



**MICROENCAPSULACIÓN DEL JUGO DE MANGO (*Mangifera Indica L.*) PARA  
LA OBTENCIÓN DE UN CONCENTRADO CON LA UTILIZACIÓN DE  
MALTODEXTRINA COMO MATERIAL PARED**



**KAREN MARGARITA CAEZ FUENTES**

**NATIVIDAD JARABA CASTRO**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA**

**FACULTAD DE INGENIERIAS  
PROGRAMA DE INGENIERIA DE ALIMENTOS  
CARTAGENA DE INDIAS D. T. y C. NOVIEMBRE  
2012**



**MICROENCAPSULACIÓN DEL JUGO DE MANGO (*Mangifera Indica L.*) PARA  
LA OBTENCIÓN DE UN CONCENTRADO CON LA UTILIZACIÓN DE  
MALTODEXTRINA COMO MATERIAL PARED**

**KAREN MARGARITA CAEZ FUENTES**

**NATIVIDAD JARABA CASTRO**

**Trabajo de grado presentado para optar el título de Ingeniero de Alimentos**

**Director**

**LUIS ENRIQUE GUZMÁN CARRILLO**

**Ingeniero de Alimento**

**UNIVERSIDAD DE CARTAGENA  
FACULTAD DE INGENIERIA  
PROGRAMA DE INGENIERIA DE ALIMENTO  
CARTAGENA DE INDIAS D. T. y C. NOVIEMBRE  
2012**



**NOTA DE APROBACIÓN DEL JURADO**

---

---

---

---

**PRESIDENTE DEL JURADO**

---

**JURADO**

---

**JURADO**

**CARTAGENA DE INDIAS D. T. y C. NOVIEMBRE DEL 2012**



***La Universidad de Cartagena ni el jurado examinador, se hacen responsables de los conceptos emitidos en el presente trabajo.***

**CARTAGENA DE INDIAS D. T. y C. NOVIEMBRE 2012**



## DEDICATORIA

*A Dios por mostrarme día a día que con humildad, paciencia y sabiduría todo es posible.*

*A mis padres Hortensia y José, quienes con su amor, apoyo y comprensión incondicional estuvieron siempre a lo largo de mi formación profesional.*

*A Jorge, que siempre tuvo una palabra de aliento en los momentos difíciles y lo llevo en mi corazón.*

*A mis hermanos, por sus ánimos.*

*A yasmí y mis sobrinos Keily, Lauren y Miguel Ángel ¡los quiero mucho!*

*Karen Margarita Caez Fuentes*

*A Dios.*

*Por permitirme llegar a este momento tan especial en mi vida. Por los triunfos y los momentos difíciles que me han enseñado a valorarte cada día más.*

*A ti Madre.*

*Betty Castro Espinosa, por haberme educado y soportar mis errores. Gracias a tus consejos, por el amor que siempre me has brindado, por cultivar e inculcar ese sabio don de la responsabilidad. ¡Gracias por darme la vida! ¡Te quiero mucho!*

*A mi abuela y demás familiares por tener fe en mí.*

*Natividad Jaraba Castro*



## **AGRADECIMIENTOS**

Agradecemos en primer lugar a Dios, por protegernos durante todo este camino y darnos fuerzas para superar obstáculos y dificultades. A él que con su infinito amor nos ha dado la sabiduría suficiente para culminar nuestra carrera universitaria.

Queremos expresar nuestro más sincero agradecimiento, reconocimiento y cariño a nuestros padres por todo el esfuerzo que hicieron para darnos una profesión y hacer de nosotras personas de bien, gracias por los sacrificios y la paciencia que demostraron todos estos años; gracias a ustedes hemos llegado a donde estamos.

Agradecemos también de manera especial a nuestros profesores por guiarnos en el transcurso de nuestra formación académica. Al grupo de investigación GITFCA, dirigido por el Dr. Germán Matiz Melo quién con sus conocimientos y apoyo nos orientó en el desarrollo de la presente tesis.



## TABLA DE CONTENIDO

	pág.
RESUMEN.....	14
INTRODUCCIÓN .....	15
1. MARCO TEORICO .....	17
1.1 MICROENCAPSULACIÓN .....	17
2.2 MATERIALES PARED UTILIZADOS .....	20
2.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS MICROCÁPSULAS.....	23
2.4 PROCESOS PARA PREPARAR MICROCÁPSULAS.....	24
2.4.1.2. Polímero- polímero incompatible, .....	25
2.4.2.2. Enfriamiento tras atomización (Spray chilling).....	27
2.4.2.3. Recubrimiento en lecho fluido .....	28
2.4.2.4. Disco giratorio con orificios múltiples.....	29
2.4.3. Microencapsulación mediante secado por atomización.....	31
2.5. MANGO ( <i>Mangífera indica</i> ). .....	39
2.5.1. Demanda de mango .....	39
2.5.2. Composición del mango.....	41
2.5.3. Contenido nutricional. ....	42
2.5.4. Cosecha y maduración del mango. ....	43
2.5.5 Conservación del mango. ....	43
2.5.6 Variedades .....	44
2.6. EVALUACIÓN SENSORIAL.....	53
3. JUSTIFICACION .....	55



4. OBJETIVOS.....	57
4.1 OBJETIVO GENERAL.....	57
4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	57
5. METODOLOGÍA .....	58
5.1 .CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO .....	58
5.1.1. Tipo de investigación .....	58
5.1.2. Universo de estudio .....	58
5.1.3. Criterios de selección .....	58
5.1.4. Criterios de inclusión.....	58
5.1.5. Criterios de exclusión .....	59
5.1.6. Recolección del material vegetal .....	59
5.2 . PROCEDIMIENTO.....	59
5.2.1 Etapa 1: obtención de la pulpa de variedad de Mango de Azúcar ( <i>Mangifera Indica</i> L).....	59
5.2.2 Etapa 2: Caracterización fisicoquímica y bromatológica de la pulpa de variedad de Mango de Azúcar ( <i>Mangifera Indica</i> L).....	61
5.2.3. Etapa 3: Microencapsulación por secado por aspersion .....	64
5.2.4 Etapa 4: Caracterización fisicoquímica y bromatológica del microencapsulado de Mango de Azúcar ( <i>Mangifera Indica</i> L), en las diferentes condiciones. ....	64
5.2.5. Análisis sensorial.....	66
6. RESULTADOS Y DISCUSION .....	67
6.1 ETAPA 1: obtención de la pulpa de variedad de Mango de Azúcar ( <i>Mangifera Indica</i> L).....	67
6.2 ETAPA 2: Caracterización fisicoquímica y bromatológica de la pulpa de variedad de Mango de Azúcar ( <i>Mangifera Indica</i> L).....	67
6.3 ETAPA 3: Microencapsulación mediante secado por aspersion. ....	69



6.4 ETAPA 4: Caracterización fisicoquímica y bromatológica del microencapsulado de Mango de Azúcar ( <i>Mangifera Indica</i> L), en las diferentes condiciones. ....	70
6.5 ANÁLISIS SENSORIAL.....	73
7.CONCLUSIÓN.....	75
8. RECOMENDACIONES .....	77
BIBLIOGRAFIA.....	78
ANEXOS.....	84



## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Estructura general de una microcápsula.	15
<b>Figura 2.</b> Imágenes de microcápsulas de diferentes diámetros con un mismo volumen de material activo y de material de cubierta	16
<b>Figura 3.</b> Morfología de los diferentes tipos de microcápsulas	17
<b>Figura 4.</b> Formación de microcápsulas por coacervación compleja	23
<b>Figura 5.</b> Esquema del sistema de boquilla de dos fluidos sumergida	24
<b>Figura 6:</b> Cámara de Wüster	27
<b>Figura 7.</b> Sistema de microencapsulación por discos giratorios	28
<b>Figura 8.</b> Sistema de secado por atomización típico	29
<b>Figura 9.</b> Tipos de flujo. Por orden: flujo co-corriente, contracorriente y combinado	33
<b>Figura 10.</b> Esquema de un ciclón utilizado para la separación de partículas	34
<b>Figura 11.</b> Mango de azúcar ( <i>Mangifera Indica</i> L).	46



<b>Figura 12.</b> Tabla de color de mango de azúcar	47
<b>Figura 13.</b> Diagrama de la obtención de la pulpa de variedad de Mango de Azúcar ( <i>Mangifera Indica</i> L).	58
<b>Figura 14.</b> Determinación del contenido de proteínas de la pulpa de Mango de Azúcar ( <i>Mangifera Indica</i> L).	61
<b>Figura 15.</b> Mango de Azúcar ( <i>Mangifera Indica</i> L).	65
<b>Figura 16.</b> Determinación del porcentaje (%) de rendimiento del concentrado de la variedad de Mango de Azúcar ( <i>Mangifera Indica</i> L). En la gráfica se presenta el porcentaje (%) de rendimiento vs Temperatura de entrada (°C).	67
<b>Figura 17.</b> Tamaño de microcápsulas del jugo de mango microencapsulado por el método de secado por aspersion utilizando diferentes temperaturas de entrada. A) 120°C B) 140°C y C) 160°C	69
<b>Figura 18.</b> Determinación del porcentaje (%) de Aceptabilidad del jugo rehidratado de Mango	71



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Tipos de coberturas utilizadas en microencapsulación	19
<b>Tabla 2.</b> Rango de tamaños de gota obtenidos en el atomizado	31
<b>Tabla 3.</b> Influencia de las variables del secado por atomización	36
<b>Tabla 4.</b> Composición nutricional del mango	40
<b>Tabla 5.</b> Caracteres principales de las variedades de mangos recomendadas para siembras comerciales	43
<b>Tabla 6.</b> Límite inferior para el promedio del contenido de azúcar por color expresado en °Brix	48
<b>Tabla 7.</b> Límite superior para el promedio del contenido de acidez por color expresada en % de ácido cítrico	48
<b>Tabla 8.</b> Valores mínimos de pH, de acuerdo con la tabla de colores.	48
<b>Tabla 9.</b> Clasificación de las pruebas sensoriales.	52
<b>Tabla 10.</b> Condiciones ideales para la obtención del microencapsulado de Mango de Azúcar ( <i>Mangifera Indica</i> L)	63
<b>Tabla 11.</b> Caracterización fisicoquímicas y bromatológicas de la pulpa de variedad de Mango de Azúcar ( <i>Mangifera Indica</i> L)	66
<b>Tabla 12.</b> Tamaño de partícula	68
<b>Tabla 13.</b> Comparación de medidas de las variables evaluadas en el jugo microencapsulado seco (polvo)	70
<b>Tabla 14.</b> Análisis fisicoquímico del jugo microencapsulado rehidratado.	71



## LISTA DE ABREVIATURAS

HCl	Ácido clorhídrico
NaOH	Hidróxido de sodio
T	Temperatura
pH	Potencial de Hidrógeno
g	gramos
mL	mililitros
°C	Grados Centígrados
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Sulfato de Potasio
CuSO <sub>4</sub>	Sulfato de Cobre II
ND	No Date
b.s.	Base seca
min.	Minutos
ppm	Partes por millón



## RESUMEN

Es de gran importancia para el desarrollo de la industria nacional, realizar trabajos de investigación donde se utilicen materias primas autóctonas de nuestro país, como es el caso del Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L), y así abrir nuevas posibilidades de comercialización diferentes al mercado fresco. La presente investigación tuvo como propósito realizar un microencapsulado del jugo de mango (*Mangifera indica* L.) para la obtención de un concentrado con la utilización de maltodextrina como material pared.

El secado por aspersion ha sido usado como una técnica para encapsular alimentos conservando sus propiedades nutricionales. Para este estudio se cosecharon frutos en madurez fisiológica, se seleccionaron por sanidad y lavaron. Se obtuvo el rendimiento en peso de cascara (18,59%), semillas (17,67%) y pulpa (63,09%). La pulpa se caracterizó en cuanto a pH  $5,18 \pm 0,02$ , humedad  $85,643 \pm 0,035\%$ , sólidos solubles totales  $13,2 \pm 0,1^\circ\text{Bx}$ , acidez titulable  $0,049 \pm 0,0036$  (como ácido cítrico), cenizas  $0,376 \pm 0,018$  y proteína  $0,59 \pm 0,046$ .

Al jugo de Mango se le adicionó maltodextrina DE 19 como agente encapsulante a una concentración del 12,5% b.s. Las condiciones de operación del Secador por Aspersion fueron: temperatura de aire de entrada: 120, 140 y 160°C, temperatura de aire de salida de 80, 88 y 90°C respectivamente.

Determinándose que la temperatura de 140°C, se obtuvo un polvo microencapsulado con  $2,030 \pm 0,108$  % de humedad, cenizas  $0,429 \pm 0,065\%$  y rendimiento 52.9% por lo cual se encuentra entre los rangos recomendados para productos en polvo.

**Palabras claves:** Microencapsulación, mango, secado por aspersion, matodextrina, encapsulante.



## INTRODUCCIÓN

Los países tropicales y subtropicales son productores de una gran variedad de frutas que por sus características exóticas de aromas, sabores y contenidos nutricionales son muy apreciadas por la industria alimentaria, para el desarrollo de nuevas técnicas donde se obtengan productos sanos, de excelente calidad, con características sensoriales variadas y fácil uso.

La mayoría de estas frutas tienen problemas de estacionalidad en las cosechas y alta perecibilidad, ya que por sus contenidos de agua son susceptibles al deterioro por reacciones enzimáticas, químicas y acción microbiana. Uno de los ejemplos típicos es el mango de variedad azúcar, donde la producción nacional alcanza volúmenes considerables en periodos de cosechas, que bajan los precios internos haciendo menos competitivo al sector frutícola, adicionalmente, por dificultades para el transporte e inadecuado manejo postcosecha, se generan grandes pérdidas económicas.

Desde el punto de vista comercial existen más de quinientas variedades con un mercado muy competido, por lo que se adelantan nuevas estrategias de ampliación de destinos para el producto, intereses comunes por la calidad y consistencia, nuevos productos, tecnologías aplicadas a la conservación y procesamiento de la fruta.

El secado de frutas es una técnica cada vez más utilizada, que busca reducir el contenido de agua de estos productos que generalmente tienen humedades superiores al 80% como fruta fresca y así lograr prolongar su vida útil. Sin embargo las técnicas de deshidratación son muy variadas, y como es conocido



que las propiedades de calidad de los productos deshidratados dependen fundamentalmente del método de secado empleado. Los polvos obtenidos por aspersion representan una alternativa viable para conseguir productos de alto valor comercial debido a, reduccion del peso, facilidad de conservacion, calidad del producto en general y por la diversidad en su uso.

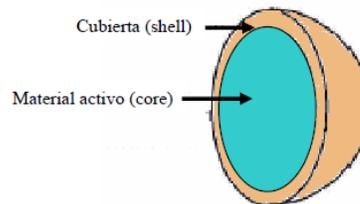
Actualmente los productos alimenticios en polvo elaborados a partir de frutas y verduras con buenas propiedades nutritivas y de hidratacion son de interes en la industria alimentaria, por lo cual el objetivo de esta investigacion fue obtener un concentrado en polvo de mango de variedad azucar mediante secado por aspersion



## 1. MARCO TEORICO

### 1.1 MICROENCAPSULACIÓN

La microencapsulación es el proceso por el cual partículas individuales o gotas de un material activo (core) se rodean por una cubierta (shell) para producir capsulas en el rango de micras a milímetros, conocidas como microcápsulas. Cuando las partículas poseen un tamaño inferior a  $1\ \mu\text{m}$ , el producto resultante del proceso de encapsulación recibe la denominación de “nanocápsulas” (Vila Jato, 1997). La microcápsula más simple posee una estructura que está compuesta por dos elementos, el material activo y una delgada pared que envuelve al primero (Figura 1).



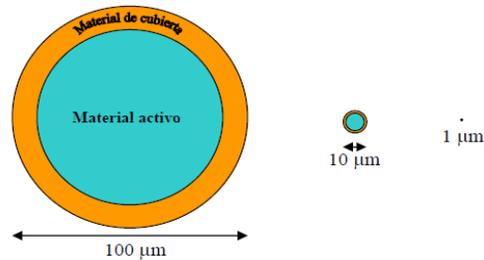
**Figura 1.** Estructura general de una microcápsula

Si consideramos un mismo volumen de material, el área superficial que se consigue con nanocápsulas esféricas en comparación con microcápsulas esféricas es mucho mayor.

Así, por ejemplo, con esferas de  $100\ \mu\text{m}$  se consiguen áreas de  $60\ \text{cm}^2/\text{mL}$ , mientras que con esferas de  $1\ \mu\text{m}$  de diámetro se consiguen áreas de  $6.000\ \text{cm}^2/\text{mL}$ , es decir, 100 veces mayores (Figura 2). Si consideramos la estructura de una microcápsula simple, y queremos utilizar un mismo volumen de material activo y de material de cubierta la relación de diámetros (interno vs externo) debe ser de 0.794. Esto significa que una microcápsula de  $100\ \mu\text{m}$  tendrá un espesor de 10.3



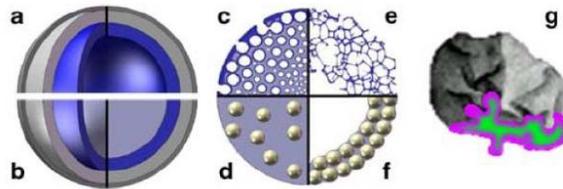
$\mu\text{m}$ , mientras que una microcápsula de  $1 \mu\text{m}$  la tendrá de  $0.1 \mu\text{m}$ . Así, la “protección” del material activo será más efectiva en las partículas grandes.



**Figura 2.** Imágenes de microcápsulas de diferentes diámetros con un mismo volumen de material activo y de material de cubierta

Existen diferentes tipos de microcápsulas más complejas, que según su estructura las podemos clasificar como: *microcápsulas de sistema reservorio o capsular* y *microcápsulas en sistema matricial*:

- Sistema reservorio o capsular: el material activo se encuentra incluido en una especie de reservorio, que puede ser de naturaleza líquida o sólida, el cual se haya envuelto por una fina película del material de recubrimiento. En la figura 3 puede observarse el caso de una partícula con el interior lleno (figura 3a), o bien con el interior parcialmente vacío creando una microcápsula hueca (figura 3b).
- Sistema matricial: el material activo se encuentra altamente disperso en la matriz polimérica. Podemos tener una estructura en forma de espuma en donde el material activo se encuentre repartido en toda la microcápsula y la cubierta o bien permanece intacta (figura 3c) o bien en una estructura abierta en forma de red (figura 3e). También podemos encontrar microcápsulas en las que el material activo está disperso en la matriz que sirve como cubierta, tanto como esfera llena (figura 2d) como en la periferia (figura 2f). Un ejemplo de microcápsulas tipo 2d sería el uso de nanopartículas como material activo. La forma de las microcápsulas podrá ser esférica o bien presentar una forma irregular (figura 3g).



**Figura 3.** Morfología de los diferentes tipos de microcápsulas (Vehring, 2008)

Dependiendo de las características fisicoquímicas del material activo, de la composición de la pared, y de la técnica usada del microencapsulación, se podrán obtener los diversos tipos de partículas explicados anteriormente.

El propósito general de la microencapsulación es producir partículas que controlan el transporte de masa, siendo la pared de la microcápsula la encargada de controlar la difusión del componente activo de la microcápsula (Vilstrup, 2004).

La aplicación de la microencapsulación alcanza campos muy variados:

- ✚ En la agricultura se utiliza al formular algunos insecticidas, fungicidas y en los fertilizantes de cesión lenta.
- ✚ En la industria alimentaria las microcápsulas se emplean para mantener la calidad de sustancias grasas, aceites, colorantes, saborizantes y aromatizantes. Estas liberan el material que contienen durante la preparación de las comidas o tras la ingestión.

En el caso de microencapsulado de componentes alimenticios la función del encapsulado ofrece muy diferentes posibilidades:

- Proteger los componentes alimenticios como harinas, vitaminas, o sales del oxígeno, el agua y la luz.



- Mejorar el manejo de líquidos para convertirlos en polvos libres para que se puedan incorporar en otras comidas.
- Aislar durante el almacenaje ciertos componentes específicos de alimentos de otros componentes reactivos.
- ✚ En cosmética y perfumería, es también frecuente su uso. Microcápsulas con sustancias olorosas liberan el perfume al frotar suavemente tras su aplicación.
- ✚ En farmacia reducen el efecto directo irritante causado por algunos medicamentos en la mucosa gástrica. Consiguen una liberación sostenida o controlada del principio activo a partir de la forma farmacéutica, y también que la liberación se produzca a modo de pulsos o a un determinado pH.

## 2.2 MATERIALES PARED UTILIZADOS

Desarrollos recientes se han hecho con nuevos acarreadores, incluyendo coloides y gomas naturales, para la obtención de mezclas que permitan incrementar la retención de compuestos volátiles y la vida de anaquel de las microcápsulas. Se ha conseguido la retención de aceites esenciales de naranja y disminuido su oxidación al usar goma arábica.



**Tabla 1.** Tipos de coberturas utilizadas en microencapsulación (Yáñez Fernández *et al.*, 2005).

<b>Tipo de cobertura específica</b>	
<b>Gomas</b>	Gomas arábica, agar, alginato de sodio, carragenina.
<b>Carbohidratos</b>	Almidón, dextranos, sacarosas, jarabes de maíz.
<b>Lípidos</b>	Ceras, parafinas, ácido esteárico, mono glicéridos, diglicéridos, aceites, grasas.
<b>Materiales inorgánicos</b>	sulfato de calcio, silicatos

El someter el jugo de las frutas a un proceso de secado favorece una vida de almacenamiento larga a temperaturas ordinarias ya que al secar el jugo se obtiene un producto estable, de fácil manejo y reconstitución con características semejantes al jugo original. Sin embargo, el secado de los jugos de frutas y otros productos con alto contenido de azúcares presenta dificultades técnicas debido a su higroscopicidad y termoplasticidad a altas temperaturas y humedades. Por esta razón, se recurre a la microencapsulación para la producción de jugos en polvo (Gabas *et al*)

El término pegajosidad o *stickiness* hace referencia a los fenómenos de cohesión partícula-partícula y de adhesión partícula-pared que presentan los polvos obtenidos, lo que dificulta su presentación y mancha las paredes de los cilindros de secado, al quedar en la pared del compartimiento como un jarabe; da lugar a bajas producciones del producto y a problemas operacionales. La cohesión es una propiedad interna del polvo y una medida de las fuerzas que mantienen unidas las partículas, mientras que la adhesión es una propiedad interfacial y una medida de las fuerzas que mantienen las partículas unidas a otro material. La mayor causa



de la pegajosidad en polvos amorfos de jugos es la acción plastificante del agua en la superficie, que da lugar a la adhesión y cohesión (Lozano-Berna M. 2009).

En la industria alimentaria se utilizan diferentes materiales como encapsulantes, tales como: carbohidratos, ésteres, gomas, lípidos, proteínas y materiales inorgánicos, dentro de los carbohidratos las maltodextrinas son importantes para la preparación de jugos que van a ser secados por aspersion, ya que son incoloras, inodoras y de baja viscosidad a altas concentraciones, además permiten la formación de polvos de libre flujo sin enmascarar el sabor original (García Gutiérrez. 2004)

Las maltodextrinas son materiales solubles en agua y protegen el ingrediente encapsulado de la oxidación, tienen baja viscosidad y están disponibles en diferentes pesos moleculares lo que proporciona diferentes densidades de pared alrededor de los materiales sensibles (Ersus S. y Yurdagel U. 2007). Estos polisacáridos consisten de unidades de  $\beta$ -D-glucosa unidas principalmente por enlaces glucosídicos (1-4) y se clasifican por lo general de acuerdo con su equivalente de dextrosa (DE). El DE de una maltodextrina determina su capacidad de reducir y es inversamente proporcional a su peso molecular. Se utilizan principalmente en los materiales que son difíciles de secar como los jugos de frutas, aromas y edulcorantes con la finalidad de reducir la viscosidad y los problemas de aglomeración durante el almacenamiento, con lo que la mejora de la estabilidad del producto (García Gutiérrez. 2004)

Para el secado por atomización de jugos se han utilizado maltodextrinas y jarabes de glucosa. Cabe señalar como ejemplos el secado por atomización de jugo de sandia con maltodextrinas 9 DE (Quek, S.Y., Chok, N.K. y Swedlund, P. 2007), jugo de piña con maltodextrina 10 DE (Abadio, F.D.B. et al 2004) de jugo de mango con maltodextrina 20 DE (Cano-Chauca Milton, 2005), o de jugo de



acerola con jarabe de glucosa 25 DE (Righetto, A.M., y Netto, F.M. 2005).

Las características finales de un producto en polvo obtenido por secado por aspersión dependen de algunas variables de proceso, tales como las características del líquido (sólidos y viscosidad), el tipo y mecanismo de funcionamiento del atomizador, y las características del aire de secado (Tonon R. V *et al* 2008)

### **2.3 CARACTERIZACIÓN DE LAS MICROCÁPSULAS**

Las microcápsulas deben ser caracterizadas y controladas de acuerdo con unos ensayos que aseguren su calidad y homogeneidad, así como su comportamiento en la liberación del material activo.

Ensayos característicos que se suelen realizar a las microcápsulas son:

- a) Características morfológicas, tamaño de partícula, estructura interna, densidad.
- b) Rendimiento de producción.
- c) Eficacia de la encapsulación y contenido en material activo.
- d) Estudio de liberación del material activo.
- e) Estado físico e interacciones polímero-material activo.



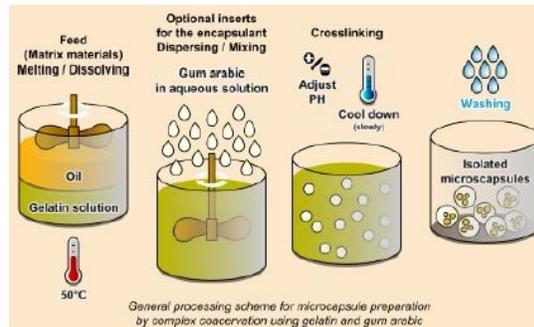
## 2.4 PROCESOS PARA PREPARAR MICROCÁPSULAS

Como visión general de la microencapsulación, decir que existen algunos tipos de procesos que están basados exclusivamente en fenómenos físicos, otros usan reacciones químicas de polimerización para producir la pared de la cápsula, y otros combinan los métodos físicos y químicos. Como existen muchos tipos de microencapsulación se van a clasificar de acuerdo con la bibliografía consultada en dos grupos (Vilstrup, 2004):

- ✚ Procesos de microencapsulación de Tipo A, basados en procesos químicos: Entre los procesos de microencapsulación de tipo A se encuentra: *coacervación compleja, polímero-polímero incompatible, y proceso de inyección sumergido.*
- ✚ Procesos de microencapsulación de Tipo B, basado en procesos físicos. *Secado por atomización (spray drying), enfriamiento tras atomización (spray chilling), recubrimiento en lecho fluidizado, disco giratorio con orificios múltiples.*

### 2.4.1 Tipo A. Microencapsulación por métodos químicos

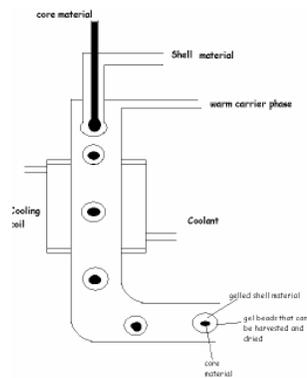
**2.4.1.1 Coacervación compleja.** La coacervación compleja es el proceso de separación de fases que tiene lugar de forma espontánea cuando en un medio acuoso se mezclan dos o más coloides que presentan carga opuesta (policación y polianión), como consecuencia de la atracción electrostática que sufren. En los procedimientos de microencapsulación por coacervación compleja se utilizan generalmente combinaciones de una proteína y un polisacárido, en concreto gelatina y goma arábiga (goma acacia) respectivamente. (Hellman, 2000)



**Figura 4.** Formación de microcápsulas por coacervación compleja (Vilstrup, 2004).

**2.4.1.1. Polímero- polímero incompatible** Se basa en inducir la separación de fases añadiendo un polímero “incompatible” con el polímero formador de cubierta. Es incompatible el polímero que presenta una mayor solubilidad en el disolvente que el propio polímero de recubrimiento, no teniendo, en cambio, afinidad por el material que se va a encapsular. Por lo tanto, a medida que se añade el polímero incompatible, se produce la desolvatación del de recubrimiento, que se separa y deposita alrededor de las partículas suspendidas en el medio.

**2.4.1.2. Procesos de inyección sumergida (*Submerged nozzle processes*).** Varios procesos del Tipo A (microencapsulación por métodos químicos) utilizan la fuerza centrífuga o boquillas de dos-fluidos sumergidas para formar las microcápsula. Este proceso fue desarrollado en 1942 para producir las cápsulas que mejoraron la estabilidad de oxidación de vitaminas y de aceites de los pescados (Vilstrup, 2004). La figura 5 muestra el caso de formación de microcápsulas con una boquilla de dos fluidos sumergida.



**Figura 5.** Esquema del sistema de boquilla de dos fluidos sumergida (Vilstrup, 2004).

## 2.4.2 Tipo B: Microencapsulación por métodos físicos

**2.4.2.1 Secado por atomización.** Consiste, en líneas generales, en atomizar el material que se encuentra en estado líquido, ya sea como disolución o como dispersión, en forma de finas gotas sobre una corriente de gas calentado. Cuando las pequeñas gotas del líquido se ponen en contacto con el gas a mayor temperatura, se produce una rápida evaporación del disolvente, formándose una fina película del material de recubrimiento que se encuentra disuelto en él (Hellman, 2000)

Un equipo de secado por atomización se compone, esencialmente, de un sistema de alimentación del líquido, un dispositivo de atomización, que por lo general consiste en una boquilla de atomización, una cámara de secado y un sistema colector del producto seco.

Para efectuar la microencapsulación, el material de recubrimiento se disuelve en un disolvente apropiado y en esta disolución se dispersa la sustancia, sólida o líquida, que va a servir como material activo. La dispersión, en estado líquido, preparada en estas condiciones, se suele introducir en la cámara de secado con aire en contracorriente. El aire caliente proporciona el calor de evaporación



requerido para la separación del disolvente, produciéndose en esta forma la microencapsulación.

Las partículas sólidas se microencapsulan sometiendo a secado por atomización una suspensión de ellas en una disolución del agente de recubrimiento. Cuando el disolvente se evapora, el material de recubrimiento envuelve las partículas.

**2.4.2.2 Enfriamiento tras atomización (Spray chilling).** Este método es muy similar al de secado por atomización. El material se dispersa en un medio líquido y se somete posteriormente a atomización. La diferencia reside en que, en este procedimiento, se usa la sustancia de recubrimiento fundida y tras ser sometida a atomización se produce un enfriamiento que provoca su solidificación produciéndose, de esta manera, la microencapsulación de la sustancia que se encuentra dispersa (Hellman, 2000).

La microencapsulación por este procedimiento se realiza, en general, suspendiendo el material o ingrediente activo en el material de recubrimiento fundido. La velocidad y temperatura de la corriente de aire se ajustan convenientemente con el fin de obtener un congelamiento rápido del líquido atomizado en pequeñas gotas. El material se recolecta en el fondo del aparato en forma de polvo y consiste en partículas más o menos esféricas, cada una de las cuales contiene el ingrediente activo suspendido en una matriz del agente de recubrimiento. Como material de recubrimiento se suelen utilizar sustancias que son sólidas a la temperatura ambiente y que funden sin descomponerse. Entre otras, pueden citarse ceras, ácidos grasos, polímeros, azúcares, etc.

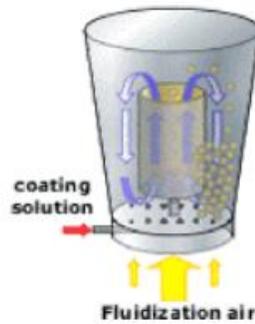
La solubilidad, hidrofobicidad, permeabilidad y otras propiedades del material utilizado como agente de recubrimiento, tienen influencia preponderante en las



características del producto final. De la misma manera, tienen gran importancia algunas variables del proceso, tales como la velocidad de alimentación del atomizador, viscosidad del líquido que se atomiza y velocidad del disco que produce la atomización. Becker y colaboradores han efectuado amplios estudios del procedimiento de enfriamiento tras atomización para producir microgránulos de acción sostenida, como asimismo de los diferentes factores que influyen en la cesión del material activo desde el interior de las microcápsulas (Hellman, 2000).

**2.4.2.3 Recubrimiento en lecho fluido.** En este procedimiento la microencapsulación se produce al suspender las pequeñas partículas que forman el material activo en un lecho de aire, u otro gas, al mismo tiempo que se dispersa sobre ellas, en forma de fina lluvia, una disolución del material de recubrimiento. La película se forma por evaporación del disolvente el cual a su vez, es separado por el aire o el gas que abandona el sistema. Este procedimiento lo desarrolló inicialmente Würster. El aparato en que se lleva a cabo, se denomina cámara de Würster y consiste en una columna vertical, estrecha en la parte inferior y más ancha en la superior.

La microencapsulación se realiza introduciendo una corriente de aire desde el fondo; la velocidad del aire en la parte más estrecha de la columna es considerable, de tal manera, que las partículas que van entrando en esta zona, son de inmediato levantadas hacia la parte superior. En la parte más ancha de la columna, la velocidad del aire disminuye notablemente haciendo que el aire no sea capaz de sostener las partículas en suspensión, provocando la caída de éstas hacia la zona central o región de trabajo (Figura 6). La velocidad de la corriente de aire en la zona de trabajo puede ser regulada mediante toberas colocadas a una cierta altura.



**Figura 6.** Cámara de Wüster (Hellman, 2000)

El grosor de las cubiertas de los microgránulos y las características del producto final dependen en forma importante del tamaño de las partículas de partida, de la concentración de la disolución de recubrimiento, de la naturaleza del disolvente utilizado para disolver el material que forma la película, de la velocidad de atomización y de la velocidad y temperatura del aire que se aplica durante el proceso.

La microencapsulación por recubrimiento en lecho fluido se aplica ampliamente como tecnología farmacéutica para producir microgránulos de acción sostenida, para mejorar las características de flujo de las partículas y para el recubrimiento de numerosas sustancias en tecnología de alimentos y otras industrias relacionadas. (Hellman, 2000)

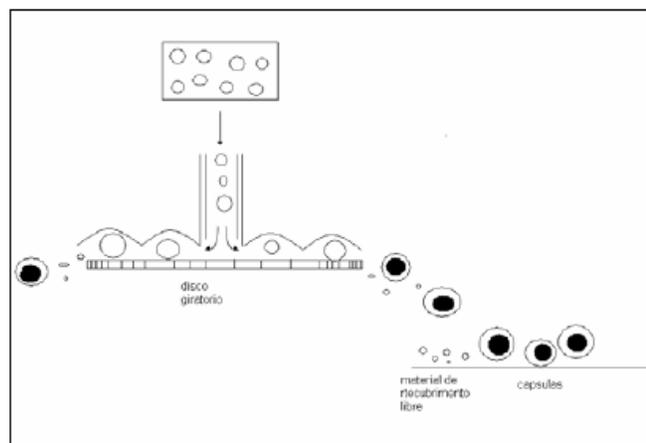
**2.4.2.4 Disco giratorio con orificios múltiples.** Este procedimiento aprovecha la fuerza centrífuga para proyectar el material activo contra la película del material que formará la cubierta de la microcápsula. Al chocar las partículas del material activo contra la película, ésta las envuelve produciendo la microencapsulación.



Este procedimiento de microencapsulación se lleva a cabo en un aparato que consiste, esencialmente, en un disco giratorio que tiene dispuestos orificios en su parte externa. La figura 7, representa un esquema del aparato utilizado en la microencapsulación por este procedimiento.

El material activo se introduce en el sistema, como lo indica la figura 7, mediante tolvas de alimentación por medio de un dispositivo que lo conduce hasta el centro del disco. Al girar éste, la fuerza centrífuga proyecta el material activo a la periferia, impulsándolo hacia los orificios que están dispuestos en la parte externa del cilindro.

Por su parte, el material de recubrimiento se introduce por dispositivos que lo hacen circular en la periferia del cilindro justo en la salida de los orificios que éste posee. Al chocar las partículas con la película de recubrimiento se produce un englobamiento del material activo y cuando las fuerzas centrífugas de la masa del material activo y del material de recubrimiento sobrepasan la fuerza de cohesión de la película, se forman pequeñas cápsulas que se proyectan hacia fuera (Vilstrup 2004).



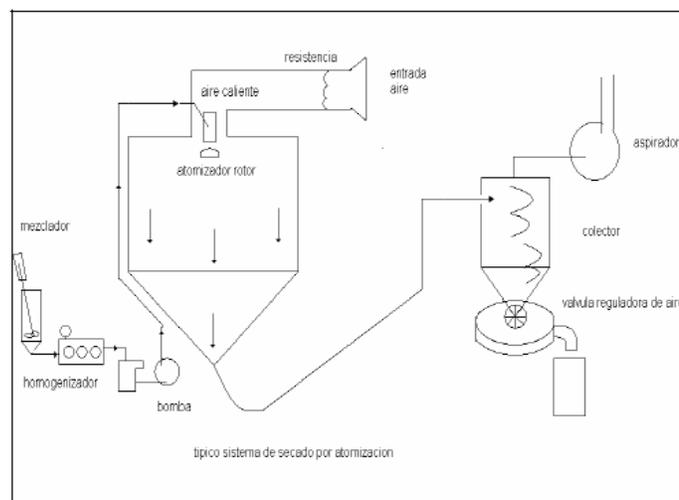
**Figura 7.** Sistema de microencapsulación por discos giratorios (Hellman, 2000)



### 2.4.3 Microencapsulación mediante secado por atomización

**2.4.3.1 La operación de secado por atomización.** En la industria la obtención de productos en polvo a partir de materiales líquidos se lleva a cabo por medio de un proceso de secado por atomización (Figura 8). El proceso de secado por atomización es capaz de transformar una disolución, una emulsión, una suspensión o una dispersión líquida en un producto totalmente seco y estable. Inicialmente, a) el líquido se introduce en el equipo por medio de una bomba y se atomiza, b) a continuación se elimina el disolvente por medio de una corriente de aire caliente, y c) como paso final los equipos utilizados en la industria presentan compartimentos de deposición de estas partículas para que al final sean recogidos en un vaso o recipiente cerrado. Los bajos tiempos de residencia que se emplean y el efecto refrigerador debido a la evaporación, posibilita trabajar eficazmente con productos sensibles a la temperatura.

Las ventajas frente a la liofilización son un rendimiento mayor, unos tiempos de procesamientos más cortos y su menor coste.



**Figura 8.** Sistema de secado por atomización típico (Hellman, 2000)



✚ El secado por atomización presenta tanto ventajas como inconvenientes (Mujumdar, 1995), las principales ventajas del secado por atomización son:

- a) Control de los parámetros de calidad del producto así como especificaciones concretas.
- b) Los alimentos sensibles al calor, los productos biológicos, y los productos farmacéuticos se pueden secar a presión atmosférica y a bajas temperaturas. A veces, se emplea la atmósfera inerte.
- c) El secado por atomización permite la producción de grandes cantidades en la operación continua y con un equipo relativamente simple.
- d) El producto entra en contacto con las superficies del equipo en condiciones anhidras, simplificando así los problemas de la corrosión y de selección de materiales costoso en la construcción del equipo.
- e) Produce partículas relativamente uniformes, esféricas y con casi la misma proporción de compuestos que en la alimentación líquida.
- f) Puesto que la temperatura de funcionamiento del gas puede extenderse de 150 a 600 °C, la eficacia es comparable a la de otros tipos de secadores directos.

✚ Las desventajas del secado por atomización son:

- a) Falla si se requiere un producto a granel de alta densidad.
- b) En general no es flexible. Una unidad diseñada para la atomización fina puede no poder producir un producto grueso, y viceversa.
- c) Para una capacidad dada, se necesita generalmente una evaporación mayor que con otros tipos de secadores.
- d) Hay una alta inversión inicial comparada a otros tipos de secadores continuos.

✚ Etapas del proceso de secado por atomización: a) Atomización, b) Mezcla del aerosol-aire y evaporación de la humedad del producto, c) Separación del



producto seco del aire de salida, así como los equipos utilizados en cada una de ellas:

**a) Atomización:** La atomización es la operación más importante del proceso de secado, pudiendo emplearse diversas formas de energía para dispersar un líquido en partículas finas. El tipo de atomizador determina no sólo la energía requerida para formar el aerosol sino también el tamaño y la distribución de tamaño de las gotas y de su trayectoria y velocidad, así como el tamaño de partícula final. La predicción acertada del tamaño de la gotita permite controlar las características del polvo según lo deseado. El tamaño de la gota establece la superficie del traspaso térmico disponible y así la tarifa de secado.

La selección del tipo de atomizador depende de la naturaleza y de la cantidad de alimentación y de las características deseadas del producto secado. Cuanto más alta es la energía para la dispersión, más pequeñas son las gotitas generadas (Mujumdar, 1995).

La industria alimentaria utiliza normalmente tres tipos de atomizadores para el secado: Ruedas giratorias, boquillas a presión de un fluido, e boquillas a presión de dos fluidos. En la tabla 2 se comparan los rangos de tamaños de gota que se pueden obtener con cada uno de estos atomizadores.

**Tabla 2.** Rango de tamaños de gota obtenidos en el atomizado (Hellman, 2000)

Tipo de Atomización	Tamaño de la Gota
Ruedas giratorias	1-600 $\mu\text{m}$
Boquillas a presión de un fluido	10-800 $\mu\text{m}$
Boquillas a presión de dos fluidos	5-300 $\mu\text{m}$



**b) Mezcla del aerosol-aire y evaporación de la humedad del producto:** Los equipos utilizados en la industria para el secado presentan un compartimento al que llega el líquido atomizado por el pulverizador. Este compartimento que tiene normalmente forma de cilindro es el encargado de llevar a cabo:

- El secado del producto eliminando el disolvente
- El paso de la corriente de aire y partículas finas al siguiente compartimento para la separación de las partículas secas.

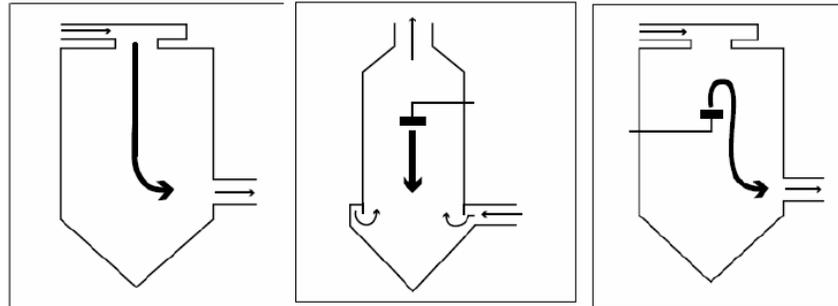
La forma del cilindro de secado depende del tipo de atomizador empleado porque el ángulo del aerosol determina la trayectoria de las gotitas y por lo tanto el diámetro y la altura del compartimento de secado (Snow, 2003).

Un factor importante en el diseño de un secador por atomización es la manera en la que el atomizado se pone en contacto con el aire de secado, pues influye en el comportamiento de las gotas durante el secado y por tanto en las propiedades del producto seco. La mezcla es un aspecto importante y define el método de secado por atomización. Podemos distinguir tres posibilidades en el secado por atomización (figura 9):

- Flujo co-corriente: El material se atomiza en la misma dirección con la que el flujo de aire caliente pasa por el aparato. Las gotas entran en contacto con el aire caliente cuando tienen el mayor contenido en humedad. El producto se trata con cuidado debido a la rápida vaporización.
- Flujo contracorriente: El material se atomiza en dirección opuesta al flujo de aire caliente. En este caso el aire caliente va hacia arriba y el producto cae aumentando mucho su temperatura y eliminando la humedad residual. Este método solo es válido para compuestos termoestables.



- **Flujo combinado:** Se combinan las ventajas de ambos métodos de atomización. El producto se atomiza hacia arriba y solo permanece en la zona de aire caliente por un tiempo corto para eliminar la humedad residual. Entonces la gravedad lleva al producto a la zona más fría.



**Figura 9.** Tipos de flujo. Por orden: flujo co-corriente, contracorriente y combinado (Hellman, 2000)

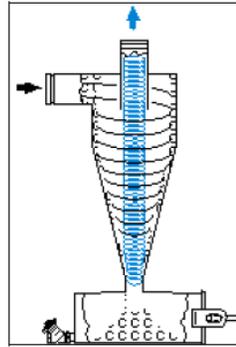
**c) Separación del producto seco del aire de la salida:** En esta fase se produce el paso de las partículas y el aire que las acompaña a través de un compartimento con una forma característica denominado ciclón o Ventura (figura 10).

Dentro del ciclón la fuerza centrífuga se emplea para mover las partículas hacia la pared y para separarlas del aire alrededor del eje. El aire y las partículas avanzan formando un espiral hacia abajo del venturi. De acuerdo con las fuerzas de inercia, las partículas se separan del aire al chocar con la pared del ciclón. Estos ciclones tienen un vaso de recogida en su parte inferior que recibe las partículas. Por la parte superior del ciclón sale el flujo de aire limpio que ya no contiene partículas de producto (o contiene pocas) siguiendo un sentido ascendente. Pueden utilizarse equipos de secado con uno o varios ciclones (Snow, 2003). Otros sistemas de separación son precipitadores electrostáticos y filtros textiles (bolsas).

Dos características se utilizan para definir el funcionamiento del ciclón, son el diámetro crítico de la partícula (tamaño de partícula que se separa totalmente de



la corriente del aire) y el diámetro de la partícula para el cual se alcanza 50 % de eficiencia. La separación de partículas se realiza en el rango de 5 a 100 micras.



**Figura 10.** Esquema de un ciclón utilizado para la separación de partículas (Hellman, 2000)

#### 2.4.3.2 Principales variables del proceso de secado por atomización

✚ **Caudal del líquido de entrada.** El caudal de entrada del líquido a atomizar al equipo de atomización se regula por medio de una bomba peristáltica, en el caso de una boquilla de dos fluidos. Este caudal afecta a la atomización.

✚ **Caudal de aire de atomización.** Este aire es suministrado por un compresor, y el caudal se regula atendiendo a la lectura de un rotámetro que nos indicará el caudal de aire utilizado para el atomizado. Este caudal de aire lo utiliza una boquilla de dos flujos y afecta a la atomización.

✚ **Temperatura y humedad del aire de entrada al cilindro de atomización (Tinlet).** Esta temperatura se puede controlar mediante la resistencia eléctrica del equipo.

✚ **Caudal de aire de secado.** El caudal de aire de secado indica el aire que entra en el cilindro de pulverización para realizar el secado. El caudal real depende de la pérdida de presión del conjunto del sistema. Las condiciones



utilizadas para el secado por atomización: caudal del líquido de entrada, temperatura y humedad del aire de entrada, caudal de aires de secado y la aspiración, van a influenciar sin lugar a dudas las características del producto en polvo obtenido:

- Humedad final del producto
- Rendimiento de producción
- Temperatura de salida
- Tamaño de partícula

La optimización de estos parámetros se hace generalmente por un proceso de "ensayo y error", si bien es posible predecir la influencia de cada una de estas variables de manera individual. La influencia de cada una de estas variables en el secado por atomización se presentan en la Tabla 3 (Máster, 2002).



**Tabla 3.** Influencia de las variables del secado por atomización (Hellman, 2000)

Parámetro /Dependencia	Caudal alto del aire de secado	Humedad del aire de entrada alta	Temperatura de entrada elevada	Caudal de aire de atomización alto	Caudal del líquido de entrada alto	Alta concentración de solutos a atomizar
Humedad final del producto	Mayor humedad Por lo cual baja la presión parcial del Agua evaporada (↑↓)	Mayor humedad del Producto, ya que hay una presión parcial más alta del aire de secado (↑↑)	Menor humedad por menor humedad relativa del aire de entrada (↓↓)	No afecta	Mayor humedad Debido a que más agua conduce a una presión parcial más alta (↑↑)	Menor humedad Ya que habrá menos agua para evaporar, menor presión parcial (↓)
Rendimiento de producción	Mayor rendimiento en la separación en el ciclón (↑↑)	Menor rendimiento y más humedad puede conducir al pegado del producto (↓)	Mayor rendimiento pues se evita la eventual pegajosidad (↑)	No afecta	Depende de la aplicación (↑↓)	Mayor rendimiento, ya que partículas más grandes conducen a una mejor separación (↑)
Temperatura de salida	Mayor temperatura debido a que hay menos pérdidas de calor basadas en la entrada total de energía (↑↑)	Mayor temperatura debido a que hay más energía almacenada en humedad (↑)	Mayor temperatura de salida por lo cual hay una proporción directa (↑↑↑)	Más cantidad de aire fresco que tiene que calentarse (↑)	Menor temperatura ya que se evapora más cantidad de agua (↓↓)	Mayor temperatura debido a que es menor la cantidad de agua evaporada (↑↓)
Tamaño partícula	No afecta	No afecta	No afecta	Disminuye el tamaño porque aumenta la energía para la dispersión del fluido (↓↓↓)	Mayores partículas debido a que hay mayor cantidad de fluido a dispersar (↑)	Mayor tamaño de las partículas secadas pues hay mas producto (↑↑↑)



## 2.5 MANGO (*Mangifera indica* L).

El mango (*Mangifera indica* L.), pertenece a la familia Anarcadiaceae, que incluye alrededor de 600 miembros. Es una fruta popular y conocida como el rey de las frutas. Se cree que es una de las frutas más antiguas cultivadas; su origen es encontrado en la región Indo-Burma (Agudelo, 2004).

Su temperatura óptima de crecimiento es aproximadamente 24°- 27°C, en suelos cuyo pH esté alrededor de 5.5-7.5 (Valencia *et al.* 2009). Actualmente representa 2 millones de hectáreas solamente en la India. Crece en zonas tropicales a alturas de 4,000 Ft. sobre el nivel del mar, y a 2,000 Ft. En zonas donde las estaciones estén muy marcadas.

El tamaño de la fruta varía de 2.5-30 cm de largo, su forma es ovalada o redonda, con un hueso interior de tamaño significativo. Crece en árboles de hoja perenne. Presenta grandes variedades de tamaño y caracteres, el color depende de la región donde este cultivado, pero abarca mezclas de verde, amarillo y rojo.

Es una fruta climatérica (adaptación) que es estado de maduración, ideal para el consumo, dura pocos días. En Colombia, se produce Mango en abundancia y es utilizado en gran proporción por la industria procesadora de alimentos (Ospina *et al.* 2012).

### 2.5.1 Demanda de mango.

El consumo del mango, agrupando fresco como procesado, se concentra en los países asiáticos y latinoamericanos, entre los que destacan los del continente asiático como India, China, Tailandia, Filipinas, Pakistán e Indonesia. Estos países reportaron para el año 2007 una tasa de consumo per cápita de 5,3 kilogramos por



año (FAO 2007). Sin embargo, los países que no lo producen cuentan con altos niveles de consumo, en este sentido se destaca principalmente el mercado de los Estados Unidos (EE.UU.), seguido por países de la Comunidad Económica Europea (CEE) (Ospina *et al.* 2012).

Tal como se puede apreciar los diez mayores consumidores de mango, en su orden, son: la India, China, Tailandia, Indonesia, México, Pakistán, Filipinas, Brasil, Nigeria y Egipto. Colombia, que ocupa la vigésima cuarta posición y tuvo un consumo aparente de 3,9 kilos per cápita en el 2007.

De acuerdo con MADR 2006 con datos de FAO, el consumo de mango fresco y procesado per cápita anual, el mayor consumo lo tiene la isla de Santa Lucía con 194 kilos/ habitante. Es de resaltar que de los diez primeros países, cuatro corresponden a islas de las Antillas (Dominicana, Granada, Cuba, Antigua y Barbuda), que tienen una altísima vocación turística representada en el flujo permanente de cruceros, Colombia por su parte, con un consumo de 3,58 kilos per cápita ocupó la posición número 47 (Ospina *et al.* 2012).

La mayor producción del mango en Colombia proviene principalmente de variedades criollas o prototipos regionales que se caracterizan por una alta estacionalidad de la cosecha, igualmente, la mayor parte de la producción de mango criollo se destina y comercializa en el mercado nacional con la agroindustria, mientras que por su parte las áreas de mango fino se destinan para consumo fresco y solo una parte relativamente pequeña se exporta. De las 17.225 hectáreas con mango en producción en Colombia al 2005, se estima que 4.160 hectáreas, es decir, el 26,6% pertenecen a variedades mejoradas, comúnmente conocidas como variedades finas.



Las empresas procesadoras de frutas con mayor participación dentro del sector, son: fabricación de jugos (40%); encurtidos y salsas (24%); conservas (16%); otros preparados como concentrados de frutas, pulpas de frutas y vegetales congelados (12%); mermeladas y jaleas (7%); la elaboración de frutas pasas no reportó datos para el año 2000, pero en promedio su participación en la industria no sobrepasa el 1% del total, los bienes finales de este sector se caracterizan por ser heterogéneos entre sí, y evidencian gran innovación y aporte de valor agregado. De acuerdo con el DANE y el Plan Frutícola Nacional PFN del 2006, la oferta bruta de mango en Colombia 2006 alcanzó 165000 toneladas, de las cuales, el consumo urbano represento el 44% del total de ellas, es decir, 72.000 toneladas (Ospina *et al.* 2012).

### **2.5.2 Composición del mango.**

La semilla del mango abarca del 9 al 27% aproximadamente del peso total de la fruta. El color de la piel varía con la madurez y el cultivo. Su contenido de carotenoides aumenta durante su madurez; es buena fuente de provitamina A.

La parte comestible del fruto total corresponde entre el 60 y el 75%. El componente mayoritario es el agua en un 84%, el contenido de azúcar varia de 10-20% y de las proteínas en un 0.5%.

El ácido predominante es el ácido cítrico aunque también se encuentran el ácido málico, succínico, galacturónico, tartárico y oxálico en cantidades menores (Ospina *et al.* 2012).



### 2.5.3 Contenido nutricional.

El mango es una fruta popular en su mayoría es consumido en estado fresco; ya que es considerado como una de las frutas tropicales más deliciosas, representa una importante fuente nutritiva por su contenido en vitaminas y minerales. La tabla 4 muestra el contenido de nutrientes en promedio por 100g.

**Tabla 4.** Composición nutricional del mango (Ospina *et al.* 2012).

<b>Agua</b>	<b>81.7%</b>
<b>Calorías</b>	66 cal
<b>Proteínas</b>	0.7 g
<b>Grasas</b>	0.4 g
<b>Carbohidratos Totales</b>	16.8 g
<b>Fibra</b>	0.9 g
<b>Ceniza</b>	0.4 g
<b>Calcio</b>	10 mg
<b>Fosforo</b>	13 mg
<b>Hierro</b>	0.4 mg
<b>Sodio</b>	7 mg
<b>Potasio</b>	189 mg
<b>Vitamina A</b>	4,800 UI
<b>Tiamina</b>	0.05 mg
<b>Riboflavina</b>	0.05 mg
<b>Niacina</b>	1.1 mg
<b>Ácido Ascórbico</b>	35 mg

El mango se caracteriza por ser una fuente importante de vitamina A, B y contiene cantidades variantes de vitamina C. Su composición depende de la variedad, así como en el estado de madurez que se tenga. El contenido ascórbico y la acidez total disminuye durante el desarrollo del fruto, mientras que los carotenoides y azúcares totales aumentan.



#### **2.5.4 Cosecha y maduración del mango.**

Una maduración adecuada al mango de recolección es indispensable ya sea para la venta del fruto fresco o en este caso para su procesamiento. El mango si se recolecta demasiado verde se produce una maduración no normal y desarrolla arrugamiento de la piel, sabor, color y aroma pobres aun si se usan maduradores artificiales como el acetileno o etileno. Si se cosecha sobre madurado tampoco es bueno ya que no se puede almacenar satisfactoriamente y se puede desarrollar una pulpa muy suave alrededor del hueso, la mayoría de los cultivadores de mango se fijan en el cambio de tono de la cáscara para recolectarlos, el cual va de verde embotado a olivo (Ospina *et al.* 2012).

Debido a que el mango es una fruta climatérica, inmediatamente después de cosecharse, el mango se empaca rápidamente; puesto que dura aproximadamente 16 semanas y muestra un pico climatérico máximo alrededor de la cuarta semana (Ospina *et al.* 2012).

#### **2.5.5 Conservación del mango.**

El propósito de la conservación de alimentos es alargar la vida de anaquel, se debe considerar que el proceso de preservación puede no retener todas las características deseables en la fruta. Las principales formas de conservar a las frutas son: mínimamente procesadas, enlatadas, congeladas, irradiadas, cristalizadas, sometidas a altas presiones y tratamiento térmico, el principal proceso de preservación que se emplea es la deshidratación (Ospina *et al.* 2012).



### 2.5.6 Variedades

En nuestro medio se cultivan variedades tradicionales de mango, como mano de hilaza o puerco número once, de clase, de papaya, y otras variedades de mayor tendencia en la zona, pero tienen ventajas frente a las variedades mejoradas porque dado el tamaño del árbol se dificulta su cosecha y control de plagas, enfermedades. Los frutos son poco resistentes al manipuleo. Esto dificulta su comercialización, pero también tiene ventajas, como resistir las condiciones del medio y no exigente en riego, fertilización, etc (Viteri *et al.*, 2010).

Se trajeron al país otras variedades como la “Manga Mariquiteña” y otras no identificadas plenamente que reciben nombres según la región y que se mencionan en la sección “Variedades”. Hace unos 10-15 años se trajeron de Florida variedades mejoradas, las cuales se descubrirán más adelante. Al planear un huerto de mango, es necesario que las variedades a sembrar reúnan las siguientes características:

- a) Buena apariencia de la fruta de modo que logre venta aun entre un público que no la conozca. Para “llenar el ojo” la fruta debe pesar más de ½ libra y tener buen color. El mercado Colombiano ha mostrado gran aceptación por las variedades que ofrecen un color rojo o rojo amarillo vivo.
- b) Buena calidad o sea, poco fibra y un sabor agradable no muy exótico. El consumidor americano por ejemplo, la rechazara si la mucha fibra le causa trastornos estomacales o si el sabor es muy aromático o extraño.
- c) Madurez adecuada, con buen sabor, cuando se coseche “pinton”. Hay muchos mangos, que si no se cosechan bien maduros, resultan insípidos.



**Tabla 5.** Caracteres principales de las variedades de mangos recomendadas para siembras comerciales. \*Cosecha temprana normalmente ocurre entre mayo y junio. Cosecha media normalmente ocurre entre junio y julio. Cosecha tardía normalmente ocurre entre agosto y septiembre. Una segunda cosecha se produce entre diciembre y febrero (Viteri *et al.*, 2010)

<b>Variedad</b>	<b>Peso Fruta (onzas)</b>	<b>Forma de la fruta</b>	<b>Color exterior de la fruta</b>	<b>Sabor</b>	<b>Fibra</b>	<b>Prolificidad</b>	<b>Estación* (cosecha)</b>
<b>Edward</b>	16-24	Ovalada, oblonga	Casi amarillo, pero con un poco color rosa al sol	Excelente	Ninguna	Mediana	Temprana
<b>Eldon</b>	10-18	Ovalada	Amarillo palido con mejilla roja brillante	Muy bueno	Casi ninguno	Alta	Mediana
<b>Handen</b>	16-24	Ovalada, redonda	Amarillo con puntitos blancos y rojos al sol	Muy bueno	Alguna, poca	Mediana o un poco baja	Temprana
<b>Irwin</b>	8-16	Ovalada, alargada	Rojo	Excelente	Casi ninguna	Alta	Mediana
<b>Keitt</b>	20-28	Ovalada	Amarillo con rojo al sol	Bueno	Casi ninguna	Mediana	Tardía
<b>Kent</b>	20-28	Ovalada	Amarillo con verde y con rojo al sol	Muy bueno	Casi ninguna	Mediana a alta	Tardía
<b>Palmer</b>	18-24	Oblonga, alargada	Rojo	Muy bueno	Casi ninguna	Bastante alta	Tardía
<b>Zill</b>	8-12	Ovalada	Amarillo con rojo al sol	Muy bueno	Ninguna	Alta	Temprana
<b>Tommy Atkins</b>	14-18	Oblonga, ovalada	Rojo	Muy bueno	Alguna, poca	Alta	Mediana
<b>Sufaida</b>	18-24	Ovalada	Rojo anaranjado vivo	Excelente	Alguna	Mediana	Mediana



- d) Alta producción, hay variedades en que en las colecciones de ICA, Nataima, no han producido satisfactoriamente aunque se reporte como rendidora en otras latitudes. Estas son: Edwards, Irwin, Bonmbay Yellow.
- e) Planear el huerto con variedades tempranas y tardías, de tal suerte que el grueso de la producción no salga con el mango nativo y se afecten los precios. Además, así se regula el mercadeo. En la tabla 5 se consignan las variedades recomendadas por su precocidad.
1. *Tommy Atkins*: de las recientes introducciones es la que mayor acogida ha tenido en el mercadeo por su vistoso color rojo de la piel, aunque otras variedades le aventajan en su calidad interna. De frutos grandes, promedio 600g, excelente sabor y poco contenido de fibra. En el Tolima produce dos cosechas al año con rendimientos hasta de 16 Ton/Ha.
  2. *Haden y Davis Haden*: de fruta muy atractiva cuando madura, jugosa y de muy buen sabor. En zonas secas produce bastante bien. Color rojo amarillento. El árbol crece mucho, por lo que habrá que podarlo para evitar excesos de producción en algunos años y pocas en los otros. Rendimientos experimentales en Nataima, Espinal, han sido hasta de 26Ton/Ha. Esta variedad se origino en florida de una semilla de la variedad Mulgoba, y sentó las normas de lo que debe ser una variedad comercial. Es una de las que más se cultiva en los huertos con arboles injertos en el mundo.
  3. *Sufaida*: fruto grande, semilla muy pequeña, ligeramente acida, pero calidad excelente. En zonas cálidas colorea hermosamente a amarillo rojizo. Producción temprana.
  4. *Edwards*: crece entre Hadeen y Carabao, y combina la poca fibra y buena textura de Carabao con el buen sabor y jugosidad del Hadeen. A juicio de



- muchos, la mejor fruta para comer. Colorea amarillo. Parece ser dentro de las muchas variedades la que más resiste la antracnosis y por consiguiente acta para zonas húmedas como los llanos.
5. *Irwin*: una de las mejores variedades de Florida, por su tamaño, aunque su color es amarillo. Pulpa de color oscuro y sabor suave. Es precoz y rendidora en Nataima al 5° año a producir 16 Ton/Ha.
  6. *Keitt*: es una de las mejores variedades tardía. Su fruta es grandísima, muy hermosa y de buen sabor.
  7. *Kent*: también es una variedad muy buena, fruta grande y atractiva y algo más prolificada que la Keitt.
  8. *Alphonso*: no es muy conocido en Colombia; es la que tiene más acogida en países como México en este momento. Por su calidad puede satisfacer las necesidades tanto como para el consumo fresco como para el proceso industrial. En la India esta variedad florece durante los primeros días de febrero, y están listos para cosechar después de 16 semanas. La temporada dura 2 a 3 meses, con la máxima producción entre mayo y junio.
  9. *Albania* o "*Filipino*": fruto grande, sabor agradable, sin fibra, semilla pequeña. Aunque no colorea si no que queda verde amarillento tiene la ventaja de salir primero al mercado con lo cual se consiguen buenos precios, y durante todo el año están produciendo "pepeos". Se le anota como desventaja la susceptibilidad al ataque de antracnosis.
  10. Otra variedades recomendables: Sensation, Zlill, Palmer, Durazno, Froilan, Florigan, Eldon (descendiente del Hadeen), Manila (para industria), Papaya, Palomo, Rosa, Corazón, Cambodiana, Azúcar, Manga Mariquiteña, etc.,



sobre algunas de las cuales ya existe experiencia entre los agricultores y tienen buena aceptación en el mercado.

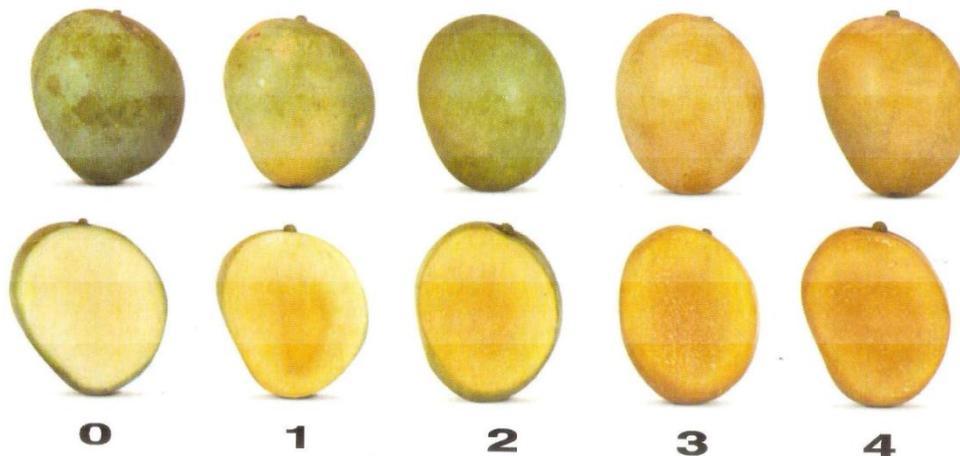
En el ICA Palmira, se está observando el comportamiento a la antracnosis, enfermedad limitante para el cultivo de algunas zonas de Colombia de las variedades: Froilan, Durazno, Bombay Yellow, Irwin, Odorata y Florigán (Viteri *et al.*, 2010).

**2.5.6.1. Mango de azúcar.** Árboles grandes, frutos pequeños, con peso promedio de 120 gramos, coloración externa amarilla y rojo, bajo contenido de fibra, alto contenido de pulpa. Tiene excelente mercado tanto nacional como en el exterior, también se conoce como mango dulce o bocado (Viteri *et al.*, 2010).



**Figura 11.** Mango de azúcar (*Mangifera Indica L*) (Viteri *et al.*, 2010)

**2.5.6.2. Tabla de color.** Es una escala de madurez que se elabora mediante la observación directa del fruto, tomando como base los cambios de color que ocurren durante la maduración. Esta escala se define en función del estado de madurez y se inicia en el color 0 (frutos maduros fisiológicamente) y termina en los colores 4 ó 5 (frutos sobremaduro), dependiendo de la variedad.



**Figura 12.** Tabla de color de mango de azúcar (NTC 5139, Juan Mauricio Rojas *et al.*2004)

La siguiente descripción relaciona los cambios de color de la pulpa con los diferentes estados de madurez.

Color 0: la pulpa cercana a la semilla es amarilla y la adyacente a la cascara es de color amarillo claro. Fruto maduro fisiológicamente

Color 1: pulpa amarilla

Color 2: la pulpa cercana a la semilla es de color amarillo más intenso que la adyacente a la cascara

Color 3: la pulpa es de color amarillo intenso

Color 4: la pulpa cercana a la semilla es anaranjada y la adyacente a la cascara de color amarillo intenso

**2.5.6.3. Contenido de azúcar.** Existen diferencia en los contenidos de azúcares entre los estados de madurez. Además se presenta un incremento a través de ella, por tanto, este análisis es un índice de madurez y para cada color, se registra el límite inferior del promedio en cada variedad.



**Tabla 6.** Límite inferior para el promedio del contenido de azúcar por color expresado en °Brix (NTC5139)

VARIEDAD	COLOR				
	0	1	2	3	4
	7,6	11,1	16,1	18,3	19,3

**2.5.6.4. Contenido de acidez.** Predomina en los magos el ácido cítrico el cual durante el proceso de maduración va disminuyendo.

**Tabla 7.** Límite superior para el promedio del contenido de acidez por color expresada en % de ácido cítrico (NTC5139).

VARIEDAD	COLOR				
	0	1	2	3	4
	0,57	0,53	0,39	0,31	0,22

**Tabla 8.** Valores mínimos de pH, de acuerdo con la tabla de colores (NTC5139).

VARIEDAD	COLOR				
	0	1	2	3	4
	3,81	4,00	4,16	4,34	4,64

**2.5.6.5. Procesamiento.** A nivel industrial el proceso de adecuación de la fruta es como sigue (Ré, 1998; Escalona, 2004; Ersus *et al.*, 2007):

- 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.
- d) *Selección:* Esta operación se relaciona 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 láminas:* 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:

- a) Pesaje:* Es una operación que se hace durante todo el procesamiento del mango, puesto 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 más no hermético.
- e) Control de calidad:* Esta operación se hace mediante los análisis fisicoquímicos y el análisis sensorial (Ré, 1998; Escalona, 2004; Ersus *et al.*, 2007).



## 2.6. EVALUACIÓN SENSORIAL

Finalmente la aceptabilidad de un producto procesado o desarrollado será aprobada por un juez final: el consumidor. ¿De qué manera se pueden evaluar los nuevos productos en su desarrollo? La respuesta a este interrogante se ha resuelto desde hace mucho tiempo con la evaluación sensorial. La evaluación sensorial es una disciplina científica que permite definir, medir, analizar e interpretar las características de un producto, utilizando para este propósito los órganos de los sentidos bajo la consideración de que no existe ningún instrumento que pueda reproducir o remplazar la respuesta humana (Villaroel *et al.*, 2003).

Surge como disciplina para medir la calidad de los alimentos, conocer la opinión y mejorar la aceptación de los productos por parte del consumidor, además, la evaluación sensorial no solamente se tiene en cuenta para el mejoramiento y optimización de los productos alimenticios existentes, sino también para realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevos productos, en el aseguramiento de la calidad y para su promoción y venta (Hernández-Alarcón, 2005).

Este último punto es primordial, ya que no se piensa al comenzar en el impacto que puede producir el producto en el consumidor final; es importante tener en cuenta la opinión del consumidor desde el momento de la etapa del diseño del producto, para así determinar las especificaciones de acuerdo a las expectativas y necesidades del mercado.

Las características físicas y químicas de los alimentos causan estímulos sobre los órganos de los sentidos haciendo posible la percepción de impresiones visuales, gustativas, olfativas, táctiles y auditivas que hacen que el individuo acepte o rechace un alimento. Esta aceptación o rechazo es susceptible de ser medida con la ayuda de diferentes pruebas sensoriales (Villaroel *et al.*, 2003).



Existen tres tipos de pruebas sensoriales, las cuales se aplican de acuerdo al objetivo o aspecto que queremos evaluar en el alimento o preparación como se muestra en la tabla 9 (Lira-Domínguez, 2007).

**Tabla 9.** Clasificación de las pruebas sensoriales (Lira-Domínguez, 2007).

<b>Clasificación</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Pregunta de interés</b>	<b>Tipo de prueba</b>	<b>Características de Panelistas</b>
<b>Discriminatoria</b>	Determinar si dos productos son percibidos de manera diferente por el consumidor.	¿Existen diferencias entre los productos?	Analítica	Reclutados por agudeza sensorial, orientados al método usado, algunas veces entrenados.
<b>Descriptiva</b>	Determinar la naturaleza de las diferencias sensoriales.	¿En qué tipos de características específicas difieren los productos?	Analítica	Reclutados por agudeza sensorial y motivación, entrenados o altamente entrenados.
<b>Afectiva</b>	Determinar la aceptabilidad de consumo de un producto.	¿Qué productos gustan más y cuáles son los preferidos?	Hedónica	Reclutados por uso del producto, no entrenados.



### 3. JUSTIFICACION

Las frutas tienen importancia relevante en la dieta humana, ya que contienen nutrientes esenciales en gran proporción, en comparación con otros alimentos, tal como el ácido ascórbico (Viteri *et al.*, 2010). El mango goza de gran popularidad, debido a su sabor, olor, color y valor nutritivo, ya que es buena fuente de antioxidantes (vitamina C y beta caroteno).

El proceso de deshidratación tiene como objetivo alargar la vida útil del alimento, manteniendo al máximo sus nutrientes y atributos sensoriales para seguir siendo atractivos al consumidor. El mango se conserva principalmente en polvo sometido a tratamientos térmicos, así mantiene la calidad y características organolépticas de la fruta fresca (Escalona, 2004).

En la industria de los jugos muchos tipos de frutas han sido transformados a concentrados, la calidad de esos productos depende de las condiciones estacionales, del tipo de fruta y del método de proceso (Escalona, 2004). En la actualidad la gran mayoría de los concentrados en polvo, se destacan por tener un alto contenido de aditivos, los cuales están siendo rechazados por los consumidores en la búsqueda de alimentos más sanos, que contengan un valor nutricional y que se acerquen a los productos naturales, lo que ha forzado a la industria alimentaria a tomar nuevas técnicas para crear bebidas con apariencias y sabores frescos.

La microencapsulación es una técnica relativamente nueva que sirve para proteger a los materiales encapsulados de factores que puedan causar deterioro, tales como el oxígeno, la luz o la humedad<sup>[12,16]</sup>. Una solución a esta problemática sería la microencapsulación mediante secado por aspersión el cual es ampliamente usado en la industria de los alimentos debido a que es un método económico y efectivo en la protección de materiales (Ré, 1998; Escalona, 2004; Ersus *et al.*, 2007).



El secado por aspersión de los jugos de fruta es una operación de un solo paso que transforma los jugos en un producto en polvo. La formulación en polvo facilita el transporte al reducir el peso, y también preserva el producto de la degradación bacteriana al disminuir drásticamente la actividad de agua <sup>[20]</sup>. En productos en polvos el contenido de humedad es importante, ya que a menor humedad es mayor el tiempo de vida de anaquel, lo cual reduce costos y facilita el transporte (Ersus *et al.*, 2007).

Este proceso se presenta como una opción, sin embargo dado que es deseable que se conserven la mayoría de las propiedades organolépticas y nutricionales del concentrado, se debe emplear en este proceso un agente encapsulante o material pared que permita la estabilidad del fruto procesado, el tamaño de las partículas, las propiedades del flujo y la vida útil del material deshidratado (Viteri *et al.*, 2010); para el secado por aspersión de los jugos de fruta se han utilizado maltodextrinas, que son materiales solubles en agua y protegen el ingrediente encapsulado de la oxidación<sup>[6]</sup>. Además tienen la finalidad de reducir la viscosidad y los problemas de aglomeración durante el almacenamiento, con lo que mejora la estabilidad del producto (Ersus *et al.*, 2007).

Igualmente este proceso permite que los concentrados elaborados, conserven sus propiedades naturales al ser hidratados y consumidos de manera directa o bien que sirva de materia prima para la elaboración de otros productos.



## 4. OBJETIVOS

### 4.1 OBJETIVO GENERAL

Realizar la microencapsulación del jugo de mango para la obtención de un concentrado utilizando maltodextrinas como material pared

### 4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✚ Caracterizar fisicoquímica y Bromatológicamente el jugo de mango de azúcar.
- ✚ Establecer el efecto de las condiciones del proceso de secado por aspersion del jugo de mango para la obtención del polvo microencapsulado.
- ✚ Caracterizar fisicoquímica y bromatológicamente el concentrado obtenido.
- ✚ Evaluar mediante parámetros sensoriales el jugo rehidratado.



## 5. METODOLOGÍA

Para la realización de este proyecto se llevó a cabo la obtención de un concentrado a partir de variedad de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L). El concentrado obtenido, fue sometido a pruebas fisicoquímicas y bromatológicas. Todos estos ensayos se llevaron a cabo en los laboratorios de Bromatología y Farmacotecnia de la Facultad de Ciencias Farmacéuticas de la Universidad de Cartagena, cabe destacar que todas las pruebas se realizaron por triplicado.

### 5.1. CARACTERÍSTICAS DEL ESTUDIO

**5.1.1. Tipo de investigación:** Experimental Prospectiva

**5.1.2. Universo de estudio**

Los concentrados de la variedad de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L), fueron obtenidos a partir del fruto de Mango que se adquirió en el corregimiento de Colorado Viejo, perteneciente al municipio de Santa Catalina (Bolívar).

**5.1.3. Criterios de selección**

Para la variedad de Mango de azúcar se escogieron materiales de aspecto sano, sin muestras de contaminación por hongos, u otro tipo de contaminantes.

**5.1.4. Criterios de inclusión**

La variedad de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L) obtenidos en el en el corregimiento de Colorado Viejo, perteneciente al municipio de Santa Catalina (Bolívar) en buen estado, fresco, enteros y sin daños mecánicos.



### **5.1.5. Criterios de exclusión**

La variedad de Mango de Azúcar con daño mecánico u otra alteración.

### **5.1.6. Recolección del material vegetal**

La recolección del material vegetal procesado se hizo selectivamente teniendo en cuenta los criterios de inclusión y exclusión.

## **5.2. PROCEDIMIENTO**

Para garantizar el cumplimiento de los objetivos planteados, el presente trabajo de investigación fue dividido en 4 etapas, y en cada una de ellas se realizó el siguiente trabajo experimental:

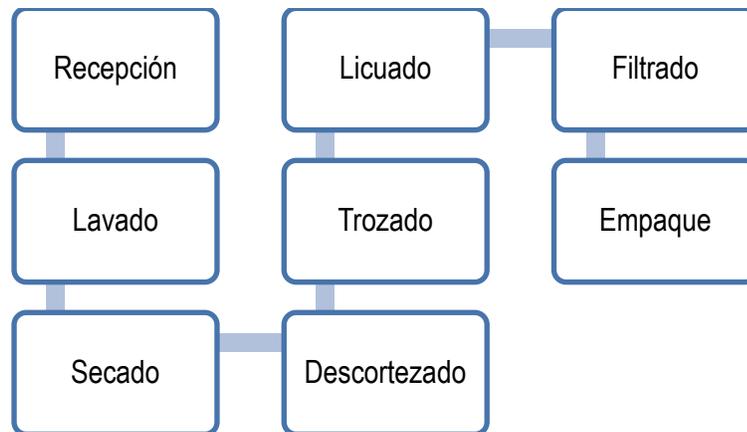
### **5.2.1 Etapa 1: obtención de la pulpa de variedad de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L).**

La pulpa de la variedad de Mango de Azúcar para el desarrollo del presente estudio fueron obtenidos a partir del Mango (*Mangifera Indica* L), adquirido en el corregimiento de Colorado Viejo, perteneciente al municipio de Santa Catalina (Bolívar).



Se escogió el material fresco, entero, con adecuadas características organolépticas. Del Mango de Azúcar se adquirieron 3157 g de material, que rindieron aproximadamente un 63,09% de pulpa, es decir, 1992 g.

El proceso de extracción de la pulpa para el Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L), comenzó con un lavado (agua clorada 50ppm) de la fruta para retirar polvo, tierra y suciedad en general. Se secó a temperatura ambiente, posteriormente fué descortezado de forma manual obteniéndose la pulpa, semillas, cáscaras, y después se calculó el rendimiento de cada uno. Luego se trozó, licuó (procesador de alimentos marca OSTER), y se filtró para evitar la cantidad de fibra que posee el mango, por último se empaqué (Figura 11).



**Figura 13.** Diagrama de la obtención de la pulpa de variedad de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L).



## 5.2.2 Etapa 2: Caracterización fisicoquímica y bromatológica de la pulpa de variedad de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L).

En esta segunda etapa se llevó a cabo la caracterización fisicoquímica de la pulpa de variedad de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L). Se determinó pH (USP 2007). % de humedad (AOAC, 1990), cenizas, contenido de proteínas, grado Brix y acidez.

**5.2.2.1 Determinación de pH.** Se pesaron 10g de pulpa de variedad de Mango de Azúcar y se suspendieron en un beaker de 100mL con 50 mL de agua destilada, aplicándole una agitación continua leve y sin salpicadura por 5 minutos y se midió el pH potencio métricamente con un peachimetro METTER TOLEDO AG SG2 previamente calibrado (USP 2007).

**5.2.2.2 Determinación de humedad.** Se pesó una cantidad de pulpa determinada (aproximadamente 5 g) de la variedad de Mango de Azúcar, las cuales se sometieron a secado durante un periodo de 6 horas a 80 °C en un horno MEMMERT, tipo UL 50, posteriormente se tomó el peso la harina secada (De Arco D, n.d.).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{P_2 - P_1}{P_2 - P_3} \times 100$$

P<sub>1</sub>: Peso en g de la muestra después del secado.

P<sub>2</sub>: Peso en g de la muestra después de la exposición al ambiente.

P<sub>3</sub>: Peso del recipiente que contiene la muestra



**5.2.2.3 Determinación de cenizas.** Se hizo por el método de incineración: Se pesaron con exactitud en una balanza analítica 3 g de las muestras en una capsula de porcelana previamente tarada, esta fue llevada a una mufla que estaba a 300°C aproximadamente, la muestra se calcino completamente aumentando la temperatura hasta 600°C por 6 horas. Transcurrido el tiempo necesario se apagó la mufla y se esperó a que la temperatura bajara hasta 120°C aproximadamente, entonces se retiró el crisol con el residuo (cenizas) y se colocó en un desecador. Por último al cabo de por lo menos 40 minutos, se determinó el peso de las cenizas en una balanza analítica (De Arco D, n.d.).

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{P_1 - P_2}{P_m} \times 100$$

P<sub>1</sub>= Peso en gramos del crisol con cenizas.

P<sub>2</sub>= Peso en gramos del crisol vacío.

P<sub>m</sub>= Peso en gramos de la muestra.

**5.2.2.4 Determinación del contenido de proteínas.** Esta prueba se realizó por el método de Kjeldhal, en el cual se pesaron 0.3 g aproximadamente de las muestras y se colocaron en un frasco digestor, luego se añadieron 8 mL de ácido sulfúrico concentrado y posteriormente 0,20 g de catalizador (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>+CuSO<sub>4</sub>).

Las muestras se colocaron en una cabina de extracción para realizar la digestión, este proceso duro hasta cuando la solución tomo un color verde manzana transparente, posteriormente se dejó enfriar, y se le adicionaron 150 mL de agua aproximadamente, 14 mL de hidróxido de sodio al 50 % y se destilo por 40 minutos, el destilado se recogió en 6 mL de ácido bórico al 4% el cual contenía una solución indicadora mixta (rojo de metilo-azul de metileno) (figura 12). Una vez fue terminada la destilación, se valoró la solución con ácido sulfúrico 0.02 N (AOAC 1990, De Arco D, n.d.).



$$\%N = \frac{V \times N \times 1,4}{\text{g de muestra}}$$

V= Volumen de ácido sulfúrico gastado en la valoración.

N= Normalidad del ácido.

% proteínas= %N x 6,25



**Figura 14.** Determinación del contenido de proteínas de la pulpa de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L).

**5.2.2.5 Medidas de sólidos solubles totales en zumos (°Brix).** La medida de sólidos solubles totales de los zumos se realizó con un refractómetro de mano. Se colocó una pequeña cantidad de muestra líquida en el campo del refractómetro y se lee sobre una escala de 0 a 32 °brix. Se calibró con agua el cero de la escala del aparato antes de cada medida (AOAC, 1990).

**5.2.2.6 Determinación de la acidez valorable total.** Se mezcló la muestra perfectamente para asegurar un producto uniforme, tomándose una alícuota de la muestra, titulándose con hidróxido de sodio al 0.1 N utilizándose 5 gotas de fenoltaleína como indicador (AOAC, 1990).

$$\text{Acidez (g/mL)} = \frac{100 \times V_1 \times N \times \text{meq}}{V}$$



En donde:

V= Volumen de la alicuota en mL.

V1 = Mililitros de solución de NaOH.

meq = Miliequivalentes del ácido cítrico (0,064).

### **5.2.3. Etapa 3: Microencapsulación por secado por aspersion.**

Antes de comenzar la microencapsulación por secado por aspersion, se preparó una mezcla de jugo-maltodextrina DE19, como material pared, hasta alcanzar una concentración de 25% sólidos totales. Se utilizó un secado por aspersion tipo Mini Spray Dryer B-290 (BÜCHI, 2010) con una velocidad de alimentación de 10mL/min. Se evaluó el efecto de la temperatura del aire de entrada (120, 140 y 160°C) sobre el jugo y encapsulado con maltodextrina a 12,5% b.s. la temperatura de salida (80, 88 y 90°C) respectivamente. Se empleó un diseño completamente al azar en donde la unidad experimental fueron 500mL de jugo.

El producto en polvo obtenido se recogió en tarros herméticos, convenientemente etiquetadas, se pesa y se almacenaron las placas en un desecador a temperatura ambiente.

### **5.2.4 Etapa 4: Caracterización fisicoquímica y bromatológica del microencapsulado de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L), en las diferentes condiciones.**

En esta cuarta etapa se llevó a cabo la caracterización fisicoquímica del polvo microencapsulado de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L), en las diferentes



condiciones. Cabe resaltar que las variables de respuesta en el producto fueron: % de humedad, cenizas, rendimiento del proceso para la cual se utilizó una metodología similar a la descrita anteriormente, igualmente se determinó tamaño de partícula para determinar la caracterización fisicoquímica y bromatológica de la pulpa de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L).

**5.2.4.1. Tamaño de Partícula.** El tamaño medio de partícula describe el tamaño representativo de una muestra de material, según metodología de Edmundson (Martin, 2009). Para lo cual se utilizó un estereomicroscopio NIKON SMZ745T (lente de 5X). Para la determinación se colocó una muestra muy pequeña del material a cuantificar (polvo de mango) sobre un porta objeto puesto en la cuadrícula del equipo, se observó la morfología, tamaño y bordes de las partículas para cada modificación del almidón en estudio y se tomaron varias fotografías, de cada fotografía se tomaban 20 partículas o gránulos que fueron, analizadas y medidas a través del programa OPTKO-PRO versión 2.7.

Luego de realizar las pruebas pertinentes, se escogió el concentrado obtenido a las siguientes condiciones (tabla 10).

**Tabla 10.** Condiciones ideales para la obtención del microencapsulado de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L) (Caez, Jaraba, 2012)

<b>Temperatura del aire de entrada</b>	140°C
<b>% de Bombeo</b>	10% (3,63mL/min)
<b>Temperatura de Salida</b>	88°C
<b>% de Aspiración</b>	85%
<b>Presión del aire</b>	40% (473L/h)
<b>% de sólidos</b>	25%



Luego de obtener estas condiciones se realizó un jugo rehidratado y se evaluó las siguientes variables: contenido de proteínas, acidez titulable, pH.

### **5.2.5. Análisis sensorial**

Se realizó una prueba hedónica, la cual fué destinada a medir cuanto agradaba o desagradaba el producto. Para esta prueba se utilizó una escala categorizada de cinco puntos. La evaluación se realizó con un panel de jueces no entrenados de 30 personas, seleccionados de manera arbitraria. Las evaluaciones se realizaron en el jugo rehidratado utilizándose un formato previamente diseñado (Anexo 1).



## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

### 6.1 ETAPA 1: obtención de la pulpa de variedad de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L).



**Figura 15.** Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L).

El rendimiento de la pulpa fue de 63,09%, mientras que la semilla 17,67% y la cáscara 18,59%. Estas últimas, bien podrían utilizarse en otros procesos (Tacán-Pérez, 2007).

### 6.2 ETAPA 2: Caracterización fisicoquímica y bromatológica de la pulpa de variedad de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L).

Los resultados del análisis fisicoquímico de la pulpa se muestran en la tabla 11.



**Tabla 11.** Caracterización fisicoquímica y bromatológica de la pulpa de variedad de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L). (Caez, Jaraba, 2012)

Variable evaluada	Promedio
<b>Humedad (%)</b>	85,643±0,035
<b>Cenizas (%)</b>	0,376±0,018
<b>pH</b>	5,18±0,02
<b>Acidez titulable</b>	0,049± 0,0036 (como ácido cítrico)
<b>Proteínas (%)</b>	0,59±0,046
<b>Sólidos solubles totales</b>	13,2±0,1°Bx

La mayor parte de la porción comestible de la pulpa del mango fue de agua (85,643±0,035), la cual se encontró en dentro del rango (75 – 95%) en comparación con el contenido de otras frutas frescas de acuerdo con Rivas *et al.*, 2010 lo que podría explicarse con el elevado contenido de sólidos solubles (13,2±0,1°Bx). La mayoría de las frutas contiene una cantidad razonable de carbohidratos. Éstos pueden incluir proporciones variables de dextrosa, fructosa y sacarosa, y posiblemente almidón.

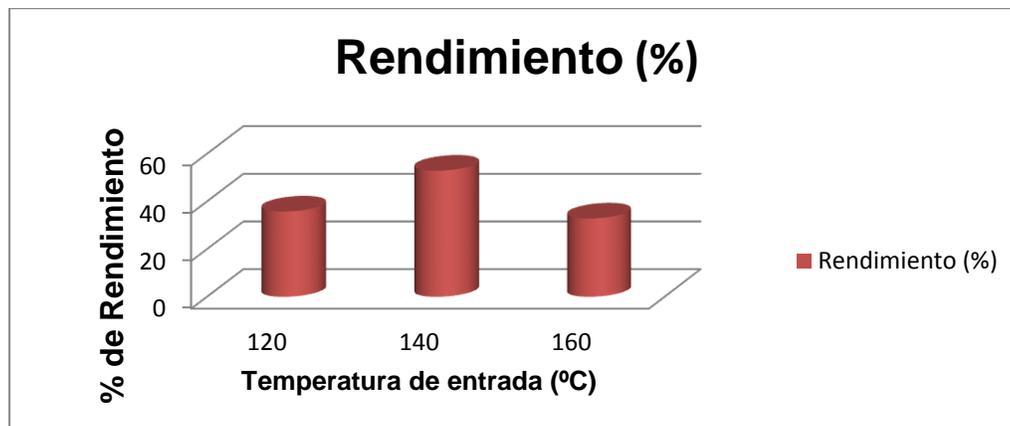
En el caso de los sólidos solubles totales presentes en la pulpa del mango, están compuestos principalmente por azúcares, ácidos, sales y demás compuestos solubles en agua (UNC, 2010). El pH de la pulpa de mango se encuentra dentro del rango de las frutas de acuerdo con Rivas *et al.* (2010). Se determinaron cenizas para conocer la cantidad de residuo inorgánico que queda después de quemar la materia orgánica.

La ceniza obtenida no tiene necesariamente la misma composición que la materia inorgánica del alimento original, ya que puede haber pérdidas por volatilización o alguna interacción entre los componentes; pero en este residuo inorgánico



podemos encontrar minerales como el calcio, el cual es un elemento metálico más abundante en el cuerpo humano y el 99% del mismo se encuentre en huesos y dientes, el resto es esencial para las contracciones del corazón y otros músculos, para las funciones nerviosas y enzimáticas y la coagulación de la sangre; en particular esa especie de fruta posee compuestos que las hacen diferentes en sus características fisicoquímicas, sensoriales y en su rendimiento, las cuales varían de manera importante de especie a especie y aun entre variedades de la misma especie (Villalba *et al.*, 2006).

### 6.3 ETAPA 3: Microencapsulación mediante secado por aspersión.



**Figura 16.** Determinación del porcentaje (%) de rendimiento del concentrado de la variedad de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L). En la gráfica se presenta el porcentaje (%) de rendimiento vs Temperatura de entrada (°C).

La MD fue empleada como material formador de pared, por tener gran aplicación industrial y haber sido reportada como uno de los de mayor utilización en la microencapsulación por secado por aspersión (Pedroza, 2002); además, es aprobada para la industria de alimentos y resultan más económicos que otros, como alginatos y caseinatos.



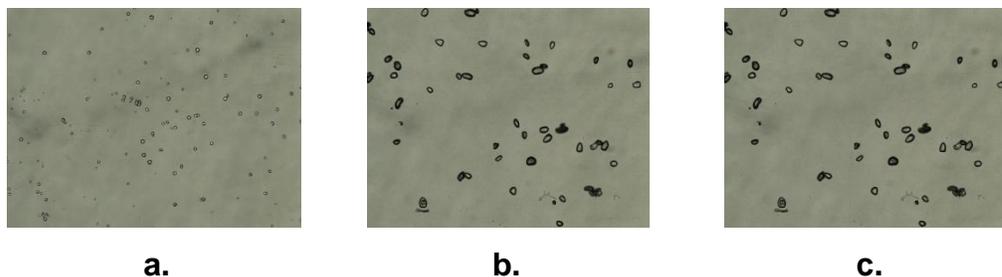
Estudios previos reportan que la concentración de maltodextrina (MD) mayores de 50% b.s., se obtienen productos con características indeseables, por lo tanto es ideal trabajar con concentraciones inferiores (Rivas *et al.*, 2010).

Como se observa en la Figura 16 el rendimiento en peso en el proceso de secado por atomización se encuentra influenciado fundamentalmente por variables de operación del secador, como la atomización y el caudal de la bomba de alimentación, de forma que el rendimiento en peso aumenta al aumentar el caudal. La temperatura de entrada del aire también tiene efectos en las partículas, a valores menores de 140°C, puede afectar las interacciones partícula-partícula y el contenido de humedad final, produciendo aglomeraciones y partículas de mayor tamaño (Gharsallaoui, 2007)

#### 6.4 ETAPA 4: Caracterización fisicoquímica y bromatológica del microencapsulado de Mango de Azúcar (*Mangifera Indica* L), en las diferentes condiciones.

**Tabla 12.** Tamaño de partícula

Temperatura de entrada (°C)	Tamaño de partícula $\mu\text{m}$
120	7,047 $\pm$ 0,040
140	18,037 $\pm$ 1,255
160	28,077 $\pm$ 3,307



**Figura 17.** Tamaño de microcápsulas del jugo de mango microencapsulado por el método de secado por aspersión utilizando diferentes temperaturas de entrada. A) 120°C B) 140°C y C) 160°C

La figura 17, muestra las micrografías obtenidas mediante un estéreo microscopio NIKON SMZ745T (lente de 5X), la forma de las partículas fue de tipo esférico de varios tamaños, lo cual es típico en los materiales producidos por secado por aspersión. La mayoría de las partículas mostró una superficie lisa. El aumento en la temperatura de secado llevó a la producción de un mayor número de partículas con la superficie lisa y dura, lo cual se relaciona con el aumento de la velocidad de secado y a una evaporación más rápida del agua.

Al medir el tamaño de las partículas del polvo en estudio podemos observar que no es una diferencia significativa, sin embargo el tamaño de los gránulos sigue una tendencia ya que aumenta conforme a la temperatura de entrada, observando para la temperatura de entrada de 120°C un tamaño de partícula promedio de 7,047 $\mu\text{m}$ , seguido del polvo de mango obtenido a una temperatura de entrada de 140°C con un tamaño de partícula de 18,037 $\mu\text{m}$ , seguido por el granulo del polvo de mango obtenido a una temperatura de entrada de 160°C con un tamaño de partícula promedio de 28,077 $\mu\text{m}$ , con distribución del tamaño de partícula normal para todos los casos.

En la tabla 13 se observa que el contenido de cenizas fue mayor conforme al rendimiento, similares a los reportado por Rivas *et al.*, 2010, es decir que existe un mayor atrapamiento de los componentes a mayor temperatura, sin embargo en



éste caso la temperatura más alta que fue la de 160°C no presentó este alineamiento. Por su parte la humedad, a una temperatura de 140°C presenta el valor inferior debido a que a mayor temperatura de entrada existe un gradiente más grande entre el flujo atomizado y el aire de secado, resultando en una fuerza motriz para una mayor evaporación del agua y por lo tanto la producción de polvos con menor contenido de humedad, tal como observaron Candelas *et al.*, 2005; Quek *et al.*, 2007 y Tonon *et al.*, 2009 en estudios de secado por aspersion de tomate, sandía y acai, respectivamente.

**Tabla 13.** Comparación de medidas de las variables evaluadas en el jugo microencapsulado seco (polvo) (Caez, Jaraba, 2012)

Variable evaluada	120°C	140°C	160°C
Humedad (%)	2,096±0,04	2,030±0,108	2,286±0,007
Cenizas (%)	0,387±0,005	0,429±0,065	0,388±0,002
Rendimiento (%)	35,76	52,9	32,84

El porcentaje de humedad de los polvos de mango obtenidos fué 2,096±0,04; 2,030±0,108; 2,286±0,007 para los ensayos a 120, 140 y 160°C respectivamente.

Con este porcentaje de humedad no se favorecen fenómenos de agregación y apelmazamiento durante el almacenamiento, según observaciones experimentales a nivel industrial para productos en polvo. El porcentaje de humedad aumenta con el incremento del porcentaje de MD, la cual, como cualquier derivado de almidón, presenta una notable capacidad para atrapar y enlazar moléculas de agua a través del grupo hidroxilo (Lopera *et al.*, 2009).

De acuerdo con los resultados obtenidos, se eligió la opción de rehidratar y caracterizar fisicoquímicamente el jugo obtenido a 140°C, ya que presentó el

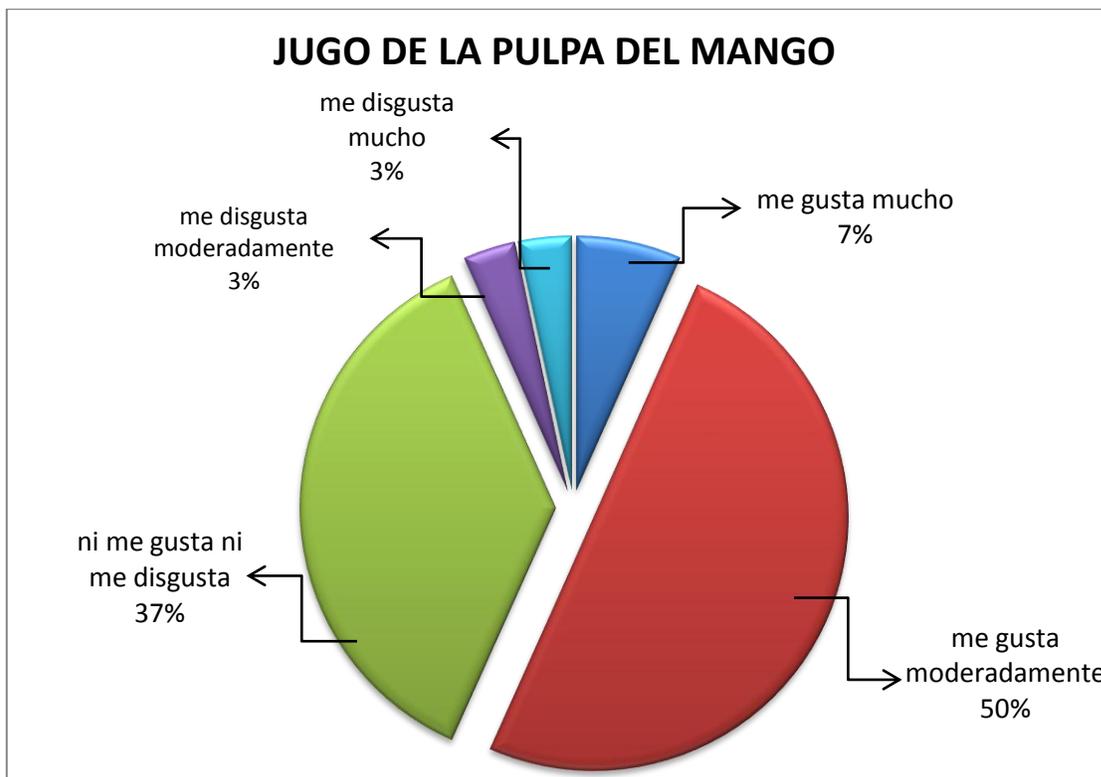


mayor rendimiento, menor contenido de humedad y buena solubilidad. Los resultados de su caracterización se muestran en la tabla 14.

**Tabla 14.** Análisis fisicoquímico del jugo microencapsulado rehidratado, (Caez, Jaraba, 2012).

Variable evaluada	Promedio
pH	4,96±0,044
Acidez titulable	0,03413±0,0036 (como ácido cítrico)
Proteínas (%)	0,5904±0,046

## 6.5 ANÁLISIS SENSORIAL



**Figura 18.** Determinación del porcentaje (%) de Aceptabilidad del jugo rehidratado de Mango (Caez, Jaraba, 2012).



Al jugo de mango rehidratado se le realizó una evaluación sensorial donde se midió el grado de satisfacción. En esta prueba se pidió a los panelistas que respondieran cuánto agradaba o desagradaba la muestra de jugo que se les había entregado.

El análisis sensorial mostró que el producto tuvo una buena aceptación, ya que la mayoría de los panelistas eligió la opción “me gusta moderadamente” en un 50%, por lo tanto podemos concluir que el polvo de mango además de utilizarse como materia prima para la elaboración de otros productos, ya sea en la industria alimentaria o farmacéutica, también se puede consumir de manera directa en jugos o refrescos de mango, debido a que conservó el sabor, olor, entre otras características del jugo de fruta fresca.



## CONCLUSIÓN

Los polvos de mango obtenidos mediante secado por aspersión, en general presentaron características de sabor y olor propios del mango de azúcar.

La utilización de maltodextrina como agente encapsulante en este proceso permitió llevar a cabo el secado, debido a que esta sustancia fué la encargada de proteger los componentes presentes en el jugo. Por lo tanto, según los resultados obtenidos, se determinó que las cantidades de proteínas y cenizas no presentaron diferencias significativas entre los polvos de mango (120, 140 y 160 °C) y la pulpa, por lo cual, podemos decir que la microencapsulación del jugo de mango logró preservar estos componentes.

Durante el secado de la pulpa, se presentó adherencia de esta sobre las paredes de la cámara de secado, generando pérdidas del material, lo cual se vio reflejado en el rendimiento del proceso.

Esta situación varió dependiendo del efecto que produjeron las condiciones de secado sobre el jugo de mango, tales condiciones fueron la temperatura del aire de entrada, el flujo de alimentación, la presión de aire, lo cual afectaba el tamaño de la gota que iba ser secada, y la aspiración.

De acuerdo a las condiciones del proceso de secado por aspersión y los análisis realizados a los polvos de mango obtenidos después del proceso, se determino que a una temperatura de 140°C, flujo de alimentación de 3,63mL/min, temperatura de salida 88°C, aspiración al 85% y un contenido de maltodextrina del



12.5%b.s, se obtuvo un polvo microencapsulado con  $2,030 \pm 0,108\%$  de humedad, por lo cual se encuentra entre los rangos de humedad recomendada para productos en polvo.

Los ensayos experimentales realizados a temperaturas de 120 y 160°C, tuvieron un rendimiento más bajo, ya que las condiciones establecidas en estos casos, no favorecieron el secado del jugo de mango. Sin embargo el porcentaje de humedad y cenizas no presentaron diferencias significativas para ninguno de los polvos de mango obtenidos.



## RECOMENDACIONES

- ✚ Con el fin de maximizar los rendimientos del proceso de secado por aspersión es recomendable ajustar apropiadamente las condiciones de secado, ya que los jugos de frutas presentan una cantidad elevada de azúcares, lo cual dificulta el proceso ocasionando adhesión del material de estudio en las paredes del secador.
  
- ✚ Emplear diferentes concentraciones de material pared, en este caso maltodexina, e incluso utilizar varios encapsulantes poder evaluar si esta variable mejora el proceso de secado.
  
- ✚ Mejorar el rendimiento que se obtuvo en la investigación, realizando más ensayos experimentales, hasta ajustar las condiciones de operación durante el proceso.
  
- ✚ Establecer la presión del aire de atomización, la cual afecta directamente los tamaños de las gotas del producto a secar.



## BIBLIOGRAFIA

**Abadio, F.D.B., Domingues, A.M., Borges, S.V. y Oliveira, V.M.** 2004. Physical properties of powdered pineapple (*Ananas comosus*) juice-effect of maltodextrina concentration and atomization speed. *Journal of Food Engineering*, 64 (3), 285–287.

**Agudelo, R. A.** 2009. Evaluación experimental del proceso SFES de alcohol carburante a partir de material lignocelulósico. Universidad Nacional de Colombia sede Manizales. Biblioteca Central.

**Bhandari, B.R., Datta, N. y Howes, T.** 1997. Problems associated with spray drying of sugar-rich foods. *Drying Technology*, 15(2), 671-684.

**Bhandari, B.R. y Howes, T.** 2000. Glass transition in processing and stability of food. *Food Australian*, 52, 579-585.

**Candelas-Cadillo, Alanis G. J, Bautista J, Del Rio O., García D.** 2005 contenido licopeno en jugo de tomate secado por aspersion. *Revista Mexicana de Ingenieria*. 4: 299-307.

**Cano-Chauca, M., Stringheta, P.C., Ramos, A.M. y Cal-Vidal, J.** 2005. Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 6 (4), 420–428.

**Castellar, M.R., Obón, J.M., Alacid, M. y Fernández-López, J.A.** 2003. Color properties and stability of betacyanins from *Opuntia* fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 2772-2776.

**Castellar, M.R., Obón, J.M. y Fernández-López, J.A.** 2006. The isolation and properties of a concentrated red-purple betacyanin food colourant from *Opuntia stricta* fruits. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 122-128.



**Chiou, D. y Langrish, T.A.G.** 2007. Development and characterization of novel nutraceutical with spray drying technology. *Journal of Food Engineering*, 82, 84-91.

**De Arco, D.** n.d. Análisis de alimentos. Fundamentos y técnicas de la Universidad de Cartagena.

**Escalona López S. E.** 2004 Encapsulados de luteína-enocianina y su aplicación en alimentos. Universidad de Chile, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Depto. de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química.

**Ersus S., Yurdagel U.** 2007. Microencapsulation of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucuscarota L.*) by spray drier. *Journal of Food Engineering*. 80: 805-812.

**García Gutiérrez C. González Maldonado M.B, Ochoa Martínez L.A, Medrano Roldan.** Microencapsulación del jugo de cebada verde mediante secado por aspersión. *Ciencia y tecnología alimentaria*. (2004) 4: 262-266.

**Gabas A.L., Telis V.R.N., Sobral P.J.A., Telis-Romero J.** Effect of maltodextrin and arabic gum in water vapor sorption thermodynamic properties of vacuum dried pineapple pulp powder. *Journal of Food Engineering*.82:246-252

**Gharsallaoui A.** 2007. Applications of spray-drying in microencapsulation of food ingredients: An overview. *Food Res Int.*; 40 (9): 1107–1121.

**Gibbs, B. F., Kermasha, S., Alli, I. y Mulligan, C. N.** 1999. Encapsulation in the food industry: A review. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 50, 213–224.

**Hellman, J.** 2000. “Farmacotécnica Teórica y Práctica”, Vol. I - VIII. Ed. Continental, México.

**Hernández Alarcón E.** 2005. Evaluación Sensorial. Colombia. Universidad Nacional Abierta y a Distancia. pp. 128.



**Liria-Domínguez M. R.** 2007. Guía para la evaluación sensorial de alimentos. Instituto de Investigación Nutricional. AgroSalud. pp 45.

**Lopera S., Guzmán C., Cataño C., Gallardo C.** 2009. Desarrollo y caracterización de micropartículas de ácido fólico formadas por secado por aspersión, utilizando goma arábica y maltodextrina como materiales de pared. VITAE, REVISTA DE LA FACULTAD DE QUÍMICA FARMACÉUTICA ISSN 0121-4004 Volumen 16 número

**Lozano-Berna M.** 2009. Obtención de microencapsulados funcionales de zumo de opuntia stricta mediante secado por atomización. Universidad Politécnica de Cartagena. Escuela técnica superior de ingeniería industrial. España. P-p 3-4, 21-24

**Norma técnica colombiana NTC 5139.** Frutas frescas. Mangos criollos. Especificaciones. Enero 30 del 2004.

**Masters, K.** 2002. Spray Drying in practice. Ed. SprayDryConsult International ApS, Charlottenlund, Denmark.

**Mujumdar, A.S.** 1995. Handbook of Industrial Drying. Ed. Marcel Dekker, Inc., New York. pp. 263-309.

**Obón, J.M., Castellar, R., Cascales, J.A., Almela, L. y Fernández-López, J.A.** 2003. Propiedades multifuncionales del higo chumbo en *II National Congress on Food Science and Technology*, Ed. CEE Limencop, S.L., Alicante, pp 229-232.

**Obón, J.M., Castellar, M.R., Alacid, M. y Fernández-López, J.A.** 2009. Production of a red–purple food colorant from *Opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food model systems *Journal of Food Engineering*, 90, 471-479.

**Ospina S., Hernandez E., Lozano C.** 2012. Estudio experimental del proceso de fermentación de residuos agroindustriales del mango (*Mangifera Indica L*) Usando *Saccharomyces cerevisiae*. Universidad Católica De Manizales. Colombia



**Pedroza R.** 2002. Alimentos microencapsulados: particularidades de los procesos para la microencapsulación de alimentos para larvas de especies acuícolas. Avances en nutrición acuícola. Memorias del VI Simposio Internacional de Nutrición, México.

**Quek, S.Y., Chok, N.K. y Swedlund, P.** 2007. The physicochemical properties of spray dried watermelon powders. *Chemical Engineering and Processing*, 46 (5), 386– 392.

**Rivas C., Villanueva R., Yañez J.** 2010. Microencapsulación y estabilización enzimática del jugo de Chirimoya (*Annona cherimola* Mill). Instituto Politécnico Nacional.

**Re, M.I.** 1998. Microencapsulation by spray drying. *Drying Technology*, 16, 1195-1236.

**Righetto, A.M., y Netto, F.M.** 2005. Effect of encapsulating materials on water sorption, glass transition and stability of juice from immature acerola. *International Journal of Food Properties*, 8 (2), 337–346.

**Rojas A. Juan Mauricio., Peñuela M. Aida Esther., Gómez P. Claudia Rocio., Aristizabal V. Gloria Esperanza., Chaparro C. María Cristina., López R. José Arthemo.** Caracterización de los productos hortofrutícolas colombianos y establecimiento de las normas técnicas de calidad. Capítulo 3. págs. 50-60. Abril del 2004

**Ronkart, S.N, Deroanne, C., Paquot, M., Fougny, C., Lambrechts, J.C., y Blecker, C.S.** 2007. Characterization of the Physical State of Spray-Dried Inulin. *Food Biophysics*, 2, 83–92.

**Roos, Y. y Karel, M.** 1991. Water and molecular weight effects on glass transitions in amorphous carbohydrates and carbohydrate solutions. *Journal of Food Science*, 56 (6), 1676-1681.



**Snow, R.H.** 2003 Spray Dryers. A Guide to Performance Evaluation. American Institute of Chemical Engineers. NY.

**Tacán-Pérez M. V.** 2007. Caracterización agromorfológica e identificación de zonas potenciales de conservación y producción de guanábana (*Annona muricata*) y chirimoya (*Annona cherimola*) en fincas agricultores y condiciones ex situ en Costa Rica. Centro Agronómico tropical de investigación y enseñanza. pp. 8-9.

**Tonon R. V, Brabet C., Hubinger M. D.** 2008. Influence of process conditions on the physicochemical properties of acai (*Euterpe oleraceae* Mart.) powder produced by spray drying. *Journal of Food Engeneerin.* 88: 411-418.

**UNC.** Universidad Nacional de Colombia. 2010. (en línea). <http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/agronomia/2006228/teoria/obpulpfru/p7.htm>. %20Consultado%20Marzo%202010. Consultado 30 de Septiembre del 2012.

**USP 32.** 2009, Determinación de pH, capítulo <791>.

**Valencia, N. R. et al.** 2009. Producción de etanol a partir de subproductos del café. Centro Nacional de Investigaciones del Café (Cenicafé).

**Villalba M, Yopez I, Arrázola G.** 2006. Caracterización fisicoquímica de frutas de la zona Sinu para su agroindustrialización. *Temas agrarios.* 11(1): 15 – 23.

**Vilstrup, P.** 2004. Microencapsulation of Food Ingredients. Ed. Leatherhead International Limited, Surrey, UK. pp 1- 47.

**Villarroel L., Alvarez J., Maldonado D.** 2003. Aplicación del análisis de componentes principales en el desarrollo de productos. *Acta nova.* 2(3): 399-408.

**Vehring, R.** 2008 Pharmaceutical particle engineering via spray drying. *Pharmaceutical Research,* 25(5), 999-1022.

**Vila Jato, J. L.** 1997. “Tecnología Farmacéutica”. Vol. I. Ed. Síntesis. S.A., Madrid. capítulo 10.



**Viteri P., Cornejo F.** 2010. Estudio de estabilidad de la pulpa de mora sometida a un proceso de liofilización. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador. Pp. 1-6. [en línea].

<http://dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/9836/1/Estudio%20de%20Factibilidad%20de%20la%20Pulpa%20de%20mora.pdf>. Consultado Febrero 2011.

**Yáñez Fernández J., Salazar Montoya J.A., Chaires Martínez L., Jiménez Hernández J., Márquez Robles M. y Ramos Ramírez E. G.** 2005. Aplicaciones Biotecnológicas de la Microencapsulación.

**Zimeri, J.E. y Kokini, J.L.** 2002. The effect of moisture content on the cristallinity and glass transition temperature of inulin. *Carbohydrate Polymers*, 48, 299-304.



# ANEXOS



**ANEXO A: Formato de prueba Hedónica verbal de 5 puntos.**

**NOMBRE:** \_\_\_\_\_ **FECHA** \_\_\_\_\_

**NOMBRE DEL PRODUCTO** \_\_\_\_\_

Pruebe el producto que se presenta a continuación.  
Por favor marque con una X, el cuadrado que esta junto a la frase que mejor describa su opinión sobre el producto que acaba de probar.

- Me gusta mucho**
- Me gusta moderadamente**
- Ni me gusta ni me disgusta**
- Me disgusta moderadamente**
- Me disgusta mucho**

**COMENTARIOS.**

---

---

---

---

**MUCHAS GRACIAS!**