

18201

Reg. 21883

BIBLIOTECA AGRICOLA
DE COLOMBIA

✓
DESHIDRATACION DE FRUTAS Y HORTALIZAS CON AIRE CALIENTE

✓
Fanny Neira D.

Ing. Químico U.Nal.

Investigación y Desarrollo

Quala S.A.

C O N T E N I D O

1. Introducción
2. Ventajas de la Técnica "Aire Caliente"
3. Equipos Deshidratación con Aire Caliente
4. Variables y Parámetros en la Deshidratación
5. Períodos en la Operación de Deshidratación
6. Efectos de las Condiciones de Proceso en la
Calidad del Producto
7. Operaciones Básicas para la deshidratación de
frutas y hortalizas.

Bibliografía

1. INTRODUCCION

El secado es probablemente la técnica más antigua de conservación de los alimentos. Así, como los primitivos almacenaban semillas, cereales, y leguminosas, naturalmente maduros y secos al sol, durante largos períodos de tiempo; el hombre moderno desarrolló una técnica en donde aprovecha el aire circundante para disminuir el contenido hídrico de los alimentos perecederos y aumentar por lo tanto su vida útil.

La deshidratación con aire caliente es la técnica más difundida para la obtención de la mayoría de las frutas y hortalizas deshidratadas a nivel mundial.

El empleo de los alimentos deshidratados, adicionalmente a sus ventajas propias como son : reducido peso, volumen y estabilidad bajo condiciones adecuadas de empaque y almacenamiento, no obstante presentar algunas modificaciones en las características organolépticas en comparación con el producto fresco, ha permitido el desarrollo de alimentos de fácil conservación, preparación y buena aceptación en el exigente mercado actual impuesto por la sociedad moderna.

El sistema consiste en exponer un producto húmedo a una corriente de aire caliente y relativamente seco, el cual proporciona a la humedad del sólido el calor sensible, y latente de evaporación y, a su vez remueve el vapor de agua formado en la superficie del producto. Sin embargo, deben controlarse las condiciones del aire para que el alimento no sufra deterioro apreciable en sus propiedades nutricionales y características organolépticas.

2. VENTAJAS DE LA TÉCNICA "AIRE CALIENTE"

La selección de la técnica más apropiada para la deshidratación de alimentos depende básicamente de : Costos de la Operación y características del producto obtenido.

El desarrollo de alimentos deshidratados busca fundamentalmente la aplicación de técnicas que, no obstante aseguren una mejor calidad en los productos obtenidos, den como resultado a nivel industrial procesos con una estructura de costos competitiva.

Así, por ejemplo, mediante la liofilización se obtienen los productos deshidratados de la más alta calidad organoléptica y nutricional. Sin embargo, esta técnica tiene atractivo comercial sólo para productos cuyas características le aseguren un mercado con precios que permitan cambiar los altos costos de producción.

Los alimentos deshidratados al vacío tienen, en la mayoría de los casos, una calidad superior a los obtenidos con aire caliente, pero inferior a los liofilizados. De igual forma sus costos de procesamiento están en un punto intermedio entre las dos técnicas, pero generalmente son 2.5 veces superiores a los de la técnica con aire caliente.

Por otra parte, la deshidratación con aire caliente en gabinetes ó túneles es la técnica más empleada a nivel mundial para secar frutas y hortalizas. Comparativamente con otras técnicas, presenta los indicadores más bajos en cuanto a inversión de equipos y costos de remoción de agua por unidad de superficie para carga de producto a deshidratar.

Dadas las características del país, la deshidratación con aire caliente presenta ventajas frente a otras técnicas, por las siguientes razones (1,2):

- * Las características de las frutas y hortalizas disponibles en el mercado nacional facilitan la adaptación de la técnica, ya sea por métodos

convencionales, como el caso de las hortalizas, ó adecuando las características de las frutas para mejorar su comportamiento en la deshidratación.

- * Los equipos de procesamiento son adaptables a los volúmenes de producción agronómica existentes en el país, y los costos están al alcance de las capacidades del inversionista medio colombiano.
- * El crecimiento paulatino del mercado para alimentos deshidratados, consecuencia de un cambio en los hábitos de consumo, ha originado un incremento en la producción nacional, ya que es posible obtener productos deshidratados con características físico-químicas, organolépticas y microbiológicas comparables con las del mercado internacional.
- * Los costos de procesamiento permiten obtener productos con precios competitivos con los de importación, y adecuados al poder adquisitivo del consumidor medio en especial por la reducción en costos de empaque y transporte.

No obstante la incorporación de tecnología adecuada en las diferentes operaciones de procesamiento para obtener productos de calidad uniforme y aceptable en mercados internacionales, es necesario incentivar el desarrollo de una base agronómica adecuada para lograr variedades aptas en la deshidratación.

3. EQUIPOS DESHIDRATACION CON AIRE CALIENTE

La capacidad requerida, y el cálculo del tiempo de deshidratación son los parámetros primarios para determinar la selección y el diseño de un deshidratador.

Los equipos empleados pueden ser de operación continua ó discontinua. Para bajas capacidades, 10 a 50 m² área de secado, se recomienda

trabajar en gabinete de bandejas, en operación discontinua. Al aumentar la capacidad se utilizan deshidratadores de túnel ó de banda, los cuales trabajan en forma continua.

3.1. Deshidratadores de Gabinete.-

Esta unidad es la más utilizada para la obtención de pequeñas y medianas capacidades de procesamiento, aprox. de 10 a 35 Kg de producto/hr. Dependiendo del tamaño de la producción se tienen dos modalidades básicas : Gabinete con bandejas y Gabinete con carros.

En ambos sistemas, el aire fresco entra a la cámara pasa a través de la fuente de calentamiento (resistencias, serpentines, etc.) y es impulsado por un ventilador hacia las bandejas que contienen el producto a deshidratar. El aire se distribuye y orienta convenientemente para que fluya a velocidades relativamente altas a través del banco de bandejas, y asegure una condición uniforme de deshidratación. Finalmente, el aire húmedo sale a la atmósfera, o se recircula con el fin de aumentar el rendimiento técnico de la operación de deshidratación.

La figura No. 1, muestra el diseño típico de secadores de gabinete y carros. Con este último se logra una reducción significativa de los tiempos de carga y descarga del secador, lo cual se refleja en un incremento de la capacidad de procesamiento en línea.

VENTAJAS

- * Inversión en equipo y costos de mantenimiento, relativamente bajas.
- * Adecuado para productos, en donde debe regularse la difusión térmica, con el fin de evitar la formación de costras y películas impermeables en el período inicial.
- * Facilidad en la limpieza del equipo

- * Versatilidad en el procesamiento de una gran variedad de alimentos.

DESVENTAJAS

- * No uniformidad en la velocidad de deshidratación
- * Distribución del aire no uniforme
- * Costos de operación por unidad de producto relativamente altas, en comparación con equipos continuos
- * Difícil control de la temperatura del aire durante el período decreciente por sobre-diseño de la unidad calefactora

3.2. Deshidratadores de Túnel.-

Estas unidades trabajan en forma continua y por lo general son más eficientes en cuanto a características del producto obtenido y costos de operación por unidad de producto. A diferencia de los gabinetes son más adecuados para grandes capacidades, por encima de 50 Kg producto/hora, lo cual limita su aplicación en los niveles de procesamiento y producción del país.

La mayor desventaja que presentan estos equipos, es la de requerirse longitudes muy grandes cuando se desea un producto final con una humedad muy baja (4%).

Al igual que en los gabinetes, el alimento se extiende en bandejas soportadas en carros, el aire caliente se introduce por un extremo del túnel y avanza por entre los carros a una velocidad determinada. Los carros se desplazan por el túnel a una velocidad pre-establecida que asegure el tiempo de residencia requerido para lograr la remoción de la humedad.

Dependiendo de la sensibilidad térmica del producto a deshidratar se tienen dos formas básicas de operación ; flujo paralelo o concurrente, y flujo en contra corriente, como se muestra en la figura No. 2.

DESVENTAJAS

- * Uso limitado para alimentos no muy sensibles al calor
- * Debe establecerse muy bien la carga de las bandejas de lo contrario las temperaturas del aire descienden sensiblemente.
- * Difícil control de la humedad final del aire

3.3. Deshidratadores de Banda

El sistema de operación de estos deshidratadores es muy similar al de los de túnel, excepto que el alimento se extiende en una banda simple de acero inoxidable que se desplaza continuamente a través del aire caliente. Este equipo tiene la ventaja de facilitar el manejo del producto, reduciendo los costos causados por carga y descarga de bandejas del túnel.

La dirección del flujo del aire puede ser paralelo, contracorriente, o combinado como se ve en la figura No. 3 o se puede pasar a través del lecho de producto, como se observa en la figura No. 4.

Para dimensionar un sistema de deshidratación adecuado es necesario conocer las características propias de los alimentos a deshidratar, además de las propiedades del producto final. Una hoja guía para determinar las condiciones de deshidratación se muestra a continuación.

4. VARIABLES Y PARAMETROS EN LA DESHIDRACION

Para que el proceso de deshidratación se realice de una manera adecuada, aumentando ó disminuyendo el tiempo de operación, así como la calidad del producto final, es fundamental establecer las variables que condicionan la remoción de humedad la cual involucra los fenómenos de transferencia de calor y de masa simultáneamente.

4.1. Temperatura del Aire

La temperatura de bulbo seco tiene un efecto directo sobre la velocidad de deshidratación, ya que el equipo calefactor toma aire del ambiente, y en un proceso de calentamiento sensible con humedad absoluta constante reduce la humedad relativa del aire aumentando de esta forma la capacidad de remoción de humedad. Sin embargo, es fundamental determinar la temperatura máxima que puede soportar un alimento para evitar que sufra daños.

4.2. Humedad del Aire

Entre más seco el aire tiene mayor poder de absorber y retener humedad, mientras que un aire húmedo se satura más rápidamente y pierde su poder de absorción de humedad. Aunque, en la práctica se determina, por consideraciones económicas, la utilización de aire con humedades relativamente altas : 60-70% HR.

4.3. Flujo del Aire

Una vez determinadas las condiciones psicrométricas del aire de secado se selecciona, de acuerdo con la naturaleza del alimento a procesar, el tipo de soporte y la dirección del aire.

En general, las formas de flujo del aire con relación al lecho de material son : flujo paralelo al lecho, flujo a través del lecho, y una combinación de estos.

El flujo paralelo al lecho se emplea básicamente para productos distribuidos en pequeños espesores y para alimentos semilíquidos, pulpas ó purés. En este sistema se emplean bandejas lisas.

El flujo a través del lecho se utiliza fundamentalmente en materiales porosos, con forma granular, y cargados en espesores medianamente

profundos en bandejas perforadas o de malla. Con esta distribución se logran velocidades de secado altas y en consecuencia tiempos de proceso cortos.

Para lograr una distribución más uniforme de la velocidad del aire a través del lecho se emplean con frecuencia pantallas o baffles orientadores del flujo. Frecuentemente el producto localizado en los bordes de la bandeja pierde humedad más rápidamente como consecuencia del cambio en el perfil de velocidades en los bordes.

4.4. Adecuación y Distribución del Producto

Con el fin de acelerar el proceso de deshidratación, la mayoría de las frutas y hortalizas se deben someter a una reducción de tamaño, buscando obtener un mayor contacto con el medio deshidrante.

El trozo no debe ser demasiado pequeño, o plano para que produzca apelmazamiento, con la cual se produciría flujo de aire heterogéneo; tampoco debe ser demasiado grande para que se demore mucho en secar en el centro. El trozo ideal para la mayoría de los productos es una barra de 1 cm. de lado por 3 a 5 cm de longitud, siembargo para cada alimento debe evaluarse las diferentes alternativas de trozos y seleccionar la mejor.

Además, del tamaño del trozo, el alimento debe distribuirse uniformemente sobre las badejas, mallas o bandas, buscando espesores uniformes. El espesor de la carga es esencial para conseguir tiempos de proceso cortos y uniformidad en la humedad del producto obtenido.

4.5. Carga del Producto

La velocidad de secado se afecta directamente por la carga del producto en la bandeja (Kg/m^2) en las etapas iniciales del proceso. En las etapas finales de secado la influencia de la carga de material no están marcadas.

La tabla No. 1 , muestra las cargas típicas para hortalizas en secadores de gabinetes.

4.6. Requerimientos Energéticos

La cantidad de agua a remover es la que determina la energía requerida, y por lo tanto la fuente energética más adecuada para balancear los costos de proceso.

Para pequeñas capacidades la energía eléctrica es rentable, pero a medida que aumenta la capacidad horaria de producción se utilizan serpentines o radiadores por los cuales circula un agente calefactor que dependerá del costo, vapor o aceite térmico; o también se emplea calor directo con gases limpios como natural o propano.

Algunos requerimientos energéticos estandares para obtener una tonelada de producto seco se muestran en la tabla No. 2.

5. PERIODOS EN LA OPERACION DE DESHIDRATAACION

La preservación de frutas y hortalizas por medio de la deshidratación con aire caliente presenta exigencias tecnológicas para que la remoción de humedad de realice buscando producir el menor daño en la configuración estructural y calidad del producto. Esto requiere, que el proceso permita la obtención de productos que puedan recuperar en gran medida su calidad organoléptica después de la rehidratación.

La operación de deshidratación implica una pérdida de agua en el producto, por lo tanto se evidencia este fenómeno mediante la determinación de las curvas de secado, que son específicas para cada producto y condiciones de deshidratación, temperatura y humedad del aire.

Como indican las figuras 5, 6 y 7, existen tres períodos básicos de secado, cuyos aspectos más importantes a considerar son :

5.1. Período de Velocidad Constante

En esta etapa la superficie del sólido permanece saturada con agua, y la velocidad de evaporación de la humedad se incrementa empleando altas temperaturas de bulbo seco, sin correr riesgos de daños en el producto, ya que la superficie del sólido se mantiene a una temperatura próxima a la temperatura de bulbo húmedo del aire circundante.

Un aspecto importante para tener en cuenta es el de que si la temperatura ó la humedad del aire en este período es baja, la temperatura del bulbo húmedo puede estar entre los 33-39°C, que corresponde a las temperaturas óptimas de crecimiento y proliferación microbiana.

Para inhibir sustancialmente este crecimiento, las condiciones de deshidratación durante este período deben ser tales que el producto alcance rápidamente una temperatura de 52°C como mínimo en la primera hora de proceso.

5.3. Período de Velocidad Decreciente

Su iniciación se caracteriza por la presencia de puntos parcialmente secos en la superficie del sólido. En este período la velocidad de evaporación esta regulada principalmente por la velocidad de movimiento de la humedad dentro del sólido (difusión); mientras que los factores externos, en especial la velocidad del aire, resultan disminuídos. Así, generalmente este período constituye la mayor parte del tiempo total del proceso.

Como consecuencia de la reducción en la velocidad de secado, el efecto refrigerante que mantiene el producto a una temperatura cercana a la del bulbo húmedo comienza a desaparecer, y la temperatura del producto tiende a la temperatura del bulbo seco. Para evitar daños en el producto la deshidratación deberá realizarse durante esta etapa a temperaturas más bajas.

6. EFECTOS DE LAS CONDICIONES DE PROCESO EN LA CALIDAD DEL PRODUCTO. -

Las variables de mayor incidencia en la velocidad de secado y por consecuencia en la calidad del producto son la temperatura, humedad y velocidad del aire.

Por lo tanto, si se selecciona una temperatura de bulbo seco demasiado alta y una humedad baja y constante durante todo el proceso de deshidratación se acelera el proceso pero pueden presentarse varios problemas que afectan la calidad del producto, así por ejemplo :

- a. Pardeamiento por calor : Se presenta cuando se desarrollan reacciones bioquímicas de pardeamiento por exceso de temperatura ó por quemado de la superficie del producto.
- b. Costra Superficial : En algunos productos con alto contenido de humedad y de sustancias solubles como azúcares se desarrolla una costra superficial durante la etapa inicial de deshidratación debido a que la velocidad de secado es relativamente alta y el agua que se mueve desde el interior del producto arrastra sustancias solubles que las deposita en la superficie en el momento de la evaporación. Esto ocurre generalmente en la deshidratación de frutas.
- c. Gelatinización : En los alimentos con alto contenido de almidones como algunos raíces y tubérculos se puede presentar gelatinización de los almidones si la temperatura del producto alcanza temperaturas del orden de 65°C, con lo cual se modifican sensiblemente las características organolépticas del producto y forma también una costra superficial impermeable.
- d. Pérdida de Volátiles : Invariablemente durante la deshidratación se presentan pérdidas de sustancias volátiles que pueden afectar negativamente el sabor y el aroma del producto deshidratado, en

algunos casos, deshidratación de cilantro, es necesario realizar la deshidratación a baja temperatura para reducir éstas pérdidas.

7. OPERACIONES BASICAS PARA LA DESHIDRATACION DE FRUTAS Y HORTALIZAS.-

Las operaciones de adecuación de las frutas y hortalizas buscan mejorar las condiciones de deshidratación sin afectar o variar en mayor grado las propiedades nutricionales y características organolépticas de las mismas.

En el cuadro No. 1 se muestran algunos estudios realizados para la técnica de deshidratación de purés de frutas con aire caliente.

Las operaciones fundamentales en la adecuación de frutas y hortalizas para deshidratar lavado, desinfección, enjuague, pelado (eventualmente), troceado, escaldado (eventualmente), sulfitado (eventualmente), y deshidratado.

Un diagrama de operaciones para deshidratación de frutas se indica en la figura No. 8, en el cual se indica la técnica de adecuación de la materia prima para mejorar las condiciones de deshidratación, como es el caso de la adición de sólidos y pectina, y el ajuste de la acidez.

Algunas técnicas de adecuación para : remolacha, repollo, zanahoria, cebolla, arvejas verdes, papa y pimienta e indican en la siguiente tabla, incluyendo las condiciones de deshidratación para deshidratadores de dos etapas.

DEHYDRATION OF VEGETABLES IN TWO-STAGE DRIERS

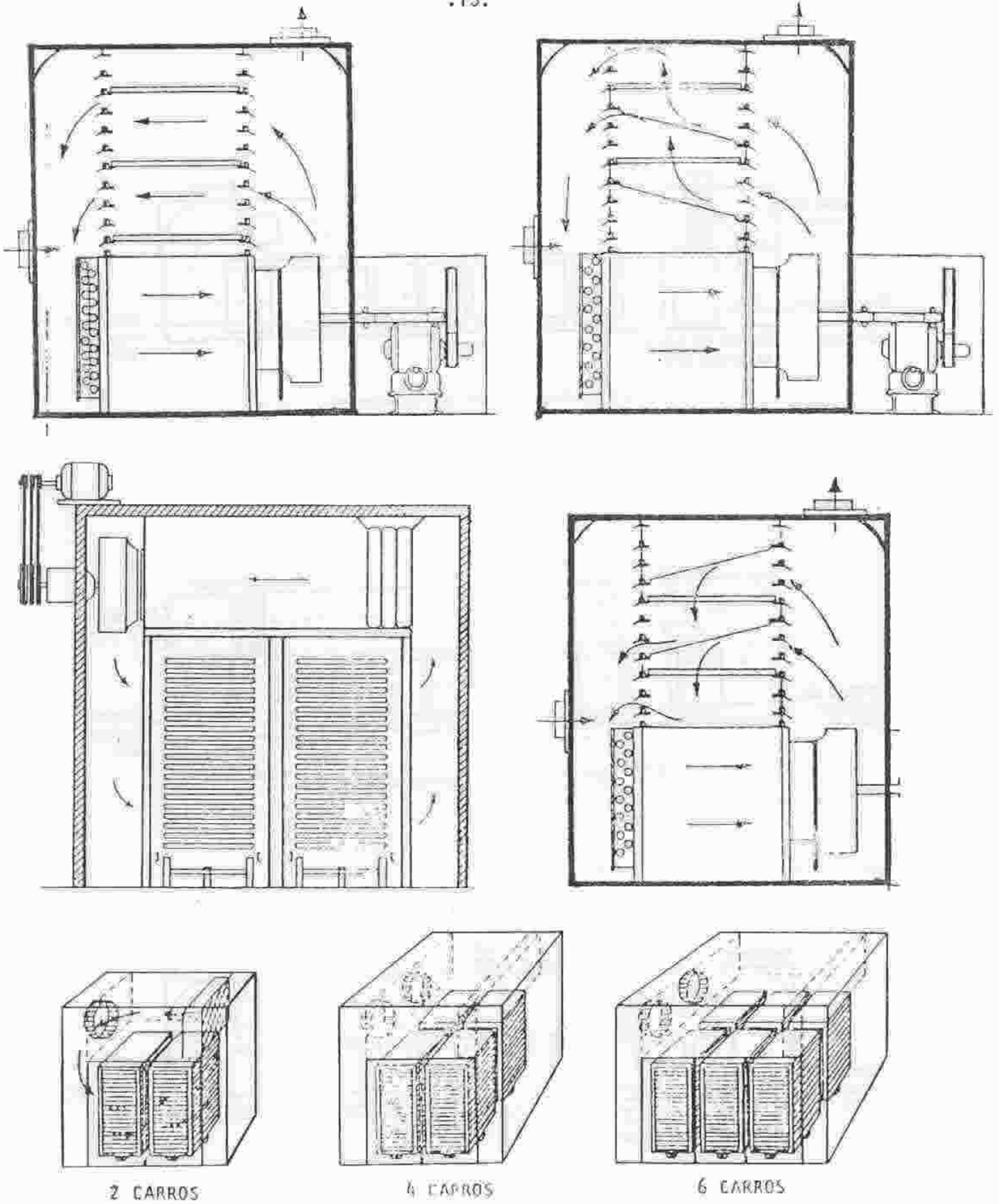
FOOD PROCESSING OPERATIONS

Vegetable	Preparation	Blanching-Sulfiting	Tray-load, lbs./sq. ft.	Drying Conditions, °F.	Drying Ratio	Final Moisture Content, %	Final SO ₂ Content, p.p.m.
Beans, green	Sized, snipped, cross or French cut	Steam blanched, then sulfited	1-2	180 in primary 160 in secondary	10:1	4	400-600
Beets	Peeled, cut into dice, half-dice, strips	Steam blanched, not sulfited	1-2	180 in primary 150 in secondary	14:1	5	None
Cabbage	Cored, shredded	Steam blanched on trays, then sulfited heavily	1-2	190-200 in primary 150 in secondary	20:1	4	1,500-2,000
Carrots	Peeled, cut into dice, half-dice, strips	Steam blanched, then sulfited	1-2	185-200 in primary 155 in secondary	12:1	4	500-1,000
Onions	Flame peeled, sliced	None	1-2	190-200 in primary 130 in secondary	12:1	4	None
Peas, green	Sorted and washed	Steam blanched or water blanched, sulfited	1-2	180 in primary 160 in secondary	6:1	4	300-500
Potatoes, white	Peeled, cut into half-dice or strips	Steam blanched, then sulfited	1	190 in primary 130 in secondary	6:1	6	200-500
Potatoes, sweet	Peeled, cut into slices, dice or strips	Steam blanched, then sulfited	1-2	190 in primary 130 in secondary	6:1	5	200-500
Peppers	Cut, seeded	None	1-2	180-190 in primary 150 in secondary	10:1

Las prácticas tradicionales en la deshidratación de frutas como : manzanas, albaricoques, cerezas, uvas, duraznos, peras y ciruelas se indican a continuación :

TRADITIONAL PRACTICES IN DEHYDRATION OF FRUITS IN CALIFORNIA

Fruit	Preparation	Tray Load, lbs./Sq. Ft.	Max. Temp. at Dry End, °F.	Humidity at End Period, %	Drying Time, hr.	Drying Ratio
Apples	Peeled and sliced, sulfured 1/2 hr.	2	165	5-10	8	8:1
Apricots	Halved, unpeeled, sulfured 1/2 hr.	2	160	10	12	6:1
Cherries	Lye dipped, sulfured 1/4 to 1 hr.	2-3	160-170	10-25	8-12	...
Figs	Cut and sulfured for 1 hr.	2-3	160	5	10	4:1
Grapes	Lye dipped, sulfured for 1/2-3 hr.	3 1/2-4	160	5	16-24	3.5:1
Peaches	Halved, sulfured for 3 hr.	3	150	20-30	24	5:1
Pears	Halved, sulfured for 24 hr.	3	145	30-40	48	5:1
Prunes	Lye dipped	2 1/2-4	165-170	20-30	24-36	5:1



2 CARROS

4 CARROS

6 CARROS

FIGURA No. 1. DESHIDRATADORES DE GABINETE

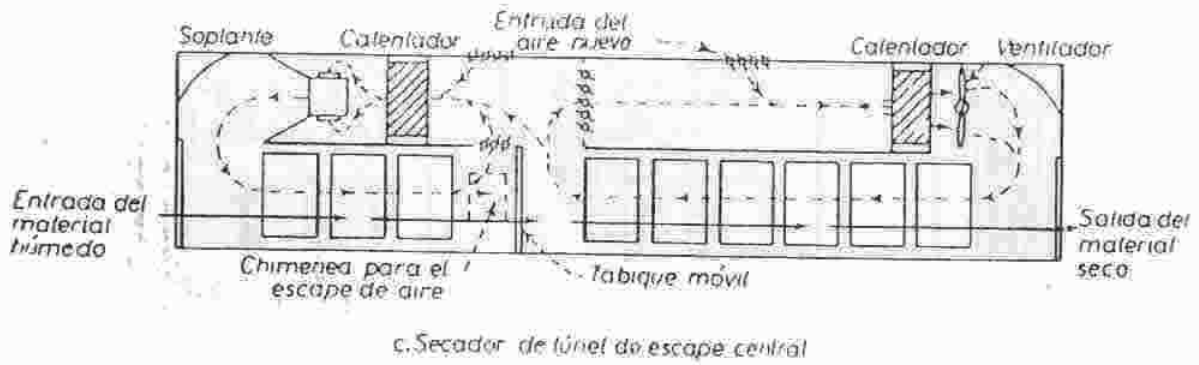
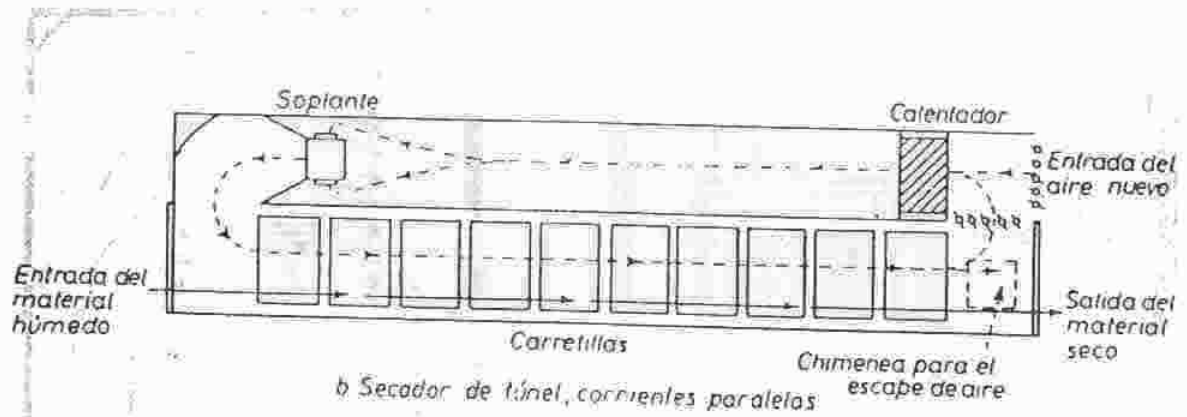
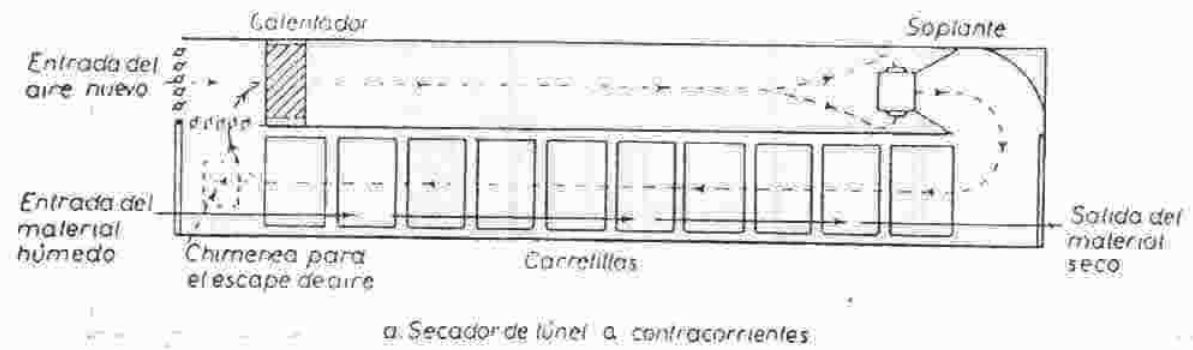


FIGURA No. 2. DESHIDRATADORES DE TUNEL

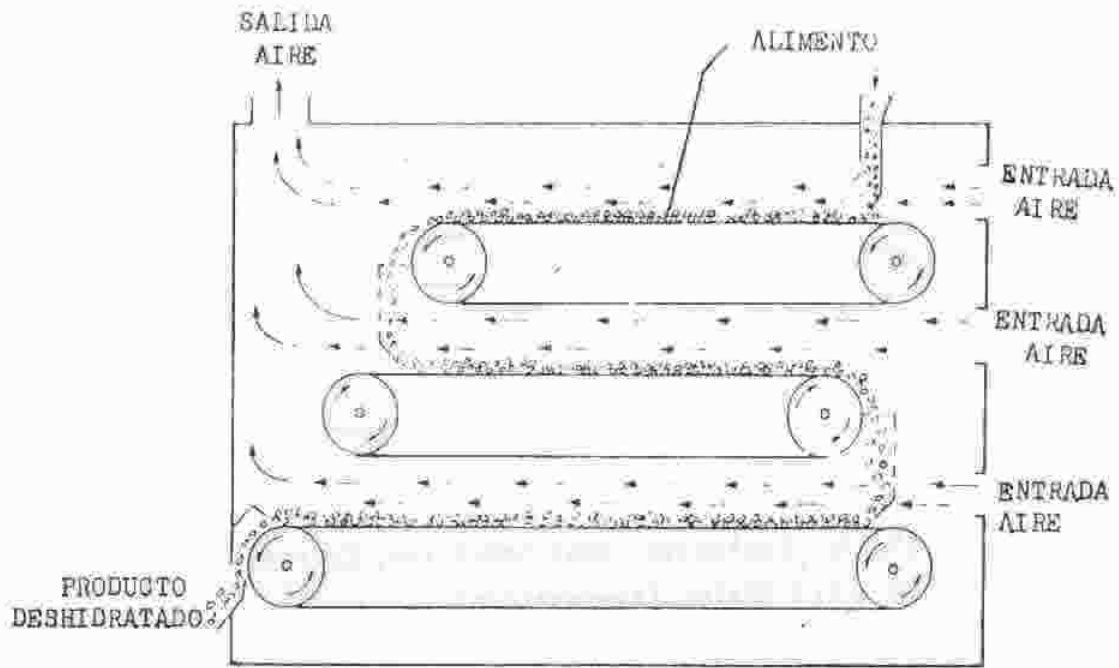


FIG. No. 3: Deshidratador de banda transportadora con flujo de aire combinado.

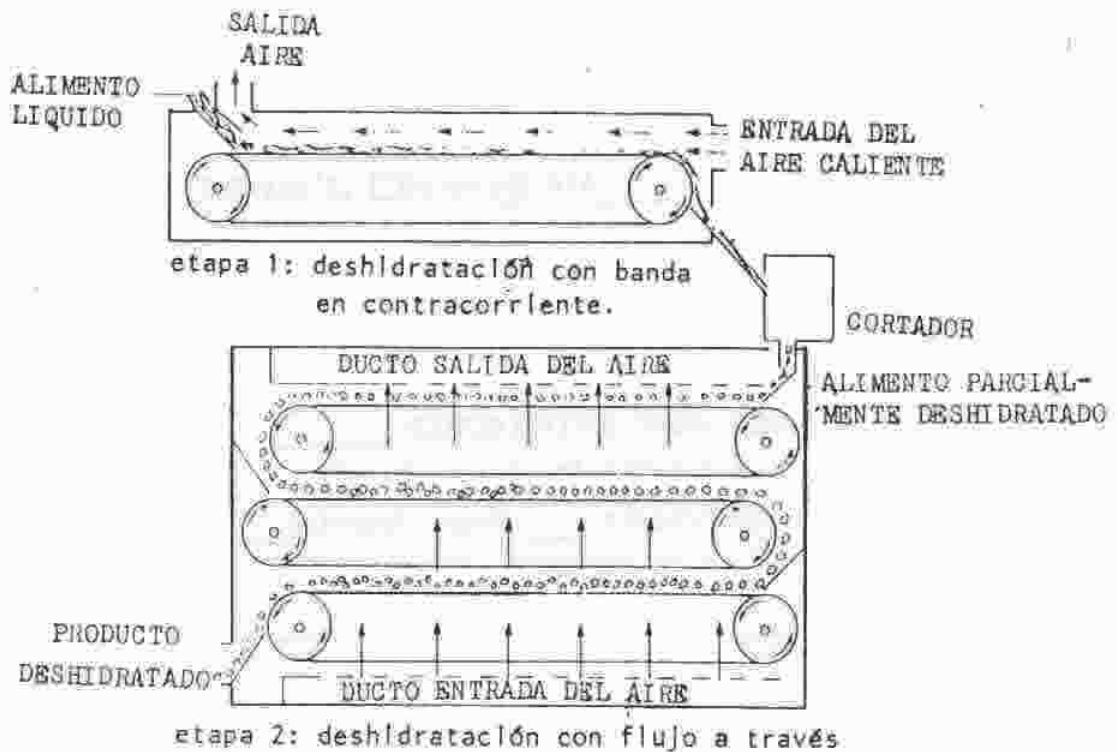


FIG. No. 4.- Deshidratador de banda transportadora en 2 etapas.

ORDER NO. _____ DATE _____ R/S NO. _____
 COMPANY _____ STREET OR BOX NUMBER _____
 CITY _____ STATE (OR COUNTRY) _____ ZIP _____
 PLANT LOCATION (If different from above) _____ PLT. ALTITUDE _____

1. PRODUCT TO BE DRIED _____
2. FORM (Physical Shape of Material Before Drying): _____
3. DRYING TEMPERATURE (Max. Temp. of Air Circulating Around Product): _____ °F (°C)
4. TOTAL LBS. (KGS.) OF COMMERCIAL DRY PRODUCT REQUIRED PER HOUR: _____
5. BULK DENSITY OF DRY PRODUCT Lbs./Ft³ (KG/CuM): _____
6. MOISTURE CONTENT OF PRODUCT ENTERING DRYER (On Wet Weight Basis): _____ %
7. MOISTURE CONTENT OF PRODUCT LEAVING DRYER (On Commercial Dry Basis): _____ %
8. CHARACTER OF PRODUCT (Toxic, Explosive, Heat Sensitive, Corrosive): _____
9. IS PRODUCT TO BE COOLED AFTER DRYING (Temperature): _____
10. DRYING TIME IS _____ Minutes, Hours, Seconds AS ESTIMATED BY _____
11. UTILITIES AVAILABLE:
 - A. Steam ; Pressure P.S.I.G. (Atm.) at Dryer Location _____
 - B. Gas ; Natural , Manufactured , Propane , B.T.U./Cu. Ft. (K Cal/CuM) _____
 Pressure: _____
 - C. Oil ; Type: _____ Specific Gravity: _____ B.T.U./Lb. (KCal/Kg) _____
 - D. Electric ; Volts: _____ Phase: _____ Hz. _____
 - E. Other: _____
12. TEMPERATURE CONTROLS BY PROCTOR: Yes , No .
13. INSURANCE UNDERWRITER: FM , IRI , OTHER _____
14. TYPE CONTROLS: Mfg. _____ Air Operated , Electric , Record , Indicate
15. MOTORS BY: P&S , Customer , Open , TEFC , Expl. Proof .
16. CUBICLE BY: P&S , Control , Power/Control .
17. FRESH AIR: From Room , Outside , Must Air be Filtered: Yes , No .
18. MAKEUP AIR TEMPERATURE RANGE: _____ °F (°C) TO _____ °F (°C).
19. ROOM AIR TEMPERATURE RANGE WHERE DRYER LOCATED: _____ °F (°C) TO _____ °F (°C)
20. PLANT DESCRIPTION: Space Available for Dryer: Length _____ , Width _____ , Height _____ .
21. MATERIALS: In Contact with Product: _____ Dryer Interior _____ Exterior _____
22. OTHER ACCESSORY EQUIPMENT TO BE FURNISHED BY PROCTOR (Oscillating Feed, etc.) _____

23. COMMENTS: (Use Other Side if Necessary): _____



PROCTOR & SCHWARTZ, INC.

TABLA No. 1. CARGA NORMAL EN BANDEJAS EN LA
DESHIDRATACION DE HORTALIZAS

HORTALIZA	CARGA EN BANDEJAS (Kg/m ²)
AJO	4.5 - 6.0
ALCACHOFAS	7.0
APIO	4.5 - 7.0
CALABAZA	7.0
BROCOLI	4.0 - 7.0
REPOLLITAS	4.5 - 7.0
COLES	4.0 - 5.0
COLIFLOR	6.0 - 7.0
ESPARRAGOS	4.5 - 7.0
ESPINACAS	3.5 - 4.5
GUISANTES	4.5
HABICHUELA	5.0 - 7.0
NABOS	5.0 - 7.0
PAPAS	4.5
REMOLACHA	4.5 - 7.0
ZANAHORIA	7.0
HONGOS	4.5 - 6.0
PUERROS	4.0

TABLA No. 2. REQUERIMIENTOS DE ENERGIA EN LA DESHIDRATACION DE ALIMENTOS

Alimento	CONTENIDO HUMEDAD INICIAL % bh.	PESO INICIAL (TON.) PARA OBTENER 1 Ton. a 12% bh.	AGUA A REMOVER PARA OBTENER 1 Ton. A 12% bh.	ENERGIA REQUERIDA PARA OBTENER 1 Ton. seca-Kcal.
Cohombro, calabaza, nabo.	95	17.6	16.6	9.96×10^6
Leche, Zanahoria, ahuyama, remolacha, ect.	90	8.8	7.8	4.68×10^6
Cubios, tabaco, pastos resid. veget. y animales	85	5.87	4.87	2.92×10^6
Pescado, cebolla tallo, hojas de yuca, papa, carnes	80	4.4	3.4	2.04×10^6
Visceras, huevos, banano, gallinaza, lavaza.	75	3.52	2.52	1.51×10^6
Banano pacífico, arracacha, ñame, pastos	70	2.93	1.93	1.15×10^6
Leguminosas verdes, ajo yuca.	65	2.52	1.52	912000
Carne, yuca, cacao, café, madera.	60	2.2	1.2	720000
Cacao, almidón, café coco.	50	1.76	0.76	456000
Malta	40	1.467	0.467	280200
Cereales, leguminosas	30	1.258	0.258	154800
Cereales, leguminosas	25	1.173	0.173	103800
Cereales, leguminosas	20	1.10	0.10	60000

CURVAS DE SECADO

BIBLIOTECA AGROPECUARIA
DE COLOMBIA

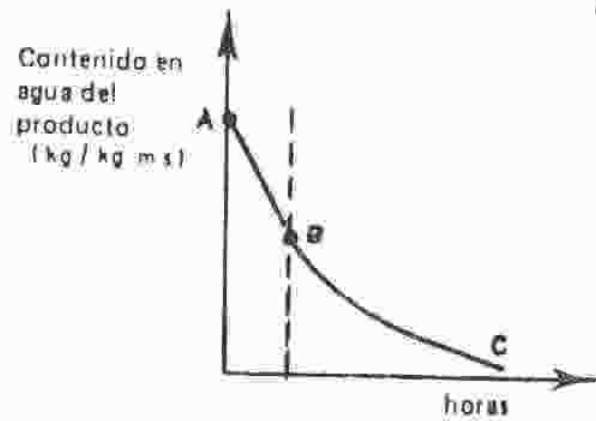


FIG. 5.

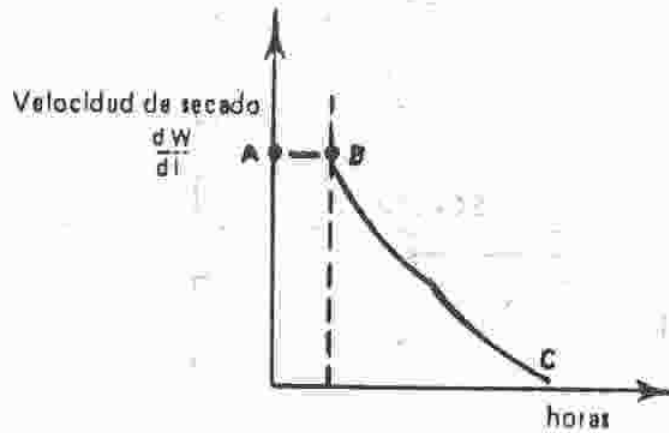


FIG. 6.

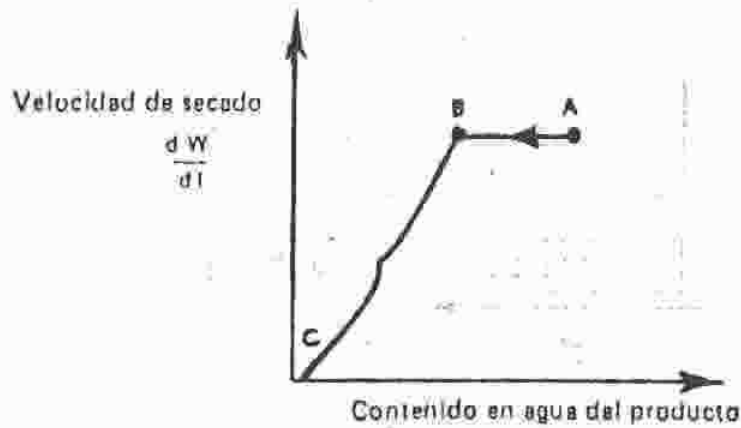
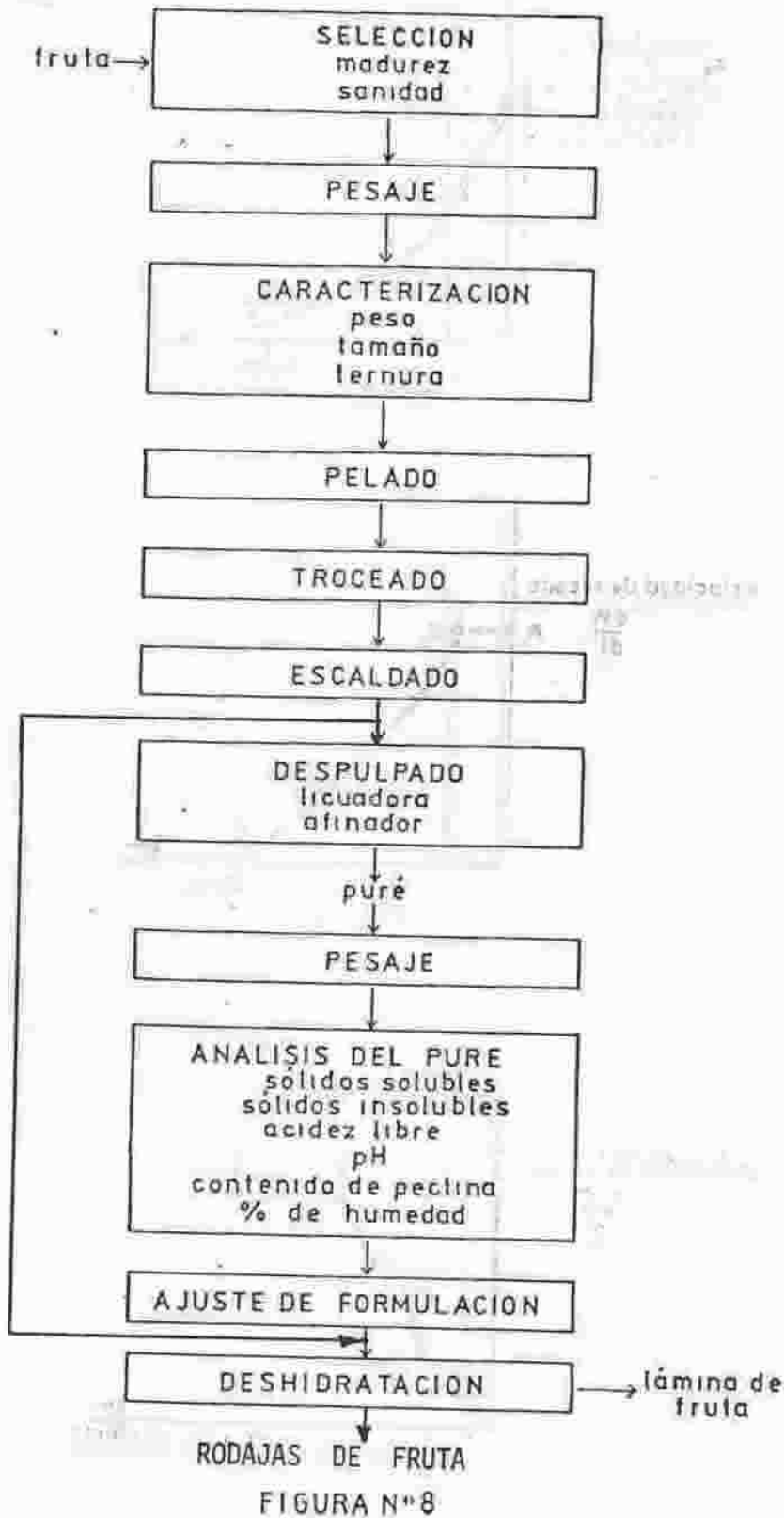


FIG. 7.

Curvas de secado de un producto sólido húmedo por aire caliente a temperatura y humedad relativa constantes

DIAGRAMA DE OPERACIONES



ANTECEDENTES DE DESHIDRATACION DE ALGUNAS FRUTAS TROPICALES CON AIRE CALIENTE

ENTIDAD	FRUTAS ESPECIFICACION	OBSERVACIONES PREVIAS AL SECAO	CARGA TOTAL (Kg/m ²)	TEMP. (°C)	V. AIRE (m/seg)	TIEMPO DE SECAO (hrs)	% H. FINAL (gr agua / gr total)	OBSERVACIONES AL PRODUCTO
(1) College of Tropical Agriculture, University of Hawaii, 1966. (E.U.)	Banana madura en rebanadas	Sulfurada por inmersión en solución de sodio al 1% durante 2 minutos. Producto final con 240 ppm de SO ₂	Banderas perlas y tratadas con silicons	66-82	10.16	8-11	17-20	Color y sabor aceptables. Estable al almacenamiento a temperatura ambiente
(2) Technical Inquiry Service U.S. I.R - 26178	Banana madura cortada longitudinalmente	Sulfurada por inmersión en solución al 3% de ácido sulfúrico. Producto final con 130 ppm de SO ₂		66-82	3-6.1	7-10	8-15	Eficiencia del 12% sobre producto fresco
(3) Universidad Nacional Facultad de Química Bogotá Colombia 1975	Banano maduro cortado en 4 partes	Sulfurado por inmersión en metabisulfito de sodio al 1% durante 5 minutos. Producto final con 235 ppm de SO ₂		50	3.81 Tiro forzado	20	18	Color y sabor aceptables
(4) Central Food Technological Research Institute Mysore 1979. (E.U.)	Guayaba. Rebamadas de 5/16" de espesor	Escaldadas con agua fluyente por 4 minutos	7.55	66-77	Aire a través	9	15	Recuperación de pectina. Almacenamiento a 5-7 °C durante 7 meses
(5) Department of Food Science and Technology, University of Hawaii, 1976	Puré de papaya	Escaldada con vapor por 1 minuto. Acidificación a pH 3.5. Adición de sulfato de sodio al 1% hasta obtener 552 ppm de SO ₂ en el producto. Mezcla con solución azucarada al 10%.	4.9 Banderas revestidas con teflón o iecitina.	64	0.55 Tiro forzado	3.9	12-13	Análisis de color por I.A.S. Evaluación sensorial de sabor y textura. Nivel residual de SO ₂
(6) Central Food Technological Research Institute Mysore 1976	Puré de mango y banana			70	Aire a través	20-22	15-16	Evaluación sensorial de color, sabor y textura. Almacenamiento a 50-70% de H ₂ y 28 °C por 1 año empacada en papel celofán
(7) Departamento Tecnológico de Alimentos Universidad Central de Venezuela (C. Carabobo 198)	Puré de piña y mango. Puré de papaya. Puré de mango y piña	Sumergida en solución de sacarosa al 50% y ácido cítrico al 1%.		55-60	Aire a través	5-7	15-20	Evaluación sensorial de color, aroma, sabor y textura. Pérdidas de vitamina C
		Ajuste a pH 4.2 y sólidos solubles 20%		80	Aire a través	6-7	19.2	Sabor, color y aroma aceptables
(8) University of California 1979 (E.U.)	Piña. Rebamadas de 3/8" de espesor	Escaldadas con vapor durante 10 minutos y sulfuradas por inmersión en solución de sodio al 1%	*	56	Aire a través 3.05 Tiro forzado	7	24	Excelente apariencia y color. Pérdida total de sabor.

CUADRO N° 1

TABLA No. 1. COSTOS DE PROCESAMIENTO PARA REMOVER UN KILOGRAMO DE AGUA POR DESHIDRATACION
Y EVAPORACION (US\$/Kg agua removida)

C O S T O S	ATOMIZACION	B A N D E J A S		LIOFILIZACION	EVAPORACION
		ATMOSFERICO	AL VACIO		
COSTO DE CAPITAL	0.70	0.20	2.35	4.25	0.38
MANO DE OBRA	0.50	0.50	0.50	2.40	0.50
ENERGIA ELECTRICA	0.10	0.70	0.09	2.15	0.12
AGUA	-	-	-	0.45	-
VAPOR	1.20	0.68	0.92	0.35	0.34
TOTAL	2.50	1.45	3.86	9.60	1.34
INDICE DE COSTO	1.7	1.0	2.66	6.66	0.92

BIBLIOGRAFIA

1. **BASTO G., HERRERA L., MENDOZA P.**, Bases para el desarrollo de la agroindustria en hierbas aromáticas deshidratadas. Planta de Vegetales ICTA, U.Nal., 1985.
2. **GOODING. B., TUCKER C.G.** Dehydration of vegetables in multi-stage systems. Fundamentals of dehydration of foodstuffs. 1958.
3. **HELDMAN D.** Food Process Engineering. AVI Publishing Westport Co. 1975.
4. **KAREL M., FENNEMA O., LUND D.** Principles of food Science. Part II. Marcel Dekker Inc. N.Y. 1975.
5. **LUH,** and **WOODROOF.** Comercial Vegetables Processing. AVI Publishing, Westport Co. 1976.
6. **NEIRA F., RODRIGUEZ P.** Desarrollo de una Técnica para deshidratación de Purés de Frutas. Planta de Vegetales ICTA, U. Nal., 1983.
7. **WOODROOF. J.** Comercial Fruits Processing. AVI Publishing, Westport Co. 1975.