Kafir	62.4 - 65
Alfalfa	65	Maíz reventón, mazorca..	91
Algodón, semilla	41.6	Maíz reventón, desgranado	72.8
Amapola, semilla	59.8	Malta	49.4
Arroz, bruto	58.5	Mijo, semilla	62.4 - 65
Arvejas	78.0	Naranja Osage	46.8
Avena	41.6	Nuez dura	65
Caña de azúcar, semilla..	65	Nuez inglesa..	65
Cáñamo, semilla.. . . .	57.2	Pasto azul, semilla.. . .	26.4
Caupí	78	Pasto Bermuda	45.5
Cebada	62.4	Pasto Sudán, semilla . .	52
Centeno	72.8	Ricino, semilla	60
Colza, semilla	65 - 78	Sal	65
Festuca de los prados . .	31.2	Sésamo	59
Girasol	31 - 41.6	Sorgo común, semilla . .	57.2 - 65
Grano de sorgo	72.8	Sorgo milo	72.8
Frijol blanco	78	Soya	78
Frijol terciopelo	78	Timothy	58.5
Harina de maíz	65	Trébol dulce	78
Hierba de huerto	18.2	Trébol, semilla	78
Lino, semilla..	72.8	Trigo	78
Maíz, desgranado	72.8	Trigo sarraceno	62.4 - 67.6
Maíz en mazorca, sin brácteas	91.0	Veza	78

Tabla A-3 Pesos y medidas de frutas y hortalizas en los Estados Unidos. (Basado en Estadística Agrícola USDA, 1961, 624 pp)

Fruta u hortaliza	Unidad	Peso aproximado, libras
Aceitunas	Caja, 5- $\frac{3}{4}$ x 13- $\frac{1}{2}$ x 16- $\frac{1}{8}$ pulg.	25 - 30
Albaricocque	Caja, 4- $\frac{5}{8}$ x 12- $\frac{1}{2}$ x 16- $\frac{1}{8}$ pulg.	24
Apio	Canasta	60
Arándanos	Barril	100
Arveja, verde, con cáscara	Bushel	30
secas	Bushel	60
Bananas	Cajón, 13 x 12 x 32 pulg.	40
Beterraga	Bushel	52
atados	Canasta, 8 x 12 x 22 pulg.	40
Camote	Bushel	55
Cebolla, seca	Saco	50
verde	Canasta, 13 x 18 x 21- $\frac{5}{8}$ pulg.	50 - 55
Cereza	Caja, 4- $\frac{1}{8}$ x 11- $\frac{1}{2}$ x 14 pulg.	16
Ciruuelas	Media canasta	28
.	Depósito	20 - 29
Col	Canasta amarrada con alambre	50
.	Canasta del oeste, 13 x 18 x 25- $\frac{5}{8}$ pulg.	80
Coliflor	Canasta de 1- $\frac{1}{2}$ bushel	37
Espinaca	Bushel	20
Espárrago	Canasta	30
Frambuesa	Canasta de 24 cuartos	36

(Continúa en la página siguiente)

Tabla A-3 (Continuación)

Fruta u hortaliza	Unidad	Peso aproximado, libras
Fresa	Canasta de 24 cuartos	36
Lechuga	Canasta, 13 x 18 x 21- $\frac{1}{8}$ pulg.	70
Lima	Cajón	80
Limones	Cajón, 9- $\frac{7}{8}$ x 13 x 25 pulg.	76
	Cartón, 10- $\frac{1}{4}$ x 10- $\frac{11}{16}$ x 16- $\frac{3}{8}$ pulg.	70
	$\frac{1}{2}$ cajón	45
Mandarina, Florida	Bushel	21
Maní, Virginia, con cáscara	Bushel	17
Runners	Bushel	25
Spanish	Bushel	44
Manzanas	Cajón del Noroeste, 10- $\frac{1}{2}$ x 11- $\frac{1}{2}$ x 18 pulg.	54
	Cajón del este, 11 x 13 x 17 pulg.	48
	Bushel	83
Melocotón	Canasta gigante, 13 x 13 x 22- $\frac{1}{8}$ pulg.	48
Melones	Canasta	36
Membrillo	Canasta de 24 cuartos	54
Moras	Bushel	90
Nabo	Cajón, 12 x 12 x 24 pulg.	75
Naranja, Florida, Texas	Cajón, 11- $\frac{1}{2}$ x 11- $\frac{1}{2}$ x 24 pulg.	56
California, Arizona	Bushel	32
Pallar, seco	Bushel	12 - 15
con cáscara	Caja, 4- $\frac{1}{2}$ x 12- $\frac{1}{2}$ x 16- $\frac{1}{8}$ pulg.	
Paltas		

(Continúa en la página siguiente)

Tabla A-3 (Continuación)

Fruta u hortaliza	Unidad	Peso aproximado, libras
Papas	Bushel	60
	Barril	165
	Bolsa	50
Pepinillo	Bushel	48
Peras, California	Bushel	48
Otras	Bushel	50
Oeste	Cajón, 8-1/2 x 11-1/2 x 18 pulg.	46
Pimiento	Bushel	25
	Canasta, 13-3/8 x 11 x 22 pulg.	50
Piña	Canasta, 12 x 10-1/2 x 33 pulg.	70
Tomate	Bushel	53
	Caja, 5-3/4 x 13-1/2 x 16-1/8 pulg.	32
Toronja, Florida, Texas	Cajón, 12 x 12 x 24 pulg.	80
California, (mesa)	Cajón, 11-1/2 x 11-1/2 x 24 pulg.	64
California, (otros)	Cajón, 11-1/2 x 11-1/2 x 24 pulg.	67
Uvas	Canasta, 4 cuartos	6
	Canasta, 12 cuartos	18
	Caja, 5-3/4 x 13-1/2 x 16-1/2 pulg.	28
	Depósito 4 canastas, 4-3/4 x 16 x 16-1/8 pulg.	20
Vainita	Bushel	30
Zanahoria	Bushel, canasta	50
atados	Canasta del oeste, 13 x 13 x 22-1/2 pulg.	75

	Maiz Mazorca	Maiz Grano	Trigo	Avena	Cebada	Sorgo	Soya	Arroz	Maiz
	30%	25%	20%	20%	20%	20%	20%	25%	45-50%
	35%	35%	25%	25%	25%	25%	25%	25%	45-50%
	13%	13%	13% para semilla.	13% para semilla.	13%	12%	11%	12%	13%
	23.6	18.7	7.4	7.1	0.6	13.1	15.7	9.3	75%
	21.0	12.4	5.2	3.8	0.6	7.6	9.5	4.6	32°C
	11.5	6.7	3.0	3.7	2.6	5.6	7.3	2.8	
	7.8	4.7	3.0	1.6	2.6	3.6	5.0	1.4	
	4.3	2.7							
	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	75%
	43.5°C	43.5°C	43.5°C	43.5°C	40.5°C	43.5°C	43.5°C	43.5°C	32°C
	54.5°C	54.5°C	60°C	60°C	40.5°C	60°C	54.5°C	43.5°C	32°C
	82.2°C	82.2°C	82.2°C	82.2°C	82.2°C	82.2°C			
	1.5	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.24	1.20
	(no crítico)	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.60	0.45	1.80
	30 25	30 25	20 18	25 20	20 18	25 20	25 20	25 20	40 50
	20	20 18	16	16	16	18 16	18 16	18 16	
	4.5 6.0	1.2 1.5	1.2 1.8	1.2 1.8	1.2 1.8	1.2 1.2	1.2 1.8	1.2 1.8	1.80
	6.0	1.8 2.4	2.4	2.4	2.4	1.8 2.4	2.4 3.0	2.4 3.0	

Estas profundidades pueden ser aumentadas un poco - especialmente a los niveles de humedad más bajos - siempre que el ventilador cumpla los requerimientos de flujo de aire indicados en 8 a presiones estáticas relativamente altas.

- Contenido máximo de humedad del producto, a la cosecha.
 - aire natural
 - aire caliente
- Contenido máximo de humedad del producto para almacenamiento seguro en una estructura hermética.
 - (Si los productos mencionados se van a almacenar por un período prolongado, el contenido de humedad debe ser de 1 a 2% más bajo que el indicado en la tabla)
 - 30% Kilos de agua por hectolitro, que deben extraerse para almacenamiento seguro cuando el grano se cosecha al contenido de humedad de:
 - 18%
 - 16%
- Humedad relativa máxima del aire de entrada para secamiento a nivel de almacenamiento seguro cuando se usa aire natural.
- Temperatura máxima del aire de entrada para el secamiento, cuando el producto va a ser utilizado para:
 - 1. Semilla
 - 2. Vendido para uso comercial (1)
 - 3. Alimentación animal (2)
- Profundidad recomendada del producto para secamiento por cargas con aire calentado, metros 6
 - producto a diferentes niveles de humedad para secamiento en estructuras herméticas, con ventiladores capaces de ventilar el flujo de aire necesario según se indica en 8 (siguiente)
- Flujo de aire mínimo para el producto al nivel de humedad y profundidad, que se indican en 7.
 - m³/min por hectolitro
 - Aire natural (3)
 - Aire calentado y con elevación de la temperatura no mayor de 8.4°C.

* No recomendable.

- Temperaturas más altas que aquellas indicadas se pueden usar cuando el maíz se va a secar en condiciones cuidadosamente controladas de tal modo que la máxima temperatura de los granos no exceda de 54.5°C en ningún momento.
- Si hay alguna posibilidad que el producto pueda venderse se debe usar la temperatura más baja que se indica en el renglón de uso comercial.
- Para cultivos de otoño en las áreas húmedas, el aire natural para secamiento depende de las condiciones del clima y puede tomar día o meses para completarse. El secamiento con aire calentado, bajo las mismas condiciones climáticas, puede completarse en horas o en unos pocos días, depende del volumen a secarse.

** Revisado 2/9/56. Reproducido con permiso, Suite 4300 Board of Trade Building, Chicago 4, Ill.

Tabla A-5 Tiempo y requerimientos de petróleo para secamiento de heno con aire caliente

Contenido de Humedad Inicial	Kg de agua por tonelada, al inicio	Kg de agua extraídos para secar 1 T.M. a 20%	Cantidad aproximada de petróleo usado para secar 1 Ton a 20%, galones	Cantidad aproximada de petróleo usado para secar 20 Ton a 20%, galones	Duración aproximada del secamiento de 20 Ton cuando se queman 10 galones por hora
60	1200	1000	28.6	572	56 hs.
55	979	779	23.1	460	46 hs.
50	800	600	18.6	372	37 hs.
45	655	455	14.6	292	29 hs.
40	535	335	11.1	222	22 hs.
35*	430	230	7.9	158	16 hs.
30	342	147	5.1	102	10 hs.
25	267	67	2.5	50	5 hs.

*Humedad máxima para un secamiento económico.
Cortesía de Lennox Furnace Co., Des Moines, Iowa.

Tabla A-6 Factores de conversión para productos agrícolas. (Basado en Estadística Agrícola, USDA, 1961, 624 pp.)

Producto	Unidad	Equivalente aproximado
Albaricoque	1 Kg seco	5.5 Kg fresco
Algodón	1 Kg desmotado	3.26 Kg algodón en rama
Algodón, Harina de semilla	1 Kg	2.10 Kg de semilla
Algodón, Aceite de semilla	1 Kg	5.88 Kg de semilla
Arroz, elaborado	100 Kg	152 Kg arroz bruto
Arvejas, verdes	1 Kg descascaradas	2½ Kg con cáscara
	1 caja 24 latas Nº 2	1/100 Ton
Avena, harina	100 Kg	5.32 Hl de avena
Azúcar	1 Ton cruda	0.9346 Ton refinada
Becerro	1 Kg vivo	0.555 Kg beneficiado
Carnero y cordero	1 Kg vivo	0.477 Kg beneficiado
Centeno, harina	100 Kg	1.58 Hl de centeno
Cerdo	1 Kg vivo	0.569 Kg beneficiado, no incluye manteca
Cerezas, ácidas	1 caja de 24 latas Nº 2½	0.023 Ton frescas
Ciruelas	1 Kg secas	2½ Kg fresca, California 3 a 4 Kg, otra parte
Higos	1 Kg seco	3 Kg fresco, California 4 Kg fresco, otra parte

(Continúa en la página siguiente)

Tabla A-6 (Continuación)

Producto	Unidad	Equivalente aproximado
Huevos	1 caja	21.4 Kg
Huevos, cáscara	1 caja	18 Kg líquido, enteros
Huevos, cáscara	1 caja	4 Kg deshidratados, enteros
Lana, esquila doméstica	1 Kg grasosa	0.45 Kg desgrasada
Linaza, harina	1 Kg	1.56 Kg semilla de lino
Linaza, aceite	1 Kg	2.80 Kg semilla de lino
Lino, semilla	1 HI	28.3 litros de aceite
Maíz	56 Kg desgranado	70 Kg en mazorca con brácteas
Maíz, dulce	1 caja 24 latas Nº 2	0.038 tons fresco
Maíz, harina degerminada	100 Kg	2.43 hectolitros
Maíz, harina no degerminada	100 Kg	1.54 hectolitros
Malta	34 Kg	48 Kg cebada
Maní	1 Kg pelado	2½ Kg con cáscara
Manzana	1 Kg seca	8 Kg fresca
	1 barril	1 canasta de 1 HI
Manzana, puré	1 caja 24 latas Nº 2½	0.49 HI fresca
Melocotón, California abridor	1 caja 24 latas Nº 2½	0.42 HI fresca
peladillo	1 Kg seco	6½ Kg fresco
peladillo	1 Kg seco	7½ Kg fresco
peladillo	1 caja 24 latas Nº 2½	0.35 HI fresco

(Continúa en la página siguiente)

Tabla A-6 (Continuación)

Producto	Unidad	Equivalente aproximado
Miel de arce	1 litro	0.95 Kg azúcar de arce
Miel de caña	1 litro	0.6 Kg azúcar
Naranja, Florida	1 caja de 24 latas N° 2 de jugo	0.63 cajón, frescas
Nueces		
almendra, importada	1 Kg sin cáscara	3½ Kg con cáscara
almendra, California	1 Kg sin cáscara	2 Kg con cáscara
Avellana	1 Kg	2 Kg con cáscara
Brasil	1 Kg	4.55 Kg con cáscara
Castaña	1 Kg	1.19 Kg con cáscara
Marañón Nogal, negra	1 Kg	2.5 Kg con cáscara
Nogal, inglesa	1 Kg	2.5 Kg con cáscara
Pecana	1 Kg	2.0 Kg con cáscara
Pistacho	1 Kg	2.56 Kg con cáscara
		8 ¹ / ₃ Kg con cáscara
Pallar	1 Kg	2 Kg con cáscara
Pasas	1 Kg	4 Kg uvas frescas
Pavos	1 Kg vivo	0.80 Kg listo para comer
Peras	1 Kg secas	5½ Kg frescas

(Continúa en la página siguiente)

Tabla A-6 (Continuación)

Producto	Unidad	Equivalente aproximado
Peras, Bartlett	1 caja 24 latas N° 2½	0.38 Hl frescas
Pollos	1 Kg vivo	0.72 Kg listo para comer
Productos lácteos:		
Crema deshidratada	1 Kg	19 Kg de leche
Helados	1 litro	5.4 Kg de leche
Leche condensada entera	1 Kg	23 Kg de leche
Leche deshidratada, entera	1 Kg	7.6 Kg de leche
Leche deshidratada, sin grasa	1 Kg	11 Kg leche descremada
Leche evaporada, entera	1 Kg	2.14 Kg de leche
Mantequilla	1 Kg	21.1 Kg de leche
Queso	1 Kg	10 Kg de leche
Soya, aceite	1 Kg	5.45 Kg de soya
Soya, harina	1 Kg	1.28 Kg de soya
Tomate	1 caja de 24 latas N° 2	0.027 Ton frescos
Toronja, Florida	1 caja de 24 latas N° 2	0.83 cajón fruta fresca
Trigo, harina	100 Kg	1.73 Hl de trigo
Trigo sarraceno, harina	100 Kg	2.6 Hl de trigo
Vacuno	1 Kg vivo	0.549 beneficiado
Vainitas	1 caja de 24 latas N° 2½	1/100 Ton frescas

Tabla A-7 Contenido de humedad en equilibrio con aire a diferentes humedades relativas a la temperatura ambiente (aproximadamente 25°C)¹

	Contenido de humedad (base húmeda), porcentaje						
Humedad relativa (porcentaje)	15	30	45	60	75	90	100
Arroz, bruto ⁴	5.6	7.9	9.8	11.8	14.0	17.6	
Arroz, semielaborado ⁴	5.9	8.6	10.7	12.8	14.6	18.4	
Arroz, pulido ⁴	6.6	9.2	11.3	13.4	15.6	18.8	
Avena	5.7	8.0	9.6	11.8	13.8	18.5	24.1
Cebada	6.0	8.4	10.0	12.1	14.4	19.5	26.8
Centeno	6.4	8.6	10.5	12.0	15.2	18.8	21.9
Lino, semilla	4.4	5.6	6.3	7.9	10.0	15.2	21.4
Maíz, desgranado, YD	6.4	8.4	10.5	12.9	14.8	19.1	23.8
Maíz, desgranado, WD	6.6	8.4	10.4	12.9	14.7	18.9	24.6
Maíz desgranado, Pop.	6.8	8.5	9.8	12.2	13.6	18.3	23.0
Sorgo ²	6.4	8.6	10.5	12.0	15.2	18.8	21.9
Soya ³		6.2	7.4	9.7	13.2		
Trigo, blanco	6.7	8.6	9.9	11.8	15.0	19.7	26.3
Trigo, duro	6.6	8.5	10.0	11.5	14.1	19.3	26.6
Trigo, rojo suave de invierno	6.4	8.5	10.5	12.5	14.6	20.1	25.3
Trigo, rojo duro de primavera	6.8	8.5	10.1	11.8	14.8	19.7	25.0
Trigo sarraceno	6.7	9.1	10.8	12.7	15.0	19.1	24.5

¹Coleman, D.A., Fellows, H.C., Hygroscopic moisture in cereal grains. Cereal Chem., 2:278-287, Sept., 1925.

²Coleman, D.A., Rothgeb, B.E., Fellows H.C., Respiration of sorghum grains. USDA Tech. Bul. 100, Nov., 1928.

³Ramstad, P.E., Geddes, W.F., The respiration and storage behavior of soybeans. Univ. Minn. Tech. Bul 156, June, 1942.

⁴Karen, M.L., Adams, M.E., Hygroscopic equilibrium of rice fractions. Cereal Chem., 26:1-2, Jan., 1949.

De: Agricultural Engineers Yearbook, 1962, p. 240.

Tabla A-8 Carta de diagnóstico de fallas de un sistema de refrigeración por compresión. (Tomado de: Refrigeration Service Manual — Chieftain, Tecumseh Products Co., Tecumseh, Mich.)

FALLA	CAUSA	SOLUCION
El sistema funciona demasiado o contínuamente.	<ul style="list-style-type: none"> a) El control no desconecta. b) Pérdida de refrigerante. c) Unidad no ventilada. d) Compresor deficiente. e) Velocidad del compresor demasiado baja. f) Aire en el sistema. g) Otras causas: <ul style="list-style-type: none"> — Sello de la puerta deficiente. — Circulación restringida en el compartimento del piso. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Ajustar, reparar o reemplazar el control. b) Localizar la fuga y corregir la carga. c) Trasladar la unidad para lograr una circulación apropiada de aire sobre el condensador. d) Probar el compresor y hacer las reparaciones. e) Chequear la corriente usada con la corriente especificada en el motor. Asegurar un voltaje constante en la línea. f) Purgar el aire. g) Chequear el gabinete de mando y hacer las reparaciones.
El sistema funciona en períodos cortos.	<ul style="list-style-type: none"> a) Control no ajustado o deficiente. b) Fuga de gas en alta presión hacia el lado de baja presión, debido a escape en la válvula de descarga. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Ajustar, reparar o reemplazar el control. b) Volver a probar y reparar las válvulas de descarga.
Refrigeración insuficiente (Temperatura del refrigerador demasiado alta).	<ul style="list-style-type: none"> a) Puesta del control en un punto de temperatura muy alta. b) Control no conecta el arranque. c) Insuficiente refrigerante. 	<ul style="list-style-type: none"> a) Ajustar el control. b) Reajustar, reparar o reemplazar el control. c) Ubicar fuga y recargar. d) Probar la eficiencia del compresor.

Tabla A-8 (Continuación)

FALLA	CAUSA	SOLUCION
	d) Compresor deficiente. e) Fusibles quemados, conmutador de la línea de alimentación abierto. f) Otras causas: — Sello de la puerta deficiente, evaporador muy congelado.	e) Reemplazar los fusibles quemados o chequear la línea de abastecimiento de corriente. f) Chequear el gabinete de mando y reparar o descongelar.
Unidad condensadora produce mucho ruido.	a) Ubicación deficiente, lo que causa la transmisión de ruido. b) Montaje inadecuado. c) El sello rechina. d) Falta de aceite. e) Compresor, condensador o motor flojos. f) Compresor o cojinetes del motor gastados. g) El compresor pierde aceite. h) Presión demasiado alta en el condensador. i) Polea del motor no alineada con el volante, o floja. j) Correa rajada o desgastada. k) Volante flojo.	a) Reubicar y, si es necesario, aplicar un aislante de ruidos. b) Chequear el montaje y asegurar que la base esté libre de piezas adyacentes. c) Chequear y corregir. d) Chequear el aceite, asegurar una carga correcta y una rotación correcta del motor. e) Ajustar las partes sueltas. f) Reemplazar las partes gastadas o tomar contacto con la estación de servicio. g) Chequear y corregir la carga de aceite. h) Eliminar el aire o purgar el refrigerante. i) Alinear y ajustar la polea del motor. j) Reemplazar la faja. k) Ajustar perno del volante.

Tabla A-9 Litros de fumigante por 100 hectolitros — depósitos de acero*

	Trigo, ave- na Soya	Granos de Sorgo	Maíz Desgra- nado	Maíz en mazor- ca (1)
1. Tetracloruro de Carbono 100%	3.3	8.8	6.6	79.2
2. Tetracloruro de Carbono Disulfuro de Carbono (80%-20%)	2.2	6.6	5.5	66.0
3. Dicloruro de Etileno Tetracloruro de Carbono (75%-25%)	4.4	8.8	6.6	79.2
4. Tetracloruro de Carbono Dicloruro de Etileno Dibromuro de Etileno (60%-35%-5%)	2.2	6.6	5.5	66.0
5. Tetracloruro de Carbono Dicloruro de Etileno (75%-25%) más 10% de bromuro de metilo	1.6	4.4	2.2	26.4
6. Tetracloruro de Carbono Disulfuro de Carbono (80%-20%) más 10% de bromuro de metilo	1.6	4.4	2.2	26.4

(1) La dosis para maíz en mazorca es por 100 m³.

(2) Se requiere una exposición mínima de 72 hs. para matar los insectos.

Notas: Aumente la dosis en 25% si la humedad del producto es mayor de 25%.
Las mezclas N^o 5 y N^o 6 pueden afectar ligeramente la germinación.

*Dr. Richard T. Cotton, Agricultural Research Service, Bureau of Entomology and Plant Quarantine, U.S.D.A., Washington, D.C.
Cortesía de Butler Manufacturing Company, Kansas City, Missouri.

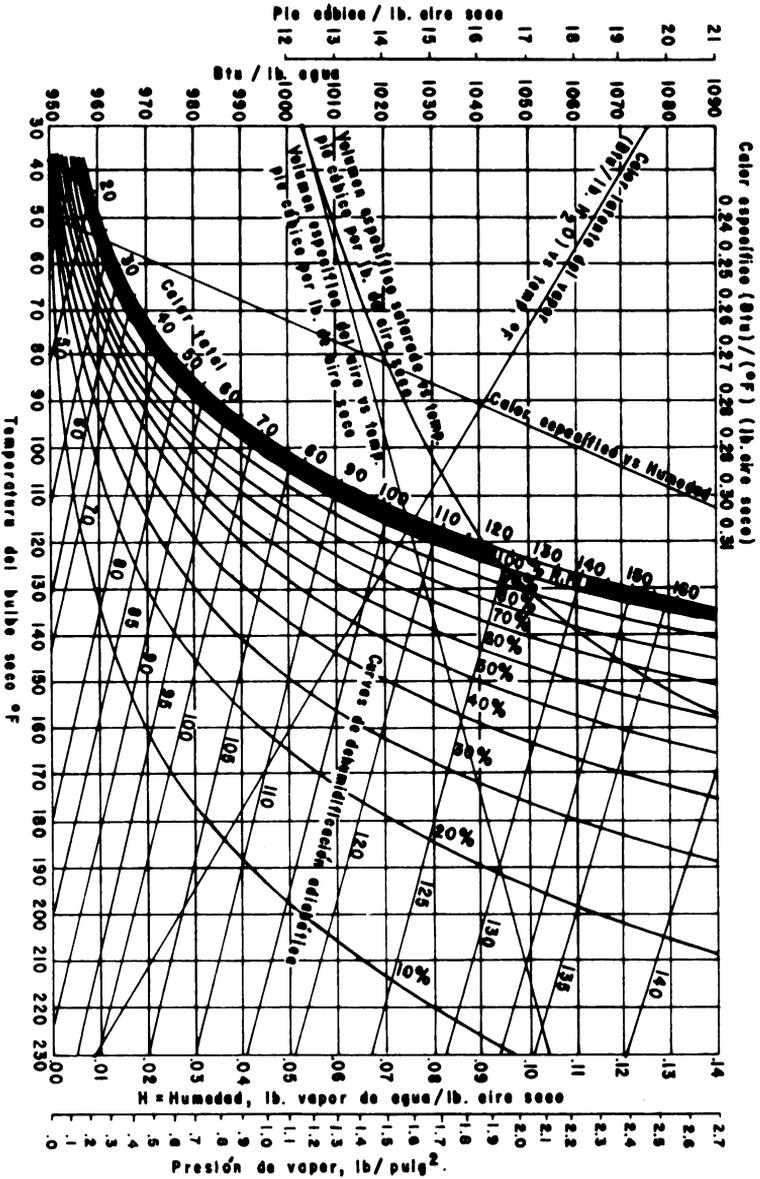


Fig. A.1. Carta Psicrométrica

INDICE DE MATERIAS

A

absorbente, 160
acero inoxidable, 30
aereación de granos, 143-146
agitación, 43, 44, 47
alcohol, 180
alcohol etílico, 181
algodón, 186-187
alimentos para: aves, 7; cerdos, 5-6;
equinos, 6; ovinos, 3; vacunos de
carne, 3; vacunos de leche, 5
almacén: localización (manzanas),
166-167; refrigerado, en la granja
(manzanas), 86; refrigerado, man-
zanas, 86
almacenamiento: 130; común (manza-
nas), 87; con anhídrido carbónico,
85; de aves, 120-121; de frutas,
164; de hortalizas, 165; de leche,
34; de manzanas, 85; de papas, 95;
de productos, 75
aluminio (transporte de leche), 29
análisis químico (frutas y hortalizas),
77
arroz, 193-194
aspirador (cribado), 65
atmósfera controlada (almacenamien-
to), 173
aves: escaldado, 118; normas de cali-
dad, 116
azúcar de arce, 191; de caña, 194-195;
de remolacha, 183-185

B

bagazo (como combustible sólido), 180
basura, preparación de (alimento para
cerdos), 121
bebidas alcohólicas, 181, 182-183
beneficio de: aves, 117-118; cerdos,
121; vacunos, 122

biogas, 180
bomba de vacío (para máquinas or-
deñadoras), 35
brillantez (selección por color), 69
brucelosis, 29
Btu, 151
bushel, 202

C

cacao, 185
café, 185-186
cajas, 91
caldero, 97, 192
calor: 151; de fusión, 152; del pro-
ducto, 168; específico, 172, 174;
latente, 162, 172; sensible, 151; per-
dido a través de las paredes (en el
almacén), 167
caloría (como unidad), 151
camión tanque para leche, 46-47
carga de calor, 167, 170, 171-173
carta psicrométrica, 215
cebada, 190
central empacadora, 78
centros de enlatado, 96
cerezas: 90; dulces, 93; de Cayena,
100; marrasquino, 93
cero absoluto, 152
cerveza, 182
cidra, 87
clarificador (de leche), 51
clasificación: de cerezas, 90; de hue-
vos, 109-113; de manzanas, 81; de
papas, 94, 95; de semillas, 57, 62;
de tomates, 96; en el huerto, 78;
por tamaño (manzanas), 81
clasificador: de carrete, 94; de cilin-
dro, 62, 65, 66
coco, 104, 105
color (en la maduración), 177
compresor, 155, 157

condensador, 157, 161-162
 conductividad, 169-170
 congelación: de carne, 123; de frutas y hortalizas, 173
 contenido de humedad: 129-130; en equilibrio, 211
 controles de refrigeración, 157, 158, 162
 copra, 186
 costo de molienda, 21
 crema, 31, 51
 cribado, 58-59
 criba: molienda, 17; para limpieza, 59, 63
 cueros (cuidados), 123
 curado de tabaco, 196-197

D

desbarbadora, 72
 deshuesadora, 92
 desmotado (algodón), 186
 desplumado, 118-119
 distribución de aire, sistema de, 136-141

E

economía de los transportadores mecánicos, 84-85
 encerado, 81
 empacado de aves, 120
 enfriadores de superficie, 39
 enfriamiento: de aves, 119; de huevos, 109; de leche, 39; de leche en cántaros, 39
 enlatado de frutas tropicales, 105
 enlatado de manzanas, 87
 ensilaje: 146-148; de heno de baja humedad, 148-149; y fermentación, 147
 enzimas, 31
 escarificador, 71, 72
 etileno (en nueces inglesas), 188
 evaporador (en refrigeración), 155
 evaporador inundado (en refrigeración), 158

evaporador de expansión directa, 155
 evisceración, 115, 119-120
 exantema viscular (EV), 121
 expansión directa (tanques para leche), 42

F

factores de conversión, 207, 208, 209, 210
 fallas de refrigeración, 212
 fibras (en manufactura), 188
 frutas tropicales, 98
 fumigantes, 214

G

generador, 161
 granadilla, 105
 granos: peso de, 201; secado de, 205
 guayaba, 101, 105

H

higos, 100, 101, 105
 huevos: calidad, 108, 110, 114; características, 108; centro de clasificación, 110, 111, 112-113; centro de procesamiento, 113
 humedad: carta de, 215; contenido, 129-130; determinación, 131; movimiento, 129

I

iluminación: de huevos, 111; para la clasificación, 94
 índice de: prueba a trasluz, 109; uniformidad, 6
 irradiación, 189, 190

J

jugo de manzana, 89

K

kilocaloría, equivalentes, 152

L

latas, tamaño de, 103
lavado de la fruta, 80
leche: 28, 53; densidad, 32; medidor, 38; olor, 29, 31; sabor, 29, 31; sólidos, 32, 33
lechería, 30, 45
limpieza: (en procesamiento de leche), 29, 32; de huevos, 109-110; de semillas, 57, 59; del ventilador, 133; en circuito, 32; ultrasónica de huevos, 110
loquat, 101
lúpulo, 189

M

maíz híbrido, semilla, 62, 63
manipuleo: de alimentos al granel, 23; de cerezas, 90; de ensilaje, 148; de huevos, 111, 112; de manzanas, 78
mango, 102
manteca, 123
manzanas: 77-90; enlatado, 87; extracción de jugo, 89; requerimientos para la clasificación, 84; secamiento, 87; volteador de cajas, 79, 80
máquina Draper, 67
máquina de percusión, 67
máquinas: ordeñadoras, 34; ordeñadoras de instalación fija, 37
máquina Ro-tap, 5
matadero, 124
materia prima, conversión, 104
matíz (selección por color), 69
mayhaw, 102
menta, 192
menta, aceite de, 192
metano, 180
mezcladora de alimentos molidos, 20
miel de arce, 191

módulo de fineza, 3, 6
molienda: 1, 14; costo de, 21; de alimentos a pedido, 22, 23; elevación de la temperatura, 18
molino: automático, 19; de alimentos para animales, 1; de discos, 7, 16; de martillos, 8, 16; de material grueso, 13; de rodillos, 9, 11, 17

N

níspero del Japón, 101
normas 3-A, 34, 40; para aves, 116
nueces, 188

P

paltas, 100, 105
pasteurización: continua (HTST), 49; de leche, 30, 49, 51; por cargas, 48, 51
pasteurizadores domésticos, 51
papaya, 102
papas: 93; almacenamiento, 95; pelado, 95; respiración, 96
penetrómetro, 77
pérdidas de frutas y hortalizas, 75
pérdidas en agricultura, 127
pesos de granos y semillas por hectolitro, 201
pesos y medidas, 202, 203, 204
piña, 103, 105, 193
piso perforado, 136
plátanos, 177, 181
preenfriamiento, 163
preservación de frutas tropicales, 98
presión estática, 133
procesamiento: continuo de alimentos, 18; de cerezas, 92; de leche, 47; de frutas y hortalizas, 75-76; de manzanas, 87
procesamiento y manipuleo de leche, 28
propiedades mecánicas (en la clasificación de frutas y hortalizas), 77
pulidor, 72
pulsador, 36

R

rancidez de la leche, 39
 rayos catódicos, 189
 rayos X, 73
 receptor (equipo de refrigeración), 157
 recojo de leche, 41
 reducción de tamaño, 7
 refrigeración: 39; con hielo, 153; mecánica, 154; capacidad, 158; fallas, 212; potencia, 159
 refrigerantes, 154, 156
 respiración (en el almacenamiento), 85, 86, 96

S

salchichas, 125
 saneamiento (leche), 32
 sanitización (leche), 33
 secado (maíz) aspectos económicos, 141
 secado: con flujo de aire, 132-135; de granos, 205; de heno, 206; de huevos, 113; de manzanas, 87; de productos agrícolas, 127
 secadores: con aire caliente, 134; de columna, 138; de nueces, 188; de sacos, 136; de vagón, 140; transportadores, 137
 selección por color, 69
 semillas: 57; de malas hierbas, 68; mezcladores, 71; por kilo, 200; tratamiento, 72

separación: electrónica, 70; electrostática, 71; por peso, 76, 83; por peso, manzanas, 83; de frutas y horralizas, 76
 separador: de alimentos molidos, 10; de discos, 65; neumático, 62; por características de superficie, 68, 77; por color, 77; por gravedad, 63; por gravedad específica, 62, 77; por longitud, 66; por tamaño, 76
 silos: 146; capacidad, 147
 sistema de ductos, 136, 137, 138

T

tabaco, 196
 tamaño de latas, 103
 tamices, 4
 tanques de banco de hielo, 42
 té, 195
 tomates, 96
 tomates, maduración, 96
 toneladas de refrigeración, 158
 toronjas, 101, 105
 trampas de hierro, 18
 transportador neumático, 72
 tratamiento de semillas, 72
 trituradora, 13
 tuberías para leche, 39
 tuberculosis, 29
 tubos capilares (refrigeración), 158

V

ventilador, 133

Este libro se terminó de imprimir en la
Editorial Gráfica Pacific Press, S. A., en
Lima-Perú, en el mes de setiembre de mil
novecientos sesenta y ocho.



