

**DETERMINACION DEL PERFIL DE CALENTAMIENTO Y EVALUACION SENSORIAL
EN LA ELABORACION DE PULPA LIOFILIZADA DE MANGO VARIEDAD TOMMY
ATKINS**

JORGE MARIO MARULANDA LOAIZA

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA
ESPECIALIZACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
PROGRAMA INTERFACULTADES**

MANIZALES

2002

**DETERMINACION DEL PERFIL DE CALENTAMIENTO Y EVALUACION SENSORIAL
EN LA ELABORACION DE PULPA LIOFILIZADA DE MANGO VARIEDAD TOMMY
ATKINS**

JORGE MARIO MARULANDA LOAIZA

**Trabajo de grado para optar el título de
Especialista en Ciencia y Tecnología de Alimentos**

Director

CARLOS EDUARDO ORREGO

Ingeniero Químico

INTER AULAS ACADEMIÆ QUÆRE VERUM

UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA

ESPECIALIZACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

PAGRAMA INTERFACULTADES

MANIZALES

2002

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	2
3. ESTADO DEL ARTE	3
4. REVISION BIBLIOGRAFICA	6
4.1. GENERALIDADES SOBRE EL MANGO	6
4.2 GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO DE LIOFILIZACION	8
5. MATERIALES Y METODOS	12
5.1 MATERIALES	12
5.2 METODOLOGIA	12
6. RESULTADOS	18
7. PRESUPUESTO EJECUTADO	27
8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	28
9. CONCLUSIONES	29
10. BIBLIOGRAFIA	31

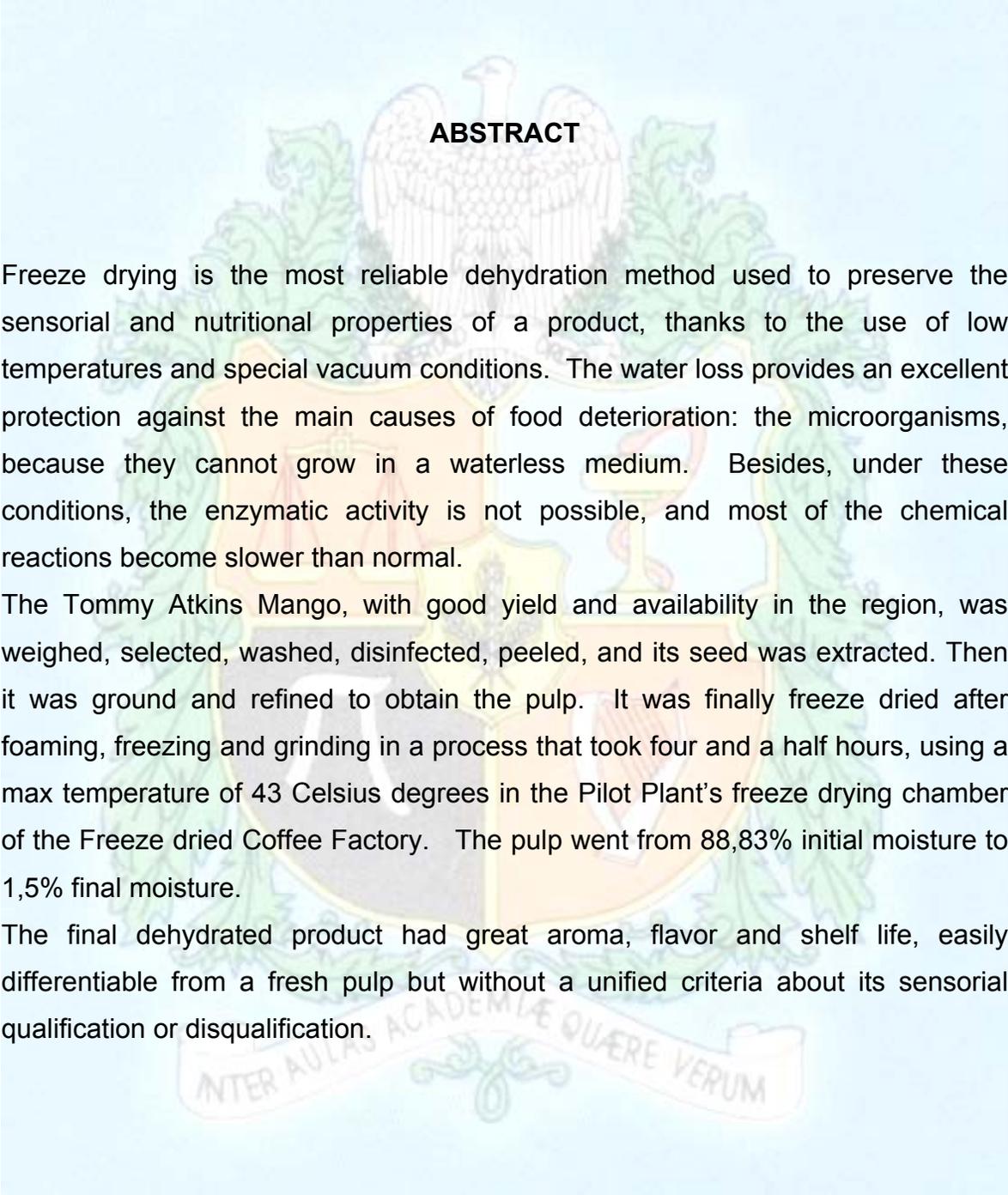
TABLA DE FIGURAS

FIGURA 1. ESPUMADORA PLANTA PILOTO	19
FIGURA 2. MOLINO CUARTO FRIO PILOTO	20
FIGURA 3. CAMARA DE LIOFILIZACION PILOTO	21
FIGURA 4. GRAFICA LIOFILIZACION FEBRERO DE 2002	22
FIGURA 5. GRAFICA LIOFILIZACION MARZO DE 2002	23
FIGURA 6. PULPAS DE MANGO	26
FIGURA 7. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	28
FIGURA 8. PULPA DE MANGO LIOFILIZADA Y EMPACADA	30

RESUMEN

La liofilización es el procedimiento de deshidratación más confiable en la conservación de las características sensoriales y nutricionales de un producto alimenticio, gracias al uso de bajas temperaturas y condiciones especiales de vacío. La eliminación de agua proporciona una excelente protección frente a las principales causas de alteración en los alimentos: Los microorganismos no pueden desarrollarse en un medio sin agua. Además en estas condiciones tampoco es posible la actividad enzimática y la mayor parte de las reacciones químicas se hacen más lentas de lo normal.

El mango variedad Tommy Atkins de buen rendimiento y disponibilidad en la región se sometió a las operaciones unitarias de pesado, selección, lavado, desinfección, pelado, extracción de la pepa, molido y refinado para obtener una pulpa, la cual fue liofilizada previa espumación, congelación y molienda, en un ciclo de cuatro horas y media aplicando una temperatura máxima de 43° C en la cámara de liofilización de la Planta Piloto de la Fabrica de Café Liofilizado; La pulpa pasó de una humedad inicial de 88,83% a una humedad final de 1,5%. Se obtuvo un producto deshidratado de gran aroma, sabor y preservación, fácilmente diferenciable de una pulpa fresca pero sin un criterio unificado sobre su calificación o descalificación sensorial.



ABSTRACT

Freeze drying is the most reliable dehydration method used to preserve the sensorial and nutritional properties of a product, thanks to the use of low temperatures and special vacuum conditions. The water loss provides an excellent protection against the main causes of food deterioration: the microorganisms, because they cannot grow in a waterless medium. Besides, under these conditions, the enzymatic activity is not possible, and most of the chemical reactions become slower than normal.

The Tommy Atkins Mango, with good yield and availability in the region, was weighed, selected, washed, disinfected, peeled, and its seed was extracted. Then it was ground and refined to obtain the pulp. It was finally freeze dried after foaming, freezing and grinding in a process that took four and a half hours, using a max temperature of 43 Celsius degrees in the Pilot Plant's freeze drying chamber of the Freeze dried Coffee Factory. The pulp went from 88,83% initial moisture to 1,5% final moisture.

The final dehydrated product had great aroma, flavor and shelf life, easily differentiable from a fresh pulp but without a unified criteria about its sensorial qualification or disqualification.

1. INTRODUCCION

La deshidratación es el método industrial más confiable para conservar un alimento. En frutas mínimamente procesadas la deshidratación osmótica es una alternativa de uso común; para el caso de pulpas y extractos, el secado por atomización es el método más rápido y rentable. Pero indiscutiblemente cuando se trata de conservar al máximo los aromas en un producto deshidratado, la liofilización es la mejor alternativa.

En Colombia el líder en liofilización a escala industrial es la Fabrica de café Liofilizado de la Federación Nacional de Cafeteros, y es precisamente allí en las instalaciones del CIG (Centro Integrado de Gestión) de Desarrollo donde se encuentra la Planta Piloto, lugar en que se ha hecho la determinación del perfil de calentamiento y evaluación sensorial en la elaboración de pulpa liofilizada de mago variedad Tommy Atkins, como una forma de preservar los aromas y sabores de este fruto tropical nativo de la India (5) con la versatilidad que ofrece un alimento deshidratado.

Se inició esta investigación conociendo que los frutos frescos contienen principalmente agua (80%-85%) lo que dificultara su deshidratación.(3)

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el perfil de calentamiento y la evaluación sensorial en la elaboración de pulpa liofilizada de mango variedad Tommy Atkins.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

2.2.1. Determinar el mejor perfil de calentamiento durante la liofilización de pulpa de mango Tommy Atkins.

2.2.2. Determinar rendimiento en la obtención de pulpa de mango Tommy Atkins liofilizado.

2.2.3. Evaluar el efecto de la liofilización sobre las características sensoriales de la pulpa de mango Tommy Atkins.

3. ESTADO DEL ARTE

En la Universidad Nacional, Facultad de Ingeniería en 1989 se desarrolló una tesis sobre “Liofilización de frutas tropicales, mango y mora” cuyo objetivo principal fue establecer las condiciones de trabajo para obtener por liofilización jugo de mango y de mora, con miras a la industrialización de estas frutas para lograr productos que cumplan con las normas de calidad de los mercados internacionales.(7). Esta tesis fue hecha en colaboración con **Cenicafé**.

Es de anotar que en un aparte del estudio realizado por **Cenicafé** de los procesos de deshidratación osmótica y por microondas con aplicación de vacío para mango, banano y aguacate definen al mango entre estos tres como el producto de menor susceptibilidad al ataque microbiano.(8).

Según la revista Cultivo del Mango del ICA la producción tecnificada del mango de diferentes variedades por departamentos en el año de 1985 fue:

Departamento	Hectáreas	Variedad	Epoca de Cosecha	Total
Cundinamarca: Viotá, Anapoima, La Mesa, Apulo	300	T. Atkins, Sufalda, Albania, Kent, Keitt, Filipino	Mayo – Agosto Octubre – Enero	2.400
Tolima: Chicoral, Purificación, Espinal, Armero	100	T. Atkins, Sufalda, Albania, Kent, Keitt, Filipino	Mayo – Agosto Octubre - Enero	640
Huila: Neiva, Aipe, Rivera	10	T. Atkins, Sufalda, Albania, Kent, Keitt, Filipino	Mayo – Agosto Octubre – Enero	80
Magdalena: Cienaga, Santa Marta	100	Idem anteriores, Azúcar	Abril – Octubre	640
Total	510			3.780

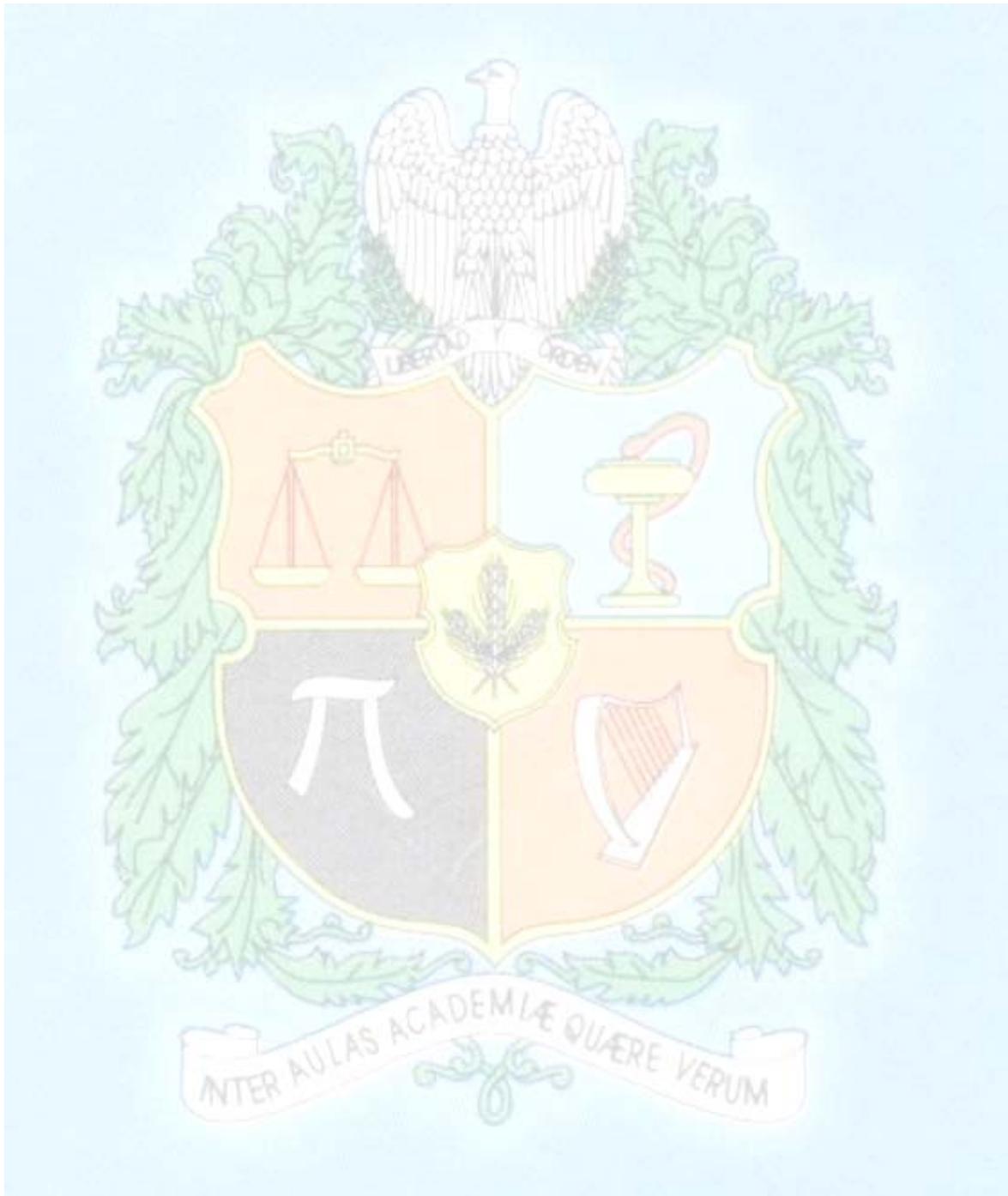
De la misma publicación, el siguiente cuadro muestra las características de las diferentes variedades de mango:

Variedad	Peso x fruta en g	Color fruta madura	Palatabilidad	Fibra	Grosor cascara	Estación de cosecha	Producción	Comentarios
Irwin	340	Rojo y amarillo	Muy buena	Muy poca	Medio	Media	Buena	Buenos resultados en Colombia.
Tommy Atkins	550	Rojo y naranja	Buena	Alguna	Grueso	Media	Muy Buena	Frutas susceptibles a daño fisiológico interno
Keitt	850	Rosado y amarillo	Muy buena	Muy poca	Medio	Tardía	Muy buena	Buenos resultados en Colombia
Kent	680	Rojo y amarillo	Muy buena	Muy poca	Grueso	Tardía	Muy buena	Buenos resultados en Colombia
Early gold	340	Naranja y amarillo	Muy buena	Muy poca	Delgado	Temprana	Regular	No se ha probado en Colombia
Palmer	660	Rojo y naranja	Buena	Poca	Medio	Tardía	Buena	Buenos resultados en Colombia
Haden	615	Rojo y amarillo	Buena	Alguna	Gruesa	Tardía	Buena	Buenas cosechas en un año pero bajas en el otro
Sufaida	590	Rojo y naranja	Muy buena	Alguna	Medio	Media	Buena	Buena para Colombia
Sensation	310	Rojo	Buena	Poca	Grueso	Tardía	Buena	No se ha probado en Colombia
Van Dyke	350	Rojo y amarillo	Muy buena	Poca	Medio	Tardía	Buena	No se ha probado en Colombia.

Por su disponibilidad, gran tamaño con un peso promedio de 580 g, semilla pequeña que representa el 8% del peso de la fruta y su rendimiento de fruta a pulpa y a pulpa liofilizada mayor que en otras variedades de mango; la variedad de Tommy Atkins fue escogida como material para éste trabajo.

Finalmente en el artículo sobre liofilización de frutas presentado por la Revista del Jueves 7 de junio del 2001 del diario El Espectador, un grupo interdisciplinario reporta estar liofilizando fruta mínimamente procesada (en cortes) que venden entre otras partes en Maloka como comida espacial. Y afirman “que los liofilizados

sólo conservan el 3% de humedad y pueden durar entre 3 y 5 años, lo que los hace un producto perfecto para la exportación.” (9)



4. REVISION BIBLIOGRAFICA

4.1. GENERALIDADES SOBRE EL MANGO

4.1.1. Clasificación científica : El mango pertenece a la familia de las Anacardiáceas (Anacardiaceae), especie *Mangifera indica*. Es nativo de la india, crece hasta unos 15 metros de altura y forma numerosas ramas altas y abiertas. Se cultiva mucho en Africa y América tropical por el fruto succulento, una drupa carnosa de forma oval, de 5 a 15 cm de longitud de color verdoso, amarillento o rojizo muy dulce y sabrosa; encierra un hueso cavoso grande aplanado, rodeado de una cubierta leñosa. Los hay esféricos y aplanados, como el mango de Manila y ovalados, carnosos y de buen tamaño como el mango Tommy Atkins entre otros (6).

Esta variedad de mango presenta una forma oblonga, la cascara es amarilla rojiza y en ocasiones púrpura, lisa brillante, gruesa y resistente a daños mecánicos. La pulpa madura es de textura firme debido a la abundante cantidad de fibra fina. La semilla es pequeña y representa el 8% del peso de la fruta (10). Esta variedad de mango es susceptible al daño fisiológico interno, lo que no es un obstáculo ya que al someterla a un proceso industrial se evidencia su verdadero estado de calidad, lo cual no pasaría al vender la fruta entera. El grado de madurez del mango que se emplea para obtener la pulpa a deshidratar, es la máxima organoléptica posible, evitando cualquier síntoma de senescencia. En este punto de madurez es donde se encuentran los mejores aromas y sabores del mango dignos de ser conservados por el proceso de liofilización.

A nivel industrial el proceso de adecuación de la fruta es como sigue (4):

A.Recepción de la materia prima: Se hace vaciando las cajas con fruta en cintas transportadoras o en depósitos con agua para no dañarla mecánicamente.

B.Transporte en la fábrica: Se hace mediante rodillos, bandas, tornillos sin fin y/o elevadores de cangilones.

C.Limpieza, lavado y desinfección: Se hace con el fin de eliminar suciedad y sustancias extrañas, disminuir la carga microbiana y limitar la recontaminación de material limpio. La limpieza y el lavado se pueden hacer por inmersión, por agitación, duchas de agua o una combinación de los anteriores métodos. En cuanto a la desinfección se hace con soluciones de hipoclorito o de compuestos de amonio cuaternario (Tego).

D.Selección: Esta operación está relacionada con la calidad del producto final. Busca eliminar la materia prima no adecuada, dañada o rota, excesivamente verde, podrida o atacada por insectos. Se puede hacer de forma manual o por equipos de selección por color.

E.Clasificación: Busca dar uniformidad a la materia prima evaluando aspectos como tamaño, peso, forma, color,...

F.Escaldado: Esta operación busca ablandar el tejido vegetal y reducir el volumen aparente, inactivar las enzimas, eliminar el aire en los espacios intracelulares, aumentar la permeabilidad de las paredes celulares, eliminar olores y sabores fuertes no inherentes al mango, reducir la contaminación química y microbiológica.

G.Pelado: Busca eliminar la corteza o capa exterior del producto. Puede hacerse de forma química mediante inmersión en solución de NaOH, manualmente, mecánicamente, térmicamente o por una combinación de métodos.

H.Corte en dados o laminas: Esta es la última de las operaciones unitarias de adecuación de la fruta. El tipo de corte depende del producto que se va a elaborar con la fruta.

Según la norma ICONTEC 695 una pulpa es el producto de la desintegración y tamizado de la fracción comestible de la fruta, sin diluir, sin concentrar ni fermentar.

La elaboración de la pulpa se hace siguiendo las siguientes operaciones unitarias (4):

A.Pesaje: Es una operación que se hace durante todo el procesamiento del mango ya que es la herramienta para obtener los rendimientos.

B.Molido: Se realiza en un molino de martillos (licuadora), se debe hacer al mango ya sin semilla. La incorporación de aire imputable a esta operación no es un problema para la liofilización.

C.Refinación: Esta operación permite reducir el tamaño al producto molido al pasar la pulpa por una malla de orificio de menor diámetro que el de las partículas. Para el caso del mango esta operación afecta el rendimiento ya que se elimina en ella una parte de la fibra insoluble, pero debe mejorar la solubilidad de la pulpa liofilizada.

D.Desaireado: Labor que ayuda a eliminar el aire generado en la pulpa por las operaciones unitarias de molienda y refinación. Se hace mediante un escaldado leve a la pulpa en un recipiente cerrado mas no hermético.

E.Control de calidad: Esta operación se hace mediante los análisis físico-químicos y el análisis sensorial.

4.2 GENERALIDADES SOBRE EL PROCESO DE LIOFILIZACION

La palabra Liofilización viene de las raíces griegas LEYN (ceder, disolver, separar) y FILO (amante, amigo). El secado se usaba ya en la prehistoria para conservar numerosos alimentos, como los higos u otras frutas. La liofilización, ideada a principios del siglo XX, no se difundió hasta después de la segunda guerra

mundial. Limitada inicialmente al campo de la sanidad (conservación de medicamentos 9), no se aplicó hasta 1958 al sector alimentario. Es una técnica costosa y aplicada a unos pocos alimentos como la leche, la sopa, los huevos, la levadura los zumos de fruta o el café.

La eliminación de agua proporciona una excelente protección frente a las principales causas de alteración en los alimentos: Los microorganismos no pueden desarrollarse en un medio sin agua. Además en estas condiciones tampoco es posible la actividad enzimática y la mayor parte de las reacciones químicas se hacen más lentas de lo normal.

La deshidratación y sobre todo la liofilización, presenta además la ventaja de conservar todas las cualidades nutritivas del producto original.(6)

La liofilización es una operación múltiple que involucra varias etapas:

- Congelamiento a bajas temperaturas.
- Secado por sublimación del hielo (o del solvente congelado) del producto congelado, generalmente a muy baja presión.
- Almacenamiento del producto seco en condiciones controladas.

Generalmente, al liofilizar adecuadamente un material se puede almacenar por períodos muy largos con reducciones muy bajas de sus características organolépticas, físicas, químicas y biológicas. Cada producto debe congelarse de una manera tal que garantice que sufrirá pocas alteraciones en el proceso posterior de sublimación. Se debe conocer con precisión:

- La temperatura en la que ocurre la máxima solidificación.
- La velocidad óptima de enfriamiento.
- La temperatura mínima de fusión incipiente .

El proceso de secado como tal puede ocurrir o no a bajas presiones pero en este último caso es mucho más eficiente el proceso difusivo. El paso de hielo a vapor requiere gran cantidad de energía que suministrada en alto vacío pues la interfase de secado se mueve hacia el interior de la muestra y el calor tiene que atravesar capas congeladas (sistemas liofilizados en bandeja, sin granular) o secas (en granulados) , generándose un considerable riesgo de fusión del material intersticial o quemar la superficie del producto que ya está seco.

La transferencia de calor se hace por conducción - convección gaseosa y radiación (o una combinación de ambos mecanismos) siendo esta última la preponderante cuando se opera a muy baja presión.

En los sistemas de liofilización el material congelado - que generalmente está espumado con aire y molido luego de ser congelado - es colocado en bandejas. Se da lugar al inicio de vacío en una cámara hermética comenzando así la sublimación del hielo y el flujo de vapor pasa a través de la cámara al condensador. El calor es suministrado a través de platos o placas calefactoras ,por conducción o radiación

La velocidad inicial de secado es muy rápida debido a las pequeñas resistencias al transporte de calor desde la placa calefactora al material y al flujo másico de vapor sublimado al condensador. A medida que el secado progresa aparece una capa porosa seca que a medida que crece opone resistencia importante al flujo de calor, y menor al transporte de masa.

La variable más importantes del proceso es la presión: su incremento aumenta la transferencia de calor a expensas de una mayor resistencia a la transferencia de masa. Otra condición importante es la temperatura de las placas calefactoras que afecta la velocidad de la transferencia de calor de la superficie del material congelado. La temperatura del condensador es otra variable a controlar porque

afecta la fuerza impulsora de la presión de vapor de agua para la transferencia de masa.

Hay limitaciones importantes en las temperaturas de la superficie y de la interfase del material. Los parámetros de operación mencionados deben garantizar que ninguna de estas dos temperaturas supere los valores críticos del material a secar durante el período de liofilización.

El ciclo completo para el caso de liofilización industrial de alimentos oscila entre 5 y 8 horas.



5. MATERIALES Y METODOS

5.1 MATERIALES

- Mango variedad Tommy Atkins.
- Pelapapas.
- Cuchillos.
- Bascula.
- Licuadora.
- Tamiz.
- Recipientes.
- Granizadora marca Taylor.
- Congelación, molienda y selección cuarto frío Planta Piloto.
- Bandejas especiales de congelación y liofilización.
- Cámara de liofilización Planta Piloto.
- Frascos de vidrio para empaçar producto liofilizado.

5.2 METODOLOGIA

La investigación se inicio llevando a cabo los pasos de las operaciones unitarias para la adecuación de la fruta y obtención de la pulpa expuestos en la **REVISION BIBLIOGRAFICA** que aplicaran a este caso en particular, en dos repeticiones y consignado en los resultados éstos promedios.

Recepción y selección de la materia prima: La materia prima embalada en cajas se desempaco manualmente y se selecciono en cada repetición 30 Kg de mango maduro en buen estado.

Limpieza lavado y desinfección: La fruta fue lavada con abundante agua y frotada con un paño limpio. La desinfección se hizo mediante inmersión de la fruta en solución de hipoclorito al 0,1% durante 15 minutos.

Pelado: El mango fue pelado por medios mecánicos, específicamente utilizando pelapapas. Las cascaras aquí obtenidas, las pepas y el residuo del refinado fueron pesadas en cada repetición para obtener el rendimiento de fruta a pulpa.

Corte en dados o láminas: La parte comestible del mango se obtuvo al eliminar la pepa de cada fruto con la ayuda de un cuchillo. Los dos productos (pepa y parte comestible) de esta operación son pesados para el cálculo de los rendimientos.

Molido: Esta operación se realizo utilizando una licuadora casera, dando una molienda similar a la obtenida por un molino de martillos industrial.

Refinación: La refinación de la pulpa de mango se hizo haciéndola pasar mediante presión manual por una malla 16 en acero inoxidable.

En este punto de la investigación se tiene información suficiente para calcular el rendimiento R1 de fruta a pulpa mediante la aplicación de la formula:

$$R1 = \frac{\text{Peso de la pulpa obtenida}}{\text{Peso total de la fruta}} \times 100$$

En la cual el *Peso de la pulpa obtenida* es la parte comestible del mango, después de las operaciones de pelado, corte en láminas y refinado. El *Peso total de la fruta* corresponde al peso inicial del mango seleccionado, el cual fue de 30 Kg para cada una de las repeticiones.

Al realizar todas estas operaciones se esperaba encontrar un rendimiento de fruta a pulpa del orden 15% al 20%. Rendimiento inferior al reportado en la literatura

para industrialización de pulpas (25%) por las limitaciones propias de un proceso experimental.

Obtención de pulpa liofilizada de mango a nivel de Planta Piloto

Las siguientes son las operaciones que se usaron en la practica para la obtención de pulpa liofilizada de mango variedad Tommy Atkins:

A.Espumación: La pulpa refinada de mango se hizo pasar por un intercambiador de calor de superficie raspada (granizadora comercial marca Taylor. Capacidad 16 litros) sin inundarlo, gracias a un sistema dosificador, el cual, permite la incorporación de aire simultáneamente con la alimentación de la pulpa. Así se cambia la densidad del producto generando, entre otras características, la porosidad necesaria para la salida del agua en el proceso de sublimación y un efecto óptico por refracción de la luz que ayuda a definir el color de la pulpa de mango Tommy liofilizada. El producto liofilizado es más oscuro en la medida que se tenga un tamaño de burbuja más grande en la espumación por que, el producto molido, absorberá mayor cantidad de luz, dando la sensación de un color más oscuro. Tal efecto óptico no es considerado para el seguimiento de éste trabajo. La densidad esperada en la pulpa de mango espumada es del orden de 600 Kg/m³ a 800 Kg/m³ teniendo en cuenta que se parte de una densidad de la pulpa refinada de 1060 Kg/m³.

B.Congelación: El producto que sale de la espumadora es una mezcla heterogénea de cristales de hielo, pulpa de mango y aire que se denomina pastel. Este material se esparce en bandejas de aluminio pre-enfriadas de 30 cm x 40 cm, a un espesor de 8 mm a 1,2 cm, el cual a temperaturas cercanas a los -50⁰ C se congela rápidamente. El pastel, una vez congelado y bajo las mismas condiciones de temperatura es prequebrado, molido y tamizado, separándose en finos (debajo de malla 16) y producto liofilizable (encima de malla 16). Este ultimo producto es puesto en bandejas de liofilización por media hora más frente a la corriente de aire

de baja temperatura para que pierda el calor que se gane durante el tamizado mecánico. (1),(2)

C.Liofilización: Por medio de un perfil controlado de temperatura y alto vacío, se remueve el agua del pastel congelado, molido y seleccionado, quedando al final del proceso el producto seco. El tiempo esperado del ciclo de secado está entre 5 horas a 7 horas para una humedad final máxima del 3%, medida por el método de lampara infrarroja. El rendimiento esperado de pulpa refinada a pulpa liofilizada R2 se encuentra entre 20% a 25% y se calcula con la siguiente formula:

$$R2 = \frac{\text{Peso pulpa liofilizada}}{\text{Peso pulpa}} \times 100$$

Donde el *Peso pulpa liofilizada* se calcula al multiplicar el peso de la pulpa refinada por la suma entre la concentración de ésta pulpa y la humedad final del producto liofilizado, es decir:

$$\text{Pulpa Liofilizada} = \text{Peso de la pulpa} \times ([C] \text{ pulpa} + \text{humedad pulpa liofilizada})$$

La concentración medida a la pulpa de mango refinada se hizo en grados Brix. Para aplicarla a la formula se debe convertir a porcentaje de sólidos solubles mediante la siguiente formula:

$$[C] = 0,000293x(^{\circ}\text{Brix})^3 - 0,02468x(^{\circ}\text{Brix})^2 + 1,5504x (^{\circ}\text{Brix}) - 7,01103$$

Una vez se ha liofilizado el producto, se espera una densidad aparente entre 150 Kg/m³ a 250 Kg/m³, medida por el método de caída libre.

D.Análisis Sensorial: El análisis sensorial permite evaluar la pulpa de mango Tommy Atkins reconstituida frente a una pulpa fresca. Para ello se realizan pruebas comparativas entre jugo de mango hecho con pulpa reconstituida y con

pulpa fresca con el fin de establecer la influencia de la liofilización sobre las cualidades sensoriales de la pulpa de mango.

La metodología de este trabajo dio cumplimiento a los objetivos específicos 2.2.1, 2.2.2 y 2.2.3 así:

2.2.1 Para la determinación del mejor perfil de temperaturas se partió de la experiencia dada por la practica industrial en la Fabrica de Café Liofilizado la cual concluye que el perfil optimo de temperaturas es aquel:

- Que permita alcanzar una humedad final en el producto seco inferior al 4%.
- Que el tiempo de liofilización (ciclo) sea lo más corto posible.
- Que no permita que el producto sufra deterioro térmico

La determinación de éste perfil implico unas condiciones iguales durante la congelación, molienda, selección en el cuarto frío, llenado de las bandejas de liofilización y nivel de vacío así como el manejo de un ciclo de liofilización constante y se hizo dos veces.

2.2.2 El rendimiento total de la fruta a la pulpa liofilizada RT se obtiene de la información usada para el calculo de los rendimientos parciales de fruta a pulpa R1 y el rendimiento de pulpa a pulpa liofilizada R2. Así:

$$RT = \frac{\text{Peso de la pulpa liofilizada}}{\text{Peso de la fruta inicial}} \times \frac{SS \text{ pulpa liofilizada}}{SS \text{ fruta inicial}} \times 100$$

Para el calculo del *Peso de la pulpa liofilizada* se tomo la concentración inicial de la pulpa en grados Brix y la humedad final del producto liofilizado para establecer cuantos kilogramos de pulpa se requieren para obtener un kilogramo de pulpa de mango liofilizada, ya que la relación de peso no es válida por la corriente de finos

generada en la molienda del cuarto frío piloto, que en condiciones industriales normales se fundiría y reincorporaría al proceso.

El *Peso de la fruta inicial* es de 30Kg. Los *SS pulpa liofilizada* y *SS fruta inicial* se obtienen aplicando la formula:

$$[C] = 0,000293x(^{\circ}\text{Brix})^3 - 0,02468x(^{\circ}\text{Brix})^2 + 1,5504x (^{\circ}\text{Brix}) - 7,01103$$

A las determinaciones de concentración en grados Brix hechas durante el trabajo. Estas determinaciones se hacen para las dos corridas de obtención de pulpa liofilizada de mango.

2.2.3. El análisis sensorial permite evaluar las características organolépticas de la pulpa fresca y de la pulpa liofilizada. La evaluación se hizo aplicando el formato del [anexo 1](#) en el cual se diseñó un test comparativo para evaluar pulpa fresca, pulpa liofilizada reconstituida con agua a la misma concentración de la fresca y una mezcla por partes iguales de estas dos. De la misma forma se prepararan tres jugos (néctares) para ser comparados entre sí por el Panel de Consumidores de la Fabrica de Café Liofilizado

6. RESULTADOS

Los resultados que se muestran a continuación, corresponden al promedio de los valores obtenidos en dos repeticiones, en cada una de las cuales se tomo 4 cajas de mango (30 Kg) de la variedad Tommy Atkins, obteniendo en las operaciones unitarias los siguientes valores:

- *Peso*: La unidad de ensayo fue 30 Kg.
- *Precio*: \$ 1255 por cada kilogramo.
- *Adecuación de la fruta*: De las operaciones de adecuación de la fruta enunciadas en la metodología la operación de pelado, extracción de la semilla y refinado reportaron una generación de desperdicios 86,5 % de la fruta inicial.

De las operaciones unitarias realizadas para la obtención de la pulpa de mango, se obtuvieron los siguientes datos que son un promedio de las dos repeticiones:

- a. Peso de las pepas, cascaras, y fibras gruesas: 25,95 Kg
- b. Concentración de la pulpa: $14,5 \text{ }^\circ \text{Brix} = 0,000293x(\text{ }^\circ \text{Brix})^3 - 0,02468x(\text{ }^\circ \text{Brix})^2 + 1,5504x(\text{ }^\circ \text{Brix}) - 7,01103 = 11,17 \%$

Estos valores permiten establecer el primer rendimiento de fruta a pulpa así:

$$R1 = \frac{\text{Peso de la pulpa obtenida}}{\text{Peso total de la fruta}} \times 100 = \frac{4,05 \text{ Kg}}{30 \text{ Kg}} \times 100$$

$$\Rightarrow R1 = 13,5 \%$$

Es decir, que se requiere de 100 Kg de mangos Tommy Atkins en buen estado para obtener 13,5 Kg de pulpa refinada de 14,5 °Brix.

Con esta pulpa se iniciaron las operaciones preliminares a la liofilización así:

- *Espumación:* A la granizadora (Ver [figura 1](#)) se le construyó un sistema dosificador de tal manera que por el orificio de alimentación del intercambiador de superficie rascada ingresa simultáneamente la pulpa de mango y aire. Allí la pulpa de mango de una densidad de 1060 Kg/m^3 pasa por efecto de la homogeneización con el aire y la baja temperatura a una densidad de aproximadamente 700 Kg/m^3 .



FIGURA 1

ESPUMADORA PLANTA PILOTO

- *Congelación*: Con la ayuda de una termocupla inmersa en el pastel de mango, se estableció que el tiempo de congelación de éste es 17 minutos, lo cual implica una congelación rápida que da lugar a la formación de cristales de hielo pequeños. Una vez Congelado el pastel, se molió en el equipo que se ilustra en la siguiente [figura](#):



FIGURA 2

MOLINO CUARTO FRÍO PILOTO

La pulpa molida es seleccionada mediante tamices manuales para separar los finos del producto liofilizable (aquellos con granulometría similar a la del café liofilizado marca Buendía). Todo esto dentro del cuarto frío donde el producto se comporta como un sólido.

En condiciones industriales los finos son fundidos para ser espumados y congelados nuevamente. Para éste trabajo en particular, los finos simplemente se desecharon, ya que el rendimiento final se calculó con base en la humedad del producto liofilizado.

- *Liofilización:* Se realizó en la Cámara de liofilización de la Planta Piloto (Ver [Figura 3](#)).

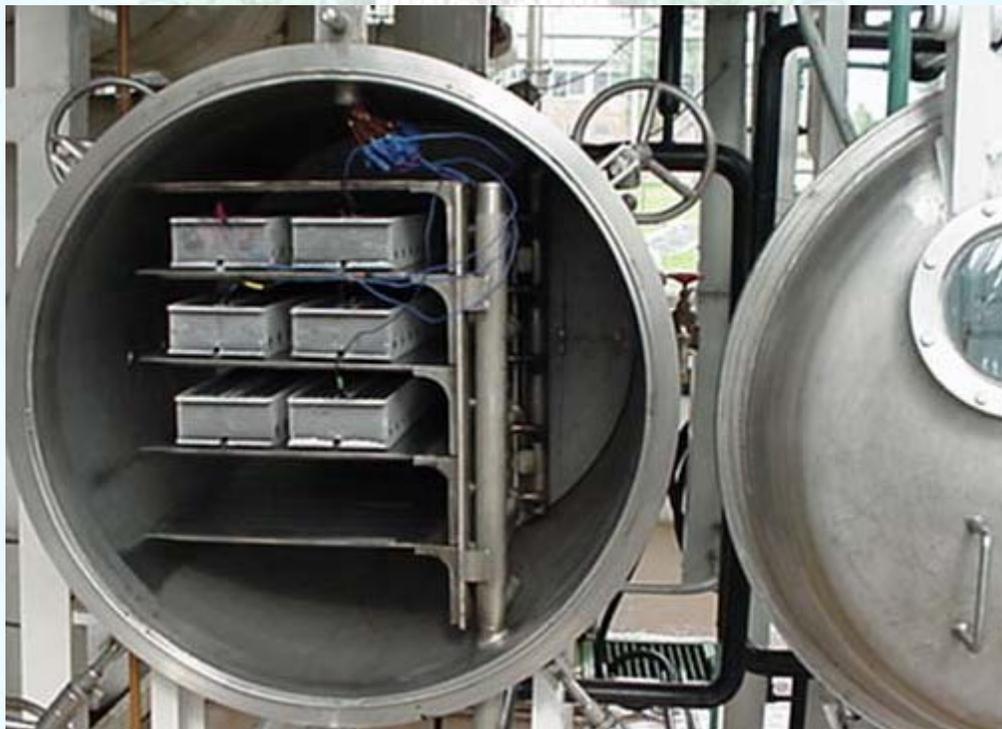


FIGURA 3

**CAMARA DE LIOFILIZACION
PLANTA PILOTO**

Los parámetros como, temperatura de la pulpa durante la liofilización, perfil de calefacción empleado, nivel de vacío y ciclo se observan en las gráficas

correspondientes a cada una de las dos liofilizaciones hechas para este trabajo ([Figuras 4 y 5](#)):

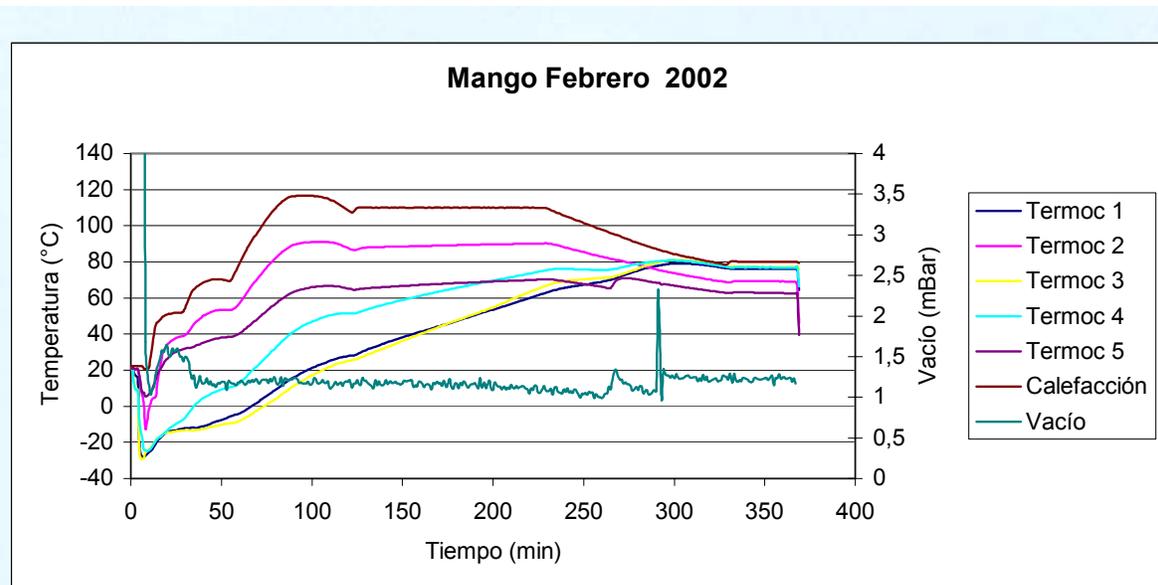


FIGURA 4

En la gráfica obtenida de la liofilización de la pulpa de mango en febrero se puede observar la estabilidad en el manejo del vacío en aproximadamente 1 milibar. El perfecto seguimiento al perfil de temperaturas programado por parte de las termocupla 2 y 5 se debió a que estas estaban libres durante este proceso de liofilización y seguramente haciendo contacto con las bandejas calefactoras. Las termoculplas 1 y 2 son las más confiables; ellas muestran como el producto inicio el proceso de liofilización en $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ y como al cabo de 6 horas (360 minutos) al terminar el ciclo, la pulpa de mango ya liofilizada se encontraba en $80\text{ }^{\circ}\text{C}$. La humedad final de éste producto en particular fue de 0,9 % medido en lamapara infrarroja. Por último la [figura 4](#) nos muestra que la termocupla 4 no quedo inmersa en le producto como debe ser, y si haciendo contacto con una de las paredes de la bandeja de liofilización.

En general ésta fue una liofilización exitosa, de donde se tomaron algunos ajustes para la liofilización de marzo.

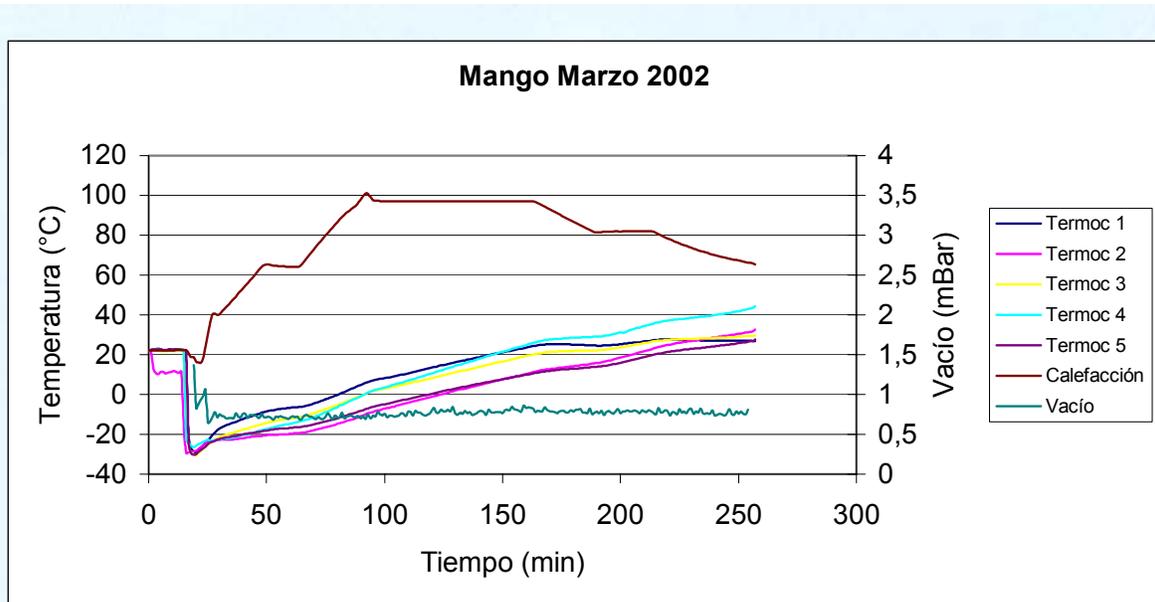


FIGURA 5

En la liofilización de marzo se observó un perfil de temperaturas con unas rampas más definidas y próximas al setpoint programado, esto se debió al uso de agua de refrigeración en el intercambiador secundario durante toda la liofilización, lo que facilitó al programa seguir el perfil predeterminado. Todas las termocuplas tuvieron un comportamiento similar y a diferencia de la liofilización de febrero, ninguna alcanzó la temperatura del perfil ya que buscamos manejar un ciclo más corto (270 minutos, 4 ½ horas) y menor temperatura final del producto (38 °C) con el fin de conservar los aromas y sabores en la pulpa de mango liofilizada. La humedad final obtenida en éste producto en particular fue del 2%. Se manejó un mayor nivel de vacío (0,7 %) ya que buscaba eliminar la misma cantidad de agua en un menor tiempo.

Un ciclo lo más corto posible y una humedad final inferior al 3% son indicadores de haber usado un buen perfil de calentamiento. El éxito de éste trabajo en la

escogencia del perfil se debió a las recomendaciones tomadas de estudios previos realizados para la liofilización de extracto de café a diferentes concentraciones que reposan en el centro de documentación de la Fabrica de café Liofilizado los cuales sugieren calentamiento rápido y buen tiempo de sostenimiento en altas temperatura para productos diluidos como es el caso de la pulpa de mango cuya concentración es de 11,17%.

Estas dos gráficas y su análisis dieron cumplimiento al objetivo específico No 2.2.1 “Determinar el mejor perfil de calentamiento durante la liofilización de pulpa de mango Tommy Atkins”.

Con la humedad final promedio de la pulpa de mango liofilizada de 1,5% se puede calcular el rendimiento R2 correspondiente al paso de pulpa a pulpa liofilizada. Como se mencionó anteriormente el haber desechado los finos obliga a calcular la cantidad de producto liofilizado que hubiera obtenido multiplicando la pulpa inicial por la concentración final así:

$$\text{Pulpa Liofilizada} = \text{Peso de la pulpa} \times ([C] \text{ pulpa} + \text{humedad pulpa liofilizada})$$

$$\text{Pulpa liofilizada} = 4,05 \text{ Kg} \times (0,1117 + 0,015) = 0,5131 \text{ Kg}$$

$$\Rightarrow R2 = \frac{\text{Peso pulpa liofilizada}}{\text{Peso pulpa}} \times 100 = \frac{0,5131 \text{ Kg}}{4,05 \text{ Kg}} \times 100$$

$$\Rightarrow R2 = 12,67 \%$$

Así pues el siguiente es el rendimiento total RT:

$$RT = \frac{\text{Peso de la pulpa liofilizada}}{\text{Peso de la fruta inicial}} \times \frac{SS \text{ pulpa liofilizada}}{SS \text{ fruta inicial}} \times 100 = \frac{0,5131 \text{ Kg}}{30 \text{ Kg}} \times \frac{0,98}{0,1117} \times 100$$

$$RT = 15,0026 \%$$

Es decir que se requiere 100 Kg de mango variedad Tommy Atkins con humedad inicial promedio de 88,83 % para obtener 15 Kg de pulpa de mango liofilizada de una concentración de 98,5 %. Dando con esta información cumplimiento a lo requerido por el objetivo específico 2.2.2 “Determinar rendimiento en la obtención de pulpa de mango Tommy Atkins liofilizado”.

La densidad del producto final fue de 170 Kg/m³ inferior a la del café liofilizado (aproximadamente 240 Kg/m³) a pesar de haber obtenido una densidad de espumación similar y una molienda en el cuarto frío igual; esto se puede explicar por la rápida congelación que convirtió la gran cantidad de agua contenida en la pulpa de mango, en muchos pequeños cristales que al sublimarse durante la liofilización dejaron atrás espacios vacíos, dando a la pulpa liofilizada una porosidad superior a la del café liofilizado.

Por último la evaluación sensorial de la pulpa de mango liofilizada permitió, con ayuda del panel de catadores internos de la Fabrica de Café Liofilizado y como cumplimiento al objetivo específico No 2.2.3 “Evaluar el efecto de la liofilización sobre las características sensoriales de la pulpa de mango Tommy Atkins”, concluir lo siguiente:

- El aroma tanto en el producto deshidratado como en la infusión reconstituida se potencia con la liofilización.
- El sabor de la pulpa reconstituida y el color (ver [Figura 6](#)) es indiscutiblemente diferente al de la pulpa sin tratamiento térmico, por lo que un tratamiento estadístico a las pruebas sensoriales de diferenciación no es conducente a nada, sin embargo su aceptación o rechazo no tuvo un criterio unificado en el panel de catación. Esta diferencia radicó en un notorio dulzor en la pulpa

reconstituida a la misma concentración de la que no recibió tratamiento térmico.



FIGURA 6

- 1- PULPA DE MANGO SIN TRATAMIENTO TERMICO**
- 2- PULPA DE MANGO LIOFILIZADA RECONSTITUIDA**

- Un consenso general fue que el consumo de la pulpa de mango liofilizada directamente, sin reconstitución, ofrecía una nueva y muy agradable experiencia sensorial.
- La pulpa de mango liofilizada reconstituida sólo presenta una apariencia homogénea si el procedimiento de reconstitución se hace con ayuda de fuerte agitación mecánica (a mano o licuadora).
- La pulpa de mango liofilizada y reconstituida mezclada con la pulpa sin tratamiento térmico tuvo una interesante aceptación.

7. PRESUPUESTO EJECUTADO

- MATERIA PRIMA: MANGOS VARIEDAD TOMMY
ATKINS Y FLETES \$ 70.000.00
- MANO DE OBRA \$ 400.000.00
- FABRICACION DE DISPOSITIVO DE ESPUMADO \$ 150.000.00
- 8 DIAS DE PLANTA PILOTO \$4'000.000.00

TOTAL **\$4'620.000.00**

COSTOS

Los costos de la investigación excepto la materia prima fueron asumidos por la Fabrica de Café Liofilizado.

8. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

FIGURA 7

ACTIVIDADES	2001			2002		
	Octu	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar
Revisión Bibliográfica						
Realización de primera corrida de prueba						
Realización de segunda corrida de prueba						
Determinaciones físicas y sensoriales						
Redacción y presentación del trabajo final						ABRIL

ACTIVIDADES PROGRAMADAS



ACTIVIDADES EJECUTADAS



9. CONCLUSIONES

1. El rendimiento de fruta a pulpa calculado después de las dos repeticiones programadas fue de 13,5 % inferior al esperado para éste proceso experimental (de 15% A 20%) y lógicamente inferior al reportado por la literatura para industrialización de pulpas que es del 25%. El rendimiento total RT, es decir de fruta a pulpa liofilizada con una humedad de 1,5 % fue de 15%. Este bajo rendimiento se compensa por la ventaja comercial de tener un producto natural deshidratado de gran duración.
2. La liofilización a pesar de ser un tratamiento térmico suave de gran conservación de aromas, ocasiona un incremento en el dulzor de la pulpa reconstituida, posiblemente por la migración de los ácidos con el agua sublimada, los cuales más volátiles que los azúcares y enmascaran éstos en la pulpa sin liofilizar. Existe además una pequeña diferencia de color entre la pulpa de mango y la pulpa liofilizada reconstituida que es un poco más oscura (ver [Figura 6](#)), lo cual evidencia algo de caramelización, lo que da un incremento adicional al dulzor.
3. La humedad final del producto (1,5 %) permite la conservación de éste hasta por tres años en condiciones adecuadas de empaque que garanticen buena barrera al vapor y al oxígeno. La siguiente figura es una ilustración de lo que podría ser el empaque de la pulpa de mango liofilizada.



FIGURA 8

PULPA DE MANGO VARIEDAD TOMMY ATKINS LIOFILIZADA EN ENVASE DE VIDRIO

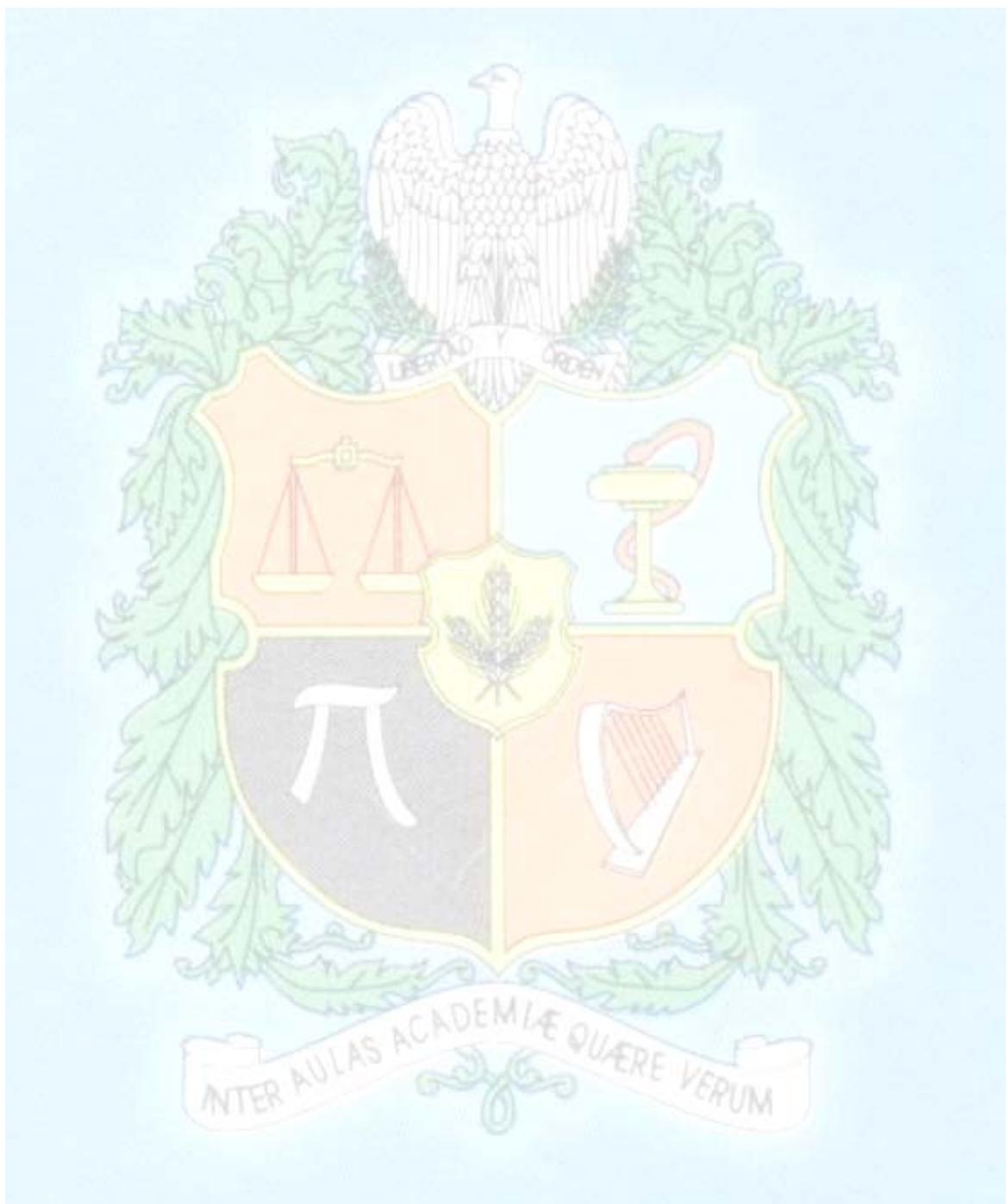
4. El ciclo de liofilización de 4,5 horas es corto y eficiente si tenemos en cuenta que hacemos pasar la pulpa de mango de una humedad de 88,83% a 1,5%. Es bueno recordar que entre más corto sea el ciclo de liofilización y menores las temperaturas empleadas, menor va a ser la pérdida de compuestos aromáticos y el costo energético del procedimiento.

10. BIBLIOGRAFIA

1. CLARKE, R.J. y MACRAE, R. Coffee Technology. Londres. Elsevier Applied Science P. Ltda 1985. Centro de documentación Fabrica de Café Liofilizado.
2. FELLOWS, Peter. Tecnología del Procesado de los Alimentos. Dept. Catering Management. Oxford Polytechnic; Editorial Acribia S.A. 1994. Biblioteca Universidad de Caldas
3. VILLAMIZAR, Fanny; OSPINA, Julio. Frutas y Hortalizas Manejo de Tecnología Postcosecha; SENA. 1995. Copias recibidas durante la especialización en Ciencia y Tecnología de Alimentos.
4. WILEY, Robert. Frutas y Hortalizas Mínimamente Procesadas y Refrigeradas. Editorial Acribia, S.A. 1997. Biblioteca Universidad Nacional seccional Manizales.
5. INTERNET, Pagina www.fao.org/inpho/vlibrary/x00295/x0029500.htm#contents.
6. ENCICLOPEDIA, Microsoft Encarta 2002. Microsoft Corporation.
7. RODRIGUEZ P, A.R. Liofilización de frutas tropicales, mango y mora. Santa Fé de Bogotá (Colombia), Universidad Nacional. Facultad de Ingeniería, 1989. 171 p. 30.
8. GARCIA M., M.C; RIAÑO L., C.E. Influencia de algunas variables sobre el proceso de deshidratación osmótica de mango, banano y aguacate. Cenicafé (Colombia) 48(2):109-119. 1997.

9.INTERNET,Pagina

www.elspectador.com/2001/20010607/la_revista/nota8.htm.



ANEXO 1: Formato de Encuesta

UNIVERSIDAD NACIONAL SEDE MANIZALES

ESPECIALIZACIÓN EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS

Análisis Sensorial Panel de Consumidores Fábrica de Café Liofilizado

NOMBRE: _____

FRUTA: _____

1. Ordene según su nivel de preferencia las pulpas entregadas:

1 _____ 2 _____ 3 _____

OBSERVACIONES:

Pulpa 1 _____

Pulpa 2 _____

Pulpa 3 _____

2. Ordene según su nivel de preferencia los néctares entregados:

1 _____ 2 _____ 3 _____

OBSERVACIONES:

Néctar 1 _____

Néctar 2 _____

Néctar 3 _____

NO DILIGENCIAR ESTA SECCIÓN

IDENTIFICACION DE LAS MUESTRAS:

Pulpa 1 _____

Pulpa 2 _____

Pulpa 3 _____

Néctar 1 _____

Néctar 2 _____

Néctar 3 _____

OBSERVACIONES

