

## APLICACION DE LA TECNOLOGIA DE DESHIDRATAACION POR EL METODO DE SECADO DE ESPUMAS (Foam-Mat) EN JUGOS DE FRUTAS TROPICALES II (Naranja, Piña, Mora y Maracuyá)

Edgar Segura\*  
Luz Amanda Monroy\*  
Guillermo Manrique\*

### RESUMEN

*Se utilizó la técnica de secado de espumas (foam-mat) en la deshidratación al vacío y por aire forzado de pulpa o jugo de naranja, piña, mora y maracuyá; empleando albúmina de huevo como agente espumante y metil celulosa como estabilizante. Se estudió la relación entre la composición proximal de la pulpa de la fruta (pH, acidez, humedad, sólidos solubles y totales) y las propiedades de la espuma (densidad, diámetro promedio de burbuja, grado de drenado y variación de la estructura contra el tiempo), controlando durante la etapa de secado el espesor de la capa, la temperatura y el grado de vacío.*

*El producto final después de ser sometido a molienda y tamización fue envasado en recipientes herméticos secos; efectuando pruebas de humedad, acidez, pH, tiempo de reconstitución, sólidos solubles, actividad de agua, contenido de ácido ascórbico y los análisis microbiológicos generales para productos deshidratados en polvo.*

*Cada una de las frutas mostró un comportamiento diferente al secado de espumas; la evaluación sensorial mostró que se prefiere el néctar fresco natural a la espuma reconstituida y a los néctares comerciales. No se presentó diferencia significativa entre los dos métodos de secado utilizados a las diferentes temperaturas empleadas.*

*Los néctares de maracuyá y mora reconstituidos fueron preferidos a los néctares comerciales, los néctares reconstituidos de piña y naranja pierden notablemente el sabor y aroma, sin embargo el de piña posee mayor aceptabilidad que el de naranja.*

### SUMMARY

Foam-mat dehydration was applied to orange, pineapple, blackberry and passion fruit pulps, using hot air and vacuum drying systems. Egg albumen was

used as foaming agent and methyl cellulose as foam stabilizer. Relationship between proximate composition of pulps (pH, acidity, moisture, soluble solids and total solids) and foaming properties (specific gravity, bubble average size, draining time and foam stability versus time) was studied; and layer thickness, temperature and vacuum was controlled during drying.

The final product, milled and sifted was packaged in tight containers and moisture, acidity, pH, soluble solids, water activity, reconstitution time, ascorbic acid content and microbiological tests for dehydrated foods were made. Each fruit pulp showed different properties to foam-mat drying, sensory evaluation showed a real preference for fresh fruit nectar over reconstituted foam-mat dried ones and commercial fruit nectars. There was not significant difference the vacuum dried and hot air dried products at the used temperatures.

Reconstituted passion fruit and blackberry nectars were preferred to the commercially pasteurized ones. A significant loss of aroma and flavor was found for pineapple and orange foam-mat dried reconstituted powder although pineapple showed more acceptability than orange.

### INTRODUCCION

El trabajo hace parte del Proyecto de Deshidratación en el Programa de Conservación de Frutas y Hortalizas que desarrolla la Universidad Nacional de Colombia por medio del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos.

El SECADO POR ESPUMADO fue desarrollado en la década del 50 por Morgan y Colaboradores en Albania California y patentado en el año de 1961. Es un proceso sencillo y no costoso que envuelve las siguientes etapas:

\* Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ciencias. Dpto. de Farmacia. A.A. 14-490. Bogotá - Colombia.

1. Formación de una espuma estable a partir de un jugo o concentrado con o sin adición de agentes inductores y/o estabilizadores de espuma.

2. Deshidratación de la espuma extendida en una capa delgada originando un producto seco con estructura porosa y quebradiza.

3. Desintegración, Tamizado y envase para obtener un polvo de libre flujo.

**Ventajas:** 1. Gran eficiencia en el secado sin necesidad de la aplicación de vacío. La espuma crea una mayor área superficial incrementando la transferencia de calor y masa. La capilaridad a través de los poros facilita la transmisión de la humedad.

2. Se logran condiciones más uniformes en el proceso de secado si se compara con el jugo, puré o concentrado sin agitar.

3. Se obtienen productos de rápida reconstitución aún con agitación manual y en agua fría.

4. Los requerimientos de equipo y costos de instalación son mucho menores comparados con las técnicas de atomización y liofilización.

5. Además tienen las ventajas de los productos deshidratados: Reducción de peso y volumen, facilidad de transporte, conservación y disponibilidad en épocas de no cosecha.

**Desventajas:** 1. En general los productos deshidratados con humedades inferiores al 5% son altamente higroscópicos y exigen ambientes de baja humedad relativa en las operaciones finales de molienda, tamización y envase. Además se debe seleccionar un envase adecuado para garantizar la calidad y estabilidad del producto.

2. Disminución de la calidad organoléptica y nutricional común en los procesos que requieren tratamiento térmico.

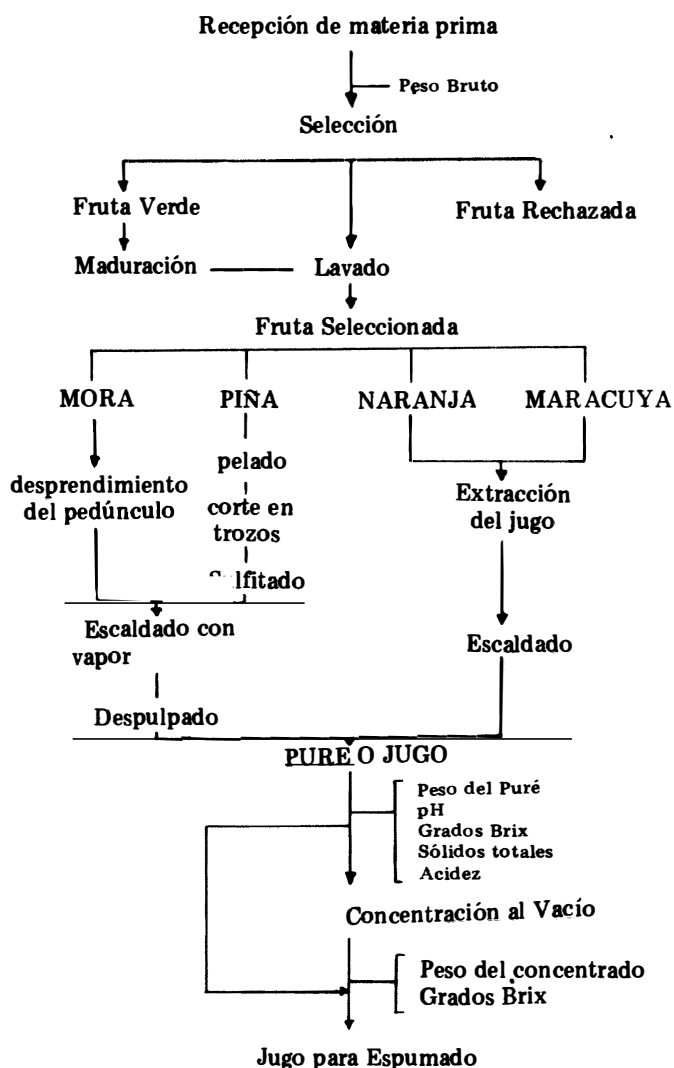
3. Uso de aditivos que pueden modificar las características propias de color, sabor y aroma del alimento.

## MATERIALES Y METODOS

Una vez obtenido el jugo o puré puede ser directa-

mente espumado o sometido a un proceso de concentración previo para facilitar la formación de espuma (Tabla 1). El aditivo puede ser un agente espumante como la albúmina de huevo o un agente estabilizante como la metilcelulosa (Tabla 2). El objetivo es fortalecer la interfase del glóbulo y mantener la estructura de espuma durante el proceso de secado. La combinación de aditivos y la concentración de cada uno depende de la fruta en estudio. Durante la agitación la densidad del jugo disminuye a medida que se incorpora más aire. La

TABLA 1.  
OBTENCION DEL JUGO PARA ESPUMADO



**TABLA 2.**  
**ESTABILIZADORES DE ESPUMAS**  
**Y METODOS DE DISPERSION**

| Estabilizador                 | Aprobación de la F.D.A. | Método de Dispersión  |
|-------------------------------|-------------------------|---|
| M.E.G.                        | SI                      | Use 5 - 10% en peso en agua. Mezcle y almacene a 60 - 65°C.                 |
| Proteína de Soya Solubilizada | SI                      | Use 20% en solución acuosa a 21°C.  |
| ALBUMINA DE HUEVO             | SI                      | Use 10% de solución acuosa a 21°C.  |
| Monoestearato de Sorbitán     | Parcialmente            | Use 9,2% de Spán 60 + 0,8% Tween 60 en agua. Mezcla y almacene a 21 a 60°C. |
| TWEEN 60                      | Parcialmente            | Preparación igual al anterior.  |
| METICELULOSA                  | SI                      | Use soluciones acuosas frías.   |

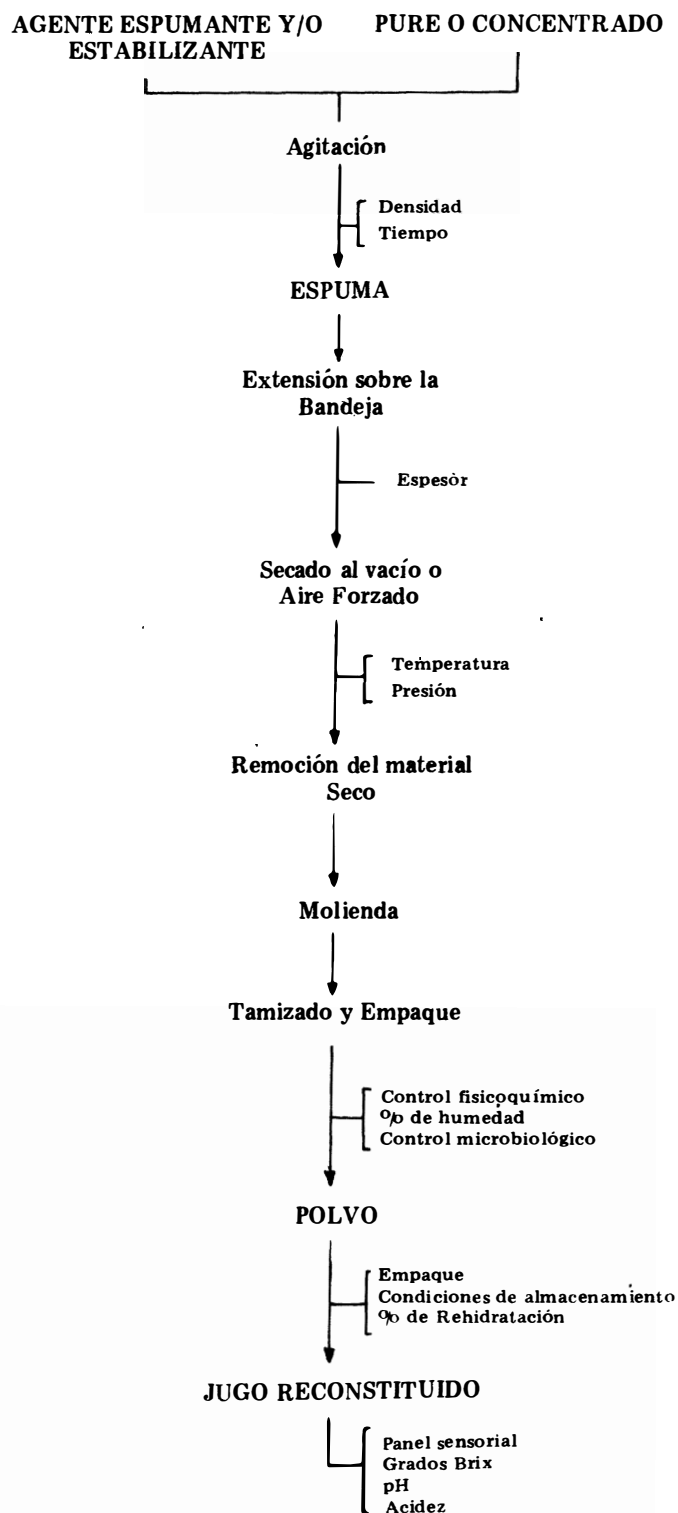
\* El fabricante de productos alimenticios deberá consultar a la F.D.A. si el aditivo escogido tiene limitaciones en el lugar donde se usa.

densidad óptima depende de la estabilidad de la espuma y ésta puede ser evaluada por diferentes métodos:

1. Grado de drenado a temperatura ambiente y a 70°C después de 100 minutos.
2. Variación de la estructura contra tiempo a temperatura ambiente.
3. Cambio de diámetro medio de burbuja en función del tiempo.
4. Estabilidad de la espuma durante el proceso de secado. La espuma debe mantener su estructura durante la fase inicial de secado bajo condiciones de presión establecidas.

Ya formada la espuma se extiende sobre una bandeja de acero inoxidable protegida con plástico polivinílico resistente al calor. Para lograr un espesor uniforme se utiliza un dispositivo fabricado en acrílico que permite la graduación del espesor de la espuma. La uniformidad de la capa de espuma es una operación crítica en el secado y el tiempo depende del espesor de la capa, la temperatura y la presión (Tabla 3).

**TABLA 3.**  
**OBTENCION DEL POLVO DESHIDRATADO**



El proceso de deshidratación se realizó en un secador de bandejas al vacío y en un secador por aire forzado diseñado y construido en las instalaciones del ICTA.

El material seco se retira por raspado del plástico polivinílico y debe ser almacenado en recipientes secos y herméticos. Se deja enfriar y es sometido luego a las operaciones finales de molienda, tamización y empaque en ambientes de baja humedad relativa.

Para evaluar la calidad del producto deshidratado se realizaron diferentes análisis:

1. Fisicoquímicos: Humedad, acidez, pH, Tiempo de reconstitución, sólidos solubles, pérdida de vitaminas y actividad de agua.
2. Análisis microbiológicos generales.
3. Evaluación sensorial: Se compararon los jugos

reconstituidos con néctares comerciales teniendo el jugo natural como patrón interno. Se utilizó el método de scores y los factores de calidad evaluados fueron: Aspecto, color, consistencia, aroma y sabor. Se incluyó una hoja de predicho para obtener información más reproducible explicando la relación entre los defectos considerados y la escala numérica.

## RESULTADOS Y DISCUSION

**Espumado:** Un conocimiento previo de la composición química de la fruta indica si el jugo o puré debe ser modificado para la obtención de una espuma estable. La adición de agentes espumantes y/o estabilizantes, el aumento de contenido de sólidos solubles y totales pueden contribuir a estabilizar la espuma formada. El grado mínimo de concentración necesario depende de las características propias de la fruta y de la combinación de aditivos utilizada.

Dentro de las frutas en estudio, cada una demostró un comportamiento diferente de acuerdo a su composición química. En general, las frutas con alto contenido de pectina como la mora, forman purés de alta viscosidad que permiten la retención del aire incorporado durante la agitación. La espuma formada es altamente estable. La adición de albú-

mina de huevo disminuye el tiempo de agitación para obtener una espuma de densidad óptima (Tabla 4).

Frutas con alto contenido de sólidos solubles en combinación con concentraciones adecuadas de aditivos pueden formar espumas disponibles para el secado. El jugo de maracuyá con metilcelulosa forma espumas de estabilidad media. La adición de sacarosa favorece la formación de espumas estables.

Las frutas con bajo contenido de sólidos solubles y/o totales y bajo contenido de pectina, como la naranja, requieren un proceso de concentración previo al espumado. En la piña el alto contenido de fibra disminuye el grado de concentración requerido.

**Secado:** Durante el proceso de secado deben ser controlados los siguientes parámetros:

1. Densidad de la espuma (no mayor de 0.5 g/ml).
2. Espesor (3 mm).
3. Presión durante las etapas de secado. En procesos a presión reducida, la presión determina la velocidad de secado, principalmente, cuando el contenido de humedad es alto o medio. Las espumas formadas no resisten una disminución drástica de la presión. Se requiere una disminución gradual en la medida que la espuma adquiere dureza. Aditivos como la albúmina y la metilcelulosa gelifican por acción térmica y contribuyen a la estabilización de la espuma formada.
4. Temperatura. Se observó menor tiempo de proceso al aumentar la temperatura. La elección de una determinada temperatura debe ser respaldada con paneles de evaluación sensorial y análisis de pérdida de la calidad nutricional de la fruta.

Dos sistemas de secado fueron utilizados: Secador de bandejas al vacío y secador por aire forzado. En general la estructura de espuma se mantiene sin cambio durante el secado por aire forzado y el tiempo de tratamiento es cercano al empleado con el secador al vacío. La remoción del contenido final de humedad es más lento principalmente con materiales con alto contenido de sólidos solubles.

Es evidente que el aumento en el área de exposi-

**TABLA 4.**  
**CONDICIONES OPTIMAS PARA LA OBTENCION DE JUGOS DESHIDRATADOS DE**  
**MORA, NARANJA, PIÑA Y MARACUYA POR EL METODO DE SECADO DE ESPUMAS**

| CONDICIONES OPTIMAS<br>DE ESPUMADO  | % Sólidos<br>Solubles   | ADITIVOS % B. H. |      | Velocidad<br>de agitación<br>r.p.m. | Tiempo de<br>agitación<br>minutos | Densidad   |
|---|-------------------------|------------------|------|-------------------------------------|-----------------------------------|------------|
| FRUTA   |                         | Albúmina         | M.C. |                                     |                                   |            |
| NARANJA   | 30 <sup>o</sup> Brix    | 0.04             | 0.1  | 591                                 | 3*                                | 0.4 - 0.5  |
| MORA  | Jugo Natural            | 0.1              |      | 591                                 | 3                                 | 0.4 - 0.5  |
| PIÑA  | 24 <sup>o</sup> Brix    | 0.1              |      | 285                                 | 3                                 | 0.5 - 0.55 |
| MARACUYA  | 30-35 <sup>o</sup> Brix |                  | 0.2  | 591                                 | 3 - 4*                            | 0.3 - 0.35 |
| * Incorporación del aditivo por agitación en licuadora durante 30 segundos. |                         |                  |      |                                     |                                   |            |

| CONDICIONES OPTIMAS<br>DE SECADO   | Temperatura<br>de secado oC | P R E S I O N m.m. Hg |         |         |         | Tiempo Total<br>de Secado | Humedad<br>Residual |
|--|-----------------------------|-----------------------|---------|---------|---------|---------------------------|---------------------|
| FRUTA  |                             | 306                   | 242     | 179     | 0       |                           |                     |
| NARANJA  | 60                          | 60 min.               | 30 min. | 30 min. | 30 min. | 150 min.                  | ≤ 3%                |
| MORA   | 60                          | 60                    | 30      | 30      | 30      | 150                       |                     |
| PIÑA   | 70                          | 35                    | —       | 30      | 40      | 100                       |                     |
| MARACUYA   | 60                          | 60                    | 30      | 30      | 30      | 150                       |                     |
| * Valores de la presión manométrica relacionados con la presión atmosférica de Bogotá, 560 m.m.Hg. |                             |                       |         |         |         |                           |                     |

ción disminuye el tiempo de proceso. Ensayos preliminares en el secado por aire forzado para naranja, piña y maracuyá con formas extruidas mostraron un menor tiempo de secado.

**Evaluación Sensorial:** Debido a la variabilidad de los resultados estas pruebas se analizan estadísticamente. Como se trabajó con escalas ordinales de medida se emplea una versión no paramétrica de diseño de bloques aleatorios; el Test de Friedman.

Los resultados son resumidos en los siguientes puntos:

1. El jugo natural es preferido sobre los jugos comerciales y los reconstituidos.
2. No hay diferencia significativa entre las diferentes temperaturas y los diferentes métodos de secado.
3. Los jugos de maracuyá y mora reconstituidos son preferidos a los néctares comerciales.
4. La apariencia del jugo de naranja es similar al natural pero el producto procesado pierde notablemente las características iniciales de sabor y aroma.

5. Los tratamientos de concentración y deshidratación también disminuyen las características de aroma del jugo de piña. Sin embargo aparentemente tiene mayor aceptabilidad comparado con el jugo de naranja.

Se estandarizó el tiempo de secado para polvos con 3% de humedad. En general, los polvos son higroscópicos, principalmente los de naranja y maracuyá debido al alto contenido de sólidos solubles. Se observó que deshidratados con mayor contenido de humedad tienen rápida tendencia a compactarse y se dificultan las operaciones finales de molienda y tamizado.

Los polvos de naranja y piña son de fácil reconstitución, tienen buena humectabilidad y solubilidad en agua fría. Los polvos de mora y maracuyá presentan mayor tiempo de redispersión pero son totalmente incorporados en tiempos menores a cinco minutos (Tabla 5).

No se observa variación significativa en sólidos solubles, pH, acidez y cenizas en los jugos reconstituidos. Hay una reducción del 10 al 20% en el contenido de ácido ascórbico en los jugos procesados de piña, maracuyá y naranja.

TABLA 5.

**ASPECTOS GENERALES DE LA REHIDRATACION  
DE JUGOS SECADOS POR  
EL SISTEMA DE ESPUMAS**

| FRUTA    | Grado de<br>Redispersión<br>Método Probeta | Densidad<br>Global<br>g/cm <sup>3</sup><br>Malla No. 60 | Tiempo<br>Reconstitución<br>Manual<br>T° ambiente |
|----------|--|---|---|
| NARANJA  | 4  | 0,37  | 1 min. 15 seg.                                    |
| PIÑA     | 4  | 0,4   | 1 min.  |
| MORA     | 3  | 0,3   | 2 min. 10 seg.                                    |
| MARACUYA | 2  | 0,33  | 2 min. 30 seg.                                    |

**ESCALA DE VALORES METODO DE PROBETA (8)**

- 0- No moja ni redispersa, flota  
 1- Moja parcialmente, no redispersa, flota una parte y otra se moja.  
 2- Moja parcialmente y redispersa lentamente.  
 3- Moja rápidamente, redispersa parcialmente.  
 4- Moja rápidamente, redispersa y parte sedimenta.  
 5- Moja y redispersa rápidamente sin sedimentar.

**BIBLIOGRAFIA**

- BATES, R. "Factors Affecting Foam Production and Stabilization of Tropical Fruit Products". J. Fd. Technol, 18 (1), 93, 1964.
- BERRY, R.E.; BISSET, O.W.; WAGNER Jr. C.J.; VELDHUIS, M.K. "Foam-Mat Dried Grapefruit Juice Time-temperature Drying Studies". J. Fd. Technol, 19, (3), 126, 1965.
- BERRY, R.E.; BISSET, O.W.; LASTINGER, J.C. "Method for evaluating Foams from citrus concentrates". J. Fd. Technol 19 (7), 114, 195.
- BERRY, R.E.; WAGNER Jr., C.J.; WOLFE, S. "Prevention of Foam in juice from reconstituted citrus powders". Proceedings of the Florida State Horticultural Society, 78 (11), 2, 1965.
- BERRY, R.E.; BISSET, O.W.; WAGNER, C.J.; VELDHUIS, M.K. "Storage studies on Foam Mat dried grapefruit powder". J. Fd. Technol. 20 (4), 177, 1966.
- BISSET, O.W.; TATUM, S.H.; WAGNER, C.J.; VELDHUIS, M.K.; GRAHAM, R.P.; MORGAN, A.I. "Foam Mat dried orange juice". J. Food. Technol. 17 (2), 92, 1963.
- BOLIN, H.R. and SALUNKHE. "Physicochemical and volatile flavor changes occurring in fruit juices during concentration and Foam-Mat drying". J. Fd. Science. 36, 665, 1971.
- CADENA, M.I.; VELEZ, M. "Aspectos técnicos de la rehidratación de jugos de frutas en polvo". Tesis Farmacia, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, 1986.
- CASIMIR, D.J. "Technology and flavor chemistry on passion fruit juice and concentrate", Advances in food research. 27, 244, 1981.
- CHENCHIN, K. "Enzymic Treatment and Foaming reduction of Pineapple Juice". J. Fd. Sci. 49 (5), 1984.
- CHUNG, D.S. and CHANG, D.I. "Principles of food dehydration". Journal of Food Protection. 45, April, 1982.
- CONOVER, W. "Practical Nonparametrics Statistics". New York. John Wiley & sons Inc. 1980.
- COOKE, R.D.; BREAG, G.R.; FERBER, O.E.M.; BEST, P.R.; JONES, J. "Studies of mango processing", J. Fd. Technol. 11 (5), 463, 1976.
- FERREIRA, S. "El Acido Ascórbico en Enlatados, Conservas y en el Bocadillo de Guayaba". Tesis Farmacia, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 1964.
- FUENTES, A. "Estudio de algunas variedades de Piña en Colombia y Producción de jugo Concentrado de Piña". Tesis Ingeniería Química. U.N. Bogotá. 1967.
- FURIA, T. Handbook of Food Aditives. 2a. ed. CRC Press. Cleveland, Ohio. 1977.
- GARCIA, E., HERNANDEZ, M. "Preparación de Jugos de Fruta en Polvo". Tesis Farmacia, Universidad Nacional de Colombia. Bogotá. 1983.
- GAVIRIA, S.L.E. y BERNAL, I.A. "Análisis de Alimentos, Química Analítica Aplicada". Vol. I-II. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Química. Bogotá, 1976.
- LABELLE, R.L. "Characterization of foams for foam-mat Drying". J. Fd. Technol. 20(8), 89, 1966.
- LARMOND, E. Laboratory Methods for Sensory evaluation of Food. Department of Agriculture, Canada. Research branch Publication 1637. 1977.
- MAHECHA, G. Evaluación Sensorial en el control de calidad de alimentos procesados. Universidad Nacional de Colombia. Bogota. 1985.
- MEJIA, M.V. y TI BAVISCO M. "Tecnología para la Deshidratación de Jugos de Frutas por el método de secado de espumas (Foam-Mat)". Tesis Farmacia. U.N. Bogotá. 1984.
- MORGAN, A.I. Jr.; GINETTE, L.F.; RANDALL, J.M.; GRAHAM, R.P. "TECHNIQUE FOR IMPROVING INSTANT FOODS". Food Engineering. 31(9), 89, 1959.
- NAGY, S. and SHAW Ph. "Citrus Science and Technology." Vol. 2. The Avi Publishing Co. Westport. 1977.
- NOTTER, G.K. "Pineapple Juice Powder". J. Fd. Technol. 12(7), 1958.
- O.E.A. "Seminario sobre Procesamiento de Frutas Tropicales". México. Nov. 1976.
- PROTHI, J.S. Physiology, Chemistry and Technology of Passion Fruit. Advances in Food Research. 12, 1963. p. 234-266.
- PRUTHI, J.S. and GIRDHARI L. Studies on Passion Fruit Juice Concentrate and Powder. J. Food Science. 8(1), 1, 1959.
- UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA. Facultad de Ciencias. "Frutas Tropicales". Boletín informativo No. 4, Dic. 1980. Bogotá. p. 43.