

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INGENIERÍA
DE LOS ALIMENTOS**



**"ESTUDIO DEL SECADO POR ATOMIZACIÓN DE LA PULPA DE
GUAYABA (*Psidium guajava* L.) DEL ECOTIPO ROSADO"**

Tesis

Para optar el título de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Presentado por:

ESMERALDA GILDA MURGA RAMIREZ

Promoción 2011 - II

**Tingo María - PERU
2014**



Q01

M95

Murga Ramírez, Esmeralda Gilda

“Estudio del Secado por Atomización de la Pulpa de Guayaba (*Psidium Guayaba* L.) Del Ecotipo Rosado” 2014

59 páginas; 16 cuadros; 11 fgrs.; 52 ref.; 30 cm.

Tesis (Ingeniero en Industrias Alimentarias) Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María (Perú). Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias.

1. SECADO/ATOMIZ. 2. FRUTO/GUAYABA 3. COMP. QUIMICA
4. EVALUACION 5. ANALISIS 6. ANTIOXIDANTES



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA
Tingo María
FACULTAD DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Av. Universitaria s/n. Teléfono (062) 561385 – Fax (062) 561156
Apart. Postal 156 Tingo María E.mail; fia@unas.edu.pe

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS N° 003-2014

Los Miembros del Jurado que suscriben, reunidos en acto público el 17 de junio de 2014, a horas 5:00 p.m. en la Sala de Grados de la Universidad Nacional Agraria de la Selva, ubicada en la ciudad de Tingo María, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, para calificar la tesis presentado por la Bach. **MURGA RAMIREZ, Esmeralda Gilda**, titulada:

“ESTUDIO DEL SECADO POR ATOMIZACION DE LA PULPA DE GUAYABA (*Psidium guajava* L.) DEL ECOTIPO ROSADO”

*Después de haber escuchado la sustentación, las respuestas a las preguntas formuladas, lo declaran **APROBADO** con el calificativo de **MUY BUENO**; en consecuencia el Bachiller, queda apto para recibir el título de **Ingeniero en Industrias Alimentarias** del Consejo Universitario, de conformidad con el Art. 22° de la Ley Universitaria 23733; los artículos 51° y 52° del Estatuto de la Universidad Nacional Agraria de la Selva.*

Tingo María, 18 de junio de 2014

.....
Ing. Alipio Ortega Rodriguez
Presidente

.....
Ing. Yolanda Ramirez Trujillo
Miembro

.....
Ing. Jaime Basilio Atencio
Asesor

DEDICATORIA

A mis padres, gracias simplemente gracias hoy, mañana y siempre, por apoyarme en la lucha para alcanzar mis ideales.

A todas las personas que han permitido desarrollar mis conocimientos y con quienes he podido aprender y crecer.

A mi familia y seres queridos por siempre darme el apoyo, motivarme e impulsarme a terminar mi carrera, por ser esas personas incondicionales que uno necesita para seguir adelante.

A mis padres Guilde Murga y Teodolfa Ramírez por su apoyo y amor incondicional en toda mi vida.

A mis hermanos Wilder, Skinner, Flor y Gagñe por su cariño y compañía, esperando ser un ejemplo para ellos.

A mi compañero Tony Cenizario por comprenderme durante la etapa de culminación de este trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTO

Agradezco:

- ✓ En primer lugar a Dios por darme fortaleza, todo lo que tengo y no dejarme caer nunca.
- ✓ Agradezco a todas aquellas personas que nos brindaron su apoyo y conocimiento para el desarrollo del presente trabajo de investigación, en especial a mi asesor de tesis, Ing. Jaime Basilio Atencio y a los miembros de jurado Ing. Yolanda Trujillo Ramírez, al Ing. Alipio Ortega Rodríguez.
- ✓ A mi familia, gracias por estar conmigo todos los días y por ser mi apoyo en todo momento.
- ✓ A la Universidad de Nacional Agraria de la Selva de la Facultad de *Ingeniería en Industrias Alimentarias* que me dieron la oportunidad de formar parte de ellas y a todos los docentes de la FIIA.
- ✓ A mis amigas Nelly Javier, Chavely Camacho, Elizabeth Espinoza y a mi amiga Nérida Duran que en paz descansa.

ÍNDICE GENERAL

	Página
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Generalidades de la guayaba	3
2.1.1. Identificación taxonómica.....	4
2.1.2. Utilización del fruto	5
2.1.3. Composición química.....	5
2.2. Antioxidantes.....	6
2.2.1. Definición.....	6
2.2.2. Clasificación de los antioxidantes.....	7
2.2.3. Vitamina C.....	8
2.2.4. Evaluación de la capacidad antioxidante in vitro por 1,1 – 2-picril-hidrazil (DPPH).....	difenil 9
2.2.5. Polifenoles.....	11
2.3. Secado.....	15
2.3.1. Aspectos generales.....	15
2.3.2. Secado por atomización.....	16
2.3.3. La operación de secado por atomización.....	17
2.3.4. Aplicaciones del secado por atomización en la industria alimentaria.....	20

2.3.5. Evaluación sensorial.....	22
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1. Lugar de ejecución.....	24
3.2. Materia prima.....	24
3.3. Insumo.....	24
3.4. Materiales, equipos y reactivos.....	25
3.4.1. Equipos de laboratorio.....	25
3.4.2. Materiales de vidrio.....	25
3.4.3. Reactivos y solventes.....	26
3.4.4. Otros materiales.....	26
3.5. Métodos de análisis.....	27
3.5.1. Determinación de la vitamina C.....	27
3.5.2. Polifenoles totales.....	27
3.5.3. Capacidad antioxidante.....	27
3.5.4. Propiedades de rehidratación.....	27
3.5.5. Evaluación sensorial.....	29
3.6. Metodología experimental.....	29
3.6.1. Determinación de las partes del fruto a usar y nivel de dilución.....	29
3.6.2. Obtención de polvo de pulpa de guayaba.....	29
3.6.3. Evaluación de vitamina C, polifenoles totales y capacidad antioxidante.....	32
3.6.4. Evaluación de las propiedades de rehidratación del producto en polvo obtenido.....	32

3.6.5. Evaluación sensorial.....	32
3.6.6. Evaluación de los parámetros de color.....	33
3.7. Diseño experimental.....	33
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
4.1. Compasión física de la guayaba.....	35
4.2. De la evaluación de las partes del fruto a usar y nivel de dilución.....	36
4.3. Parámetros adecuados, para la atomización de la pulpa de guayaba.....	38
4.4. Variación de la propiedades de la guayaba por efecto del atomizado.....	43
4.4.1. Contenido de humedad.....	43
4.4.2. Contenido de Vitamina C.....	45
4.4.3. Contenido de polifenoles totales.....	46
4.4.4. Capacidad antioxidante por DPPH.....	47
4.5. Propiedades de rehidratación de la pulpa de guayaba atomizada.....	49
4.6. De la evaluación sensorial.....	51
4.7. Parámetros de color en guayaba fresca y atomizada.....	54
4.8. Balance de materia para el proceso de atomización de la pulpa de guayaba.....	55
V. CONCLUSIONES.....	57
VI. RECOMENDACIONES.....	59

VII.	ABSTRAC.....	60
VIII.	BIBLIOGRAFIA.....	62
IX.	ANEXO.....	69

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
1. Valor nutritivo de 100 g de pulpa de fruto maduro de guayabo.....	5
2. Clasificación de los antioxidantes.....	8
3. Tipos de coberturas utilizadas en encapsulación.....	21
4. Composición física de la guayaba.....	35
5. Evaluación de la atomización bajo diferentes formas de preparar la pulpa	36
6. Resultado de humedad del producto atomizado según tratamientos y cantidad de polvo obtenido.....	38
7. Resultado del efecto de la temperatura en la atomización de la pulpa de guayaba.....	40
8. Comparación de medias de humedad para las diferentes temperaturas de atomizado de pulpa de guayaba.....	42
9. Variación de las propiedades de la guayaba por efecto del atomizado expresado en base húmeda.....	43
10. Variación de las propiedades de la Guayaba por efecto del atomizado, expresado en base seca.....	44
11. Propiedades de rehidratación de la pulpa de guayaba atomizada.....	50
12. Comparación de medias de la evaluación sensorial para el atributo sabor	52

13. Comparación de medias de la evaluación sensorial para el atributo aroma.....	53
14. Comparación de medias de la evaluación sensorial, atributo apariencia general.....	53
15. Parámetros de color en guayaba fresca y atomizada.....	55
16. Balance de materia del fruto de guayaba rosada.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
1. Fracciones de un corte de guayaba, desde la parte más externa hacia el centro de la fruta.....	4
2. Estructura química de los polifenoles.....	12
3. Sistema de secado por atomización típico.....	18
4. Estructura general de una microcápsula (LOZANO, 2009).....	21
5. Morfología de los diferentes tipos de microcápsulas.....	22
6. Flujo para la obtención de polvo de la pulpa de guayaba.....	30
7. Diseño experimental del secado por atomización de pulpa de guayaba.....	44
8. Contenido de vitamina C en pulpa fresca y atomizada de guayaba.....	45
9. Polifenoles totales en fresco y polvo de pulpa de guayaba.....	47
10. Coeficiente de inhibición (IC ₅₀) con el radical DPPH en fresco y polvo de pulpa guayaba.....	48
11. Perfil sensorial de los atributos de la guayaba fresca y atomizada.....	54

RESUMEN

Los objetivos del presente trabajo de investigación fueron: Determinar los parámetros adecuados para la atomización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava L.*) del ecotipo rosado; evaluar el contenido de vitamina C; polifenoles totales; capacidad antioxidante y propiedades de rehidratación de la guayaba en polvo y realizar la evaluación sensorial del producto. La metodología se desarrolló atomizando el jugo de guayaba a diferentes parámetros de secado y del mejor tratamiento se determinó el contenido de vitamina C; polifenoles totales y capacidad antioxidante por espectrofotometría.

Los parámetros adecuados del atomizado fue: Temperatura de secado: 170° C, Flujo de alimentación: 10 mL/min, concentración de goma arábiga 4%, obteniéndose un polvo microencapsulado con 3,8% de humedad.

El contenido de vitamina C en guayaba fresca fue $76,97 \pm 1,13$ mg/100 g y en guayaba atomizada: $233,07 \pm 18,10$ mg/100; El contenido de polifenoles totales en pulpa fresca de guayaba fue: $145 \pm 15,91$ mg equiv. AG/100g y en guayaba atomizada: $665,09 \pm 56,93$ mg equiv. AG/100g ($6,9134$ mg/g m.s). El coeficiente de inhibición (IC_{50}) frente al radical DPPH de la pulpa de guayaba del ecotipo rosado fue: $3,659 \pm 0,154$ mg/mL ($31,6249$ mg/ gr.m.s) y en guayaba atomizada: $0,766 \pm 0,037$ mg/mL ($0,7963$ mg/ gr.m.s). Las propiedades de rehidratación de la pulpa de guayaba atomizada fueron:

Humedad, $3,8 \pm 0,1$ %, densidad, $0,44 \pm 0,056$ g/cm³, humectabilidad $170,66 \pm 4,652$ s, Higroscopicidad ($0,96 \pm 0,043$ g de agua/kg solido seco) (min) y Solubilidad $85,38 \pm 2,359$ %. Existe diferencia significativa entre los atributos: sabor, aroma y apariencia general entre la pulpa fresca y atomizada.

I. INTRODUCCION

El secado es un método de conservación que permite eliminar una gran cantidad de agua del alimento impidiendo cualquier actividad microbiana o enzimática que deteriore el producto.

El proceso de secado surge debido a la necesidad de poder consumir alimentos que en cierta época del año no se cosechan o producen y que por su composición química son susceptibles a descomponerse. En la actualidad los métodos de secado desarrollados tienen gran auge tanto en la industria química y de transformación como en la de alimentos.

La guayaba destaca por su contenido en vitamina C, que es aproximadamente dos veces más que la naranja; aporta en menor medida otras vitaminas del grupo B (sobre todo niacina o B₃). Si la pulpa es anaranjada, es más rica en provitamina A (carotenos). Ambas vitaminas, cumplen además una función antioxidante. Respecto a los minerales, destaca su aporte de potasio. Su aporte de fibra es elevado por lo que posee un suave efecto laxante y previene o reduce el riesgo de ciertas alteraciones y enfermedades. Es de bajo valor calórico, por su escaso aporte de hidratos de carbono y menor aún de proteínas y grasas (ROJAS *et al.*, 2008).

Es aquí donde radica la importancia de realizar los procesos de obtención de estos concentrados, de forma que se tenga la mayor calidad, además de

ofrecer un producto natural y con la menor cantidad de conservadores, que es por lo que se caracterizan algunos de los concentrados en polvo que se venden hoy en día. Entre los equipos de secado más comúnmente utilizados se encuentran los secadores de tambor, secadores rotatorios, secador de túnel, de banda, de lecho fluidizado y de aspersion, entre otros.

En este sentido la deshidratación por atomización representa una alternativa viable para conseguir productos de alto valor comercial, debido a la reducción de peso, facilidad de conservación, calidad del producto en general y por la diversidad en su uso. En tal sentido, para el presente trabajo de investigación se ha planteado los siguientes objetivos:

- Determinar los parámetros adecuados para la atomización de la guayaba.
- Evaluar el contenido de vitamina C, polifenoles totales, capacidad antioxidante y propiedades de rehidratación de la guayaba en polvo.
- Realizar la evaluación sensorial de la guayaba en polvo.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades de la guayaba (*Psidium guajava* L)

Es una especie nativa de América, siendo su centro de origen en *Brasil o en algún lugar entre México y Perú; de acuerdo con algunos investigadores, la guayaba fue domesticada hace 2000 años por los indígenas. Hoy su cultivo se ha extendido a diferentes países del mundo y en los últimos años, se ha despertado un interés por manejarlo a nivel comercial utilizando variedades mejoradas con frutos de buen tamaño y excelentes rendimientos. Según las variedades, la guayaba puede tener forma redondeada semejantes a un limón o parecida a una pera. Su cáscara es cerosa, en algunas variedades de piel lisa, otras rugosa y de un color, de verde a amarillento según la especie y su grado de maduración. Bajo la cáscara se encuentra una primera capa de pulpa, consistente y gran número de semillas de constitución leñosa y dura. La pulpa puede ser de color beige en ocasiones y en otras de color rosado. Los países productores son: Brasil, Colombia, Perú, Ecuador, India, Sudáfrica, California, Florida, México, Filipinas, Venezuela, Costa Rica, Cuba, Puerto Rico. La guayaba es una fruta con mayor contenido vitamínico (16 vitaminas diferentes), contiene minerales como calcio, fósforo, hierro; sustancias albuminoides, ácido tánico, vitamina B₁, B₂, B₃, C (DESCA, 2010).*

Las fracciones de un corte transversal de guayaba se presentan en la Figura 1.

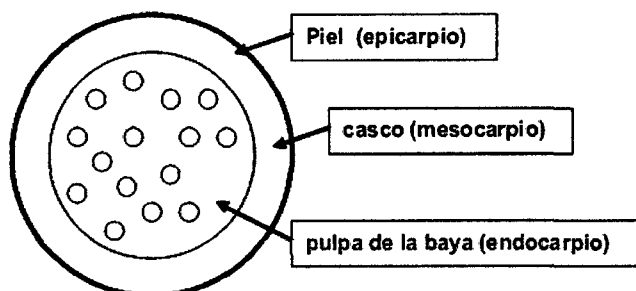


Figura1. Fracciones de un corte de guayaba, desde la parte más externa hacia el centro de la fruta.

2.1.1. Identificación taxonómica

Según SIIT (2002), la guayaba (*Psidium guajava L.*) presenta la siguiente identificación taxonómica:

Reino	:	Plantae
Sub-reino	:	Tracheobionta
División	:	Magnoliophyta
Clase	:	Magnoliopsida
Sub-Clase	:	Rosidae
Orden	:	Mirtales
Familia	:	Mirtaceae
Género	:	<i>Psidium</i>
Especie	:	<i>Psidium guajava L.</i>

2.1.2. Utilización del fruto

El fruto maduro es comestible; se consume al estado natural, en su totalidad o sólo el mesocarpio; tiene aroma agradable y sabor que varía de muy ácido a dulce, el mejor sabor es el agridulce. Se utiliza en la fabricación casera o industrial de conservas de fruta o del mesocarpio; en almíbar, puré, mermeladas y jaleas, zumos y néctares. Es muy apreciable como saborizante del yogur, gelatinas y helados (FLORES, 1997).

2.1.3. Composición química

La composición química de la guayaba es variable dependiendo de los ecotipos, tipo de suelo, condiciones edafológicas, etc. La composición promedio se presenta en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Valor nutritivo de 100 g de pulpa del fruto maduro de guayabo.

Componente	Cantidad	Unidades
Humedad	85,52	g/100 g M.H.
Cenizas	5,96	g/ 100 g M.S.
Lípidos	0,106	g/ 100 g M.S.
Proteína	4,006	g/100 g M.S.
Fibra	38,05	g/ 100 g M.S.
Acidez	0,304	g Ac. cítrico/ 100 g M.S.
Vitamina C	832,7	mg Vit. C/100 g M.S.

FUENTE: HINCAPIÉ *et al.* 2011

2.2. Antioxidantes

2.2.1. Definición

Antioxidante es cualquier sustancia que a bajas concentraciones reduce, retrasa significativamente o previene la oxidación de un sustrato (SIES, 1997). Los antioxidantes son sustancias químicas que inactivan los radicales libres o inhiben su producción, impidiendo así el deterioro en las células. Los antioxidantes ceden un electrón al radical libre, oxidándose y transformándose en un radical libre débil que es inofensivo, en algunos casos puede llegar a regenerarse como en el caso de la vitamina E (PINEDA, 2005).

Los antioxidantes son compuestos que prolongan la vida útil del alimento, protegiendo contra el deterioro causado por la oxidación, inhiben la propagación de radicales libres por eso son utilizados para prevenir el deterioro de los alimentos, evitando la rancidez de las grasas y los cambios de color. (SIES, 1997).

Un antioxidante es una sustancia que retrasa o inhibe las reacciones oxidativas. Los antioxidantes pueden actuar en diferentes etapas de una secuencia oxidativa; así también pueden actuar en sitios específicos o puede actuar en diferentes lugares (CERVATO, 2000).

Los antioxidantes neutralizan o bloquean la recepción en las moléculas del radical libre del oxígeno que puede causar daño a la estructura y la función de las membranas celulares, el DNA de las proteínas de la célula pueden ser dañados. Estos daños se han relacionado con el inicio de muchas enfermedades degenerativas tales como el cáncer, arterioesclerosis, cataratas

y degeneración muscular relativa a la edad así como el envejecimiento prematuro (RAMOS, 2007).

En las últimas décadas las sustancias antioxidantes han adquirido una relevancia notorio ya que en muchos casos ha sido demostrado su participación en la prevención de enfermedades degenerativas tales como las cardiovasculares y neurológicas diferentes tipos de cáncer y otras disfunciones relacionadas con el estrés oxidativa (CANO y ARANO, 2004).

2.2.2. Clasificación de los antioxidantes

- Antioxidantes endógenos

Los antioxidantes endógenos o antioxidantes enzimáticos, actúan a nivel celular. Existe tres sistemas principales de enzimas antioxidantes: 1) Superóxido dismutasa (SOD), 2) Catalasa (CTL) y 3) Gutación peroxidasa (GPX) (GONZÁLEZ *et al.*, 2000).

- Antioxidantes exógenos

Los agentes antioxidantes exógenos son aquellos que se ingieren a través de la alimentación y desde el punto de vista práctico son los más importantes de todos, ya que son los únicos que pueden ser introducidos al organismo de forma voluntaria por cada persona, en función de sus conocimientos sobre el tema, la disponibilidad de alimentos en un momento dado y la voluntad e interés que tenga de consumir una dieta saludable. Los antioxidantes exógenos o no enzimáticos, transforman los radicales en menos agresivos (POLYAKOV *et al.*, 2001).

En el Cuadro 2, se presenta la clasificación de los antioxidantes.

Cuadro 2. Clasificación de los antioxidantes

Exógenos	Endógenos	Cofactores
Vitamina E	Glutación	Cobre
Vitamina C	Coenzima Q	Zinc
Betacaroteno	Ácido tióctico	Manganeso
Flavonoides	Enzimas: Superoxidodismutasa (SOD)Catalasa	Hierro
Licopeno	Glutación peroxidasa	Selenio

FUENTE: CRIADO Y MOYA (2009).

El sistema defensa antioxidante del cuerpo humano consiste en antioxidantes endógenos y exógenos. Los antioxidantes endógenos son: enzima superóxido dismutasa (SOD), enzima glutación peroxidasa (GPx), catalasas, glutación reductasa y glutación S transferasa y los exógenos son: vitaminas, provitaminas, flavonoides y minerales. En cuanto a los antioxidantes no endógenos, mientras las vitaminas actúan donando o aceptando electrones en las reacciones de óxido-reducción, los minerales regulan la actividad de las *enzimas antioxidantes actuando como cofactores* (CRIADO y MOYA, 2009).

2.2.3. Vitamina C

Es un componente altamente polar, por tanto altamente soluble en agua e hidrosoluble en solventes no polares. La vitamina C actúa como agente reductor en reacciones de óxido – reducción (son reacciones donde ocurre transferencia entre especies, permitiendo la oxidación de una especie y

llevando la otra especie a ser reducida). Es considerada como agente reductor más reactivo que puede ocurrir en forma natural en tejidos vivientes, también es considerada como nutriente esencial para el ser humano, ya que este no puede sintetizarlo por sí solo (Fenema 1996, mencionado por SOTO, 2005).

Estudios realizados en el 2001, demuestran que la vitamina C puede reducir el daño oxidativo *in vivo* al consumirse de 60 a 75 mg. En mujeres y 90 mg en hombres adultos (Johnstin 2001, mencionado por BOLAÑOS, 2003). La vitamina C está presente en las frutas, verduras y patatas en forma de ácido L-ascórbico y ácido dehidroascórbico. El ascorbato es probablemente, el antioxidante hidrosoluble más efectivo presente en el plasma. Es capaz de atrapar y reducir nitritos, inhibiendo por tanto la formación en el estómago de compuestos carcinogénico N-nitroso. Los estudios *in vitro* sugieren que ejerce un papel protector contra el daño oxidativo de los constituyentes celulares y las lipoproteínas circulantes. Las pruebas epidemiológicas son consistentes con un efecto protector de la vitamina C contra el cáncer de estómago, faringe y esófago (Jonson *et al.* 2001, citado por ZAPATA *et al.*, 2007).

2.2.4. Evaluación de la capacidad antioxidante *in vitro* por 1,1 difenil – 2-picril-hidrazil (DPPH)

El estudio de nuevos compuestos con potencial efecto antioxidante cada vez adquiere más relevancia en los campos de la biología, la nutrición, la industria alimentaria y la medicina, lo que hace necesaria la existencia de métodos *in vitro* simples, rápidos y sobre todo, fiables, para la determinación de

la capacidad antioxidante de compuestos ya sea en su forma pura (moléculas aisladas) o compleja (alimentos o muestras biológicas) (UGARTONDO, 2009).

El principio del método de DPPH consiste en la sustracción de un átomo de hidrogeno proveniente de un donador (compuesto fenólicos) para generar un compuesto difenilpicrilhidrazina y una especie radical (GARCIA *et al.*, 2001). La reducción de la concentración del DPPH está indicada como el decremento de la absorbancia en el tiempo (Brand Williams *et al.* 1995, citado por SANDOVAL *et al.*, 2001).

1,1 difenil-2-picril-hidrazil (DPPH), es un radical libre estable y se utiliza como indicador para medir la capacidad de secuestro de cualquier compuesto que posea actividad antioxidativa. El principio del método de DPPH consiste en la sustracción de un átomo de hidrógeno proveniente de un donador (ejemplo compuesto fenólico) para generar el compuesto difenilpicrilhidrazina y una especie radical. En este proceso, la reacción desarrolla un cambio de color de violeta a amarillo o naranja pálido, a medida que disminuye la absorbancia detectable a 515 nm (LEBEAU *et al.*, 2000).

El DPPH es un radical sintético estable soluble en metanol que puede aceptar un electrón o radical hidrógeno para convertirse en una molécula diamagnética estable (GIL, 2000).

Debido a que el DPPH reacciona con agentes reductores adecuados, este electrón y la solución pierde color estequiométricamente con el número de electrones que se toman de la siguiente forma:



La reacción se lleva a cabo en medio orgánico (metanol, etanol, benceno o dióxido) o en medio acuoso – orgánico (50% de etanol) (BRAND, 1995). Esta actividad ha sido utilizada para evaluar la actividad antioxidante de plantas, extractos microbianos y alimentos (DA PORTO *et al.*, 2000).

El DPPH es un radical libre estable, disuelto que tiene una coloración azul-violeta. En presencia de un antioxidante el DPPH es convertido a 1,1-difenil-2-picrilhidrazilo con un color amarillo (Cervato *et al.* 2001, mencionado por BOLAÑOS, 2003).

Los resultados de este método son expresados en IC_{50} , el cual se define como la concentración necesaria de muestra para reducir el 50% de la cantidad inicial de DPPH y se expresa como la relación de cada componente por radical. Los niveles bajos de IC_{50} , indican alta eficacia en la donación de hidrógeno (Silva *et al.* 2000, mencionado por BOLAÑOS, 2003).

2.2.5. Polifenoles

UGARTONDO (2009) menciona que desde el punto de vista químico, los polifenoles se caracterizan por contener un anillo aromático unido a dos o más grupos hidroxilo (grupo fenol); la estructura de los polifenoles varía de moléculas simples, como los ácidos fenólicos, a estructuras complejas, como los taninos condensados. Se clasifican en cuatro familias en función del número de anillos fenólicos y de los elementos estructurales unidos a esos anillos: flavonoides, ácidos fenólicos, estilbenos y lignanos.

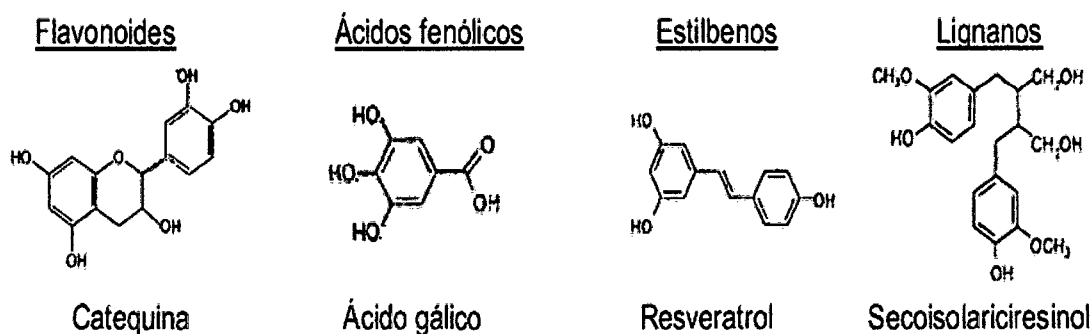


Figura 2. Estructura química de los polifenoles.

Los flavonoides. Los flavonoides son polifenoles de bajo peso molecular formados por la combinación de derivados de fenilalanina y el ácido acético; *comparten una estructura común caracterizada por tener un esqueleto difenilpropano (C₆C₃C₆) basado en el núcleo flavonoide formado por tres anillos conocidos como A, B y C. El anillo aromático A está condensado con un anillo de seis carbonos (C), un heterociclo oxigenado, que en posición dos tiene un anillo bencénico como sustituyente (B). Son compuestos fenólicos que pertenecen a los populares fitoquímicos, sustancias derivados de vegetales, con acción potencialmente beneficiosa para la salud y que constituyen el principio activo de muchas plantas medicinales.*

Las diferencias entre los diversos grupos de flavonoides se establecen por el grado de aromaticidad (dobles enlaces conjugados), el patrón de hidroxilación (orden y número), el tipo de sustituciones (glicosilación, metilación, sulfatación, etc.) y el grado de polimerización de sus estructuras. Las variaciones estructurales en los anillos permiten subdividir a los flavonoides en seis subclases flavonoles, flavonas, flavanonas, isoflavonas, flavanoles (catequinas y proantocianidinas) y antocianidinas.

Ácidos fenólicos. Los ácidos fenólicos son los compuestos no flavonoides más estudiados y se caracterizan por tener un ácido carboxílico funcional. Los ácidos fenólicos forman un grupo diverso que incluyen los derivados del ácido hidroxibenzoico y del ácido hidroxicinámico. Ejemplos de los derivados del ácido hidroxibenzoico son el ácido p- hidroxibenzoico, gálico y eláxico, dentro de los ácidos hidroxicinámico los que se encuentran en mayor proporción en frutas son los ácidos p-cumárico, cafeico y ferúlico. Generalmente los ácidos fenólicos están presentes en diversas formas conjugadas, siendo más frecuentes como ésteres que como glucósidos (ODRIOZOLA, 2009).

2.2.5.1. Actividad biológica de los compuestos polifenólicos

La actividad antioxidante de los compuestos polifenólicos se basa en su capacidad secuestradora de radicales libres (*scavengers*) y de quelación de metales, su estructura química es la ideal para reaccionar con los radicales libres y formar un radical intermedio más estable y menos reactivo, ya que la presencia de anillos aromáticos y grupos hidroxilo permite que se deslocalicen los electrones.

Además de sus propiedades antioxidantes, los polifenoles poseen otras actividades biológicas específicas derivadas o no de su acción antioxidante. Se les atribuyen propiedades antimicrobianas y antimutagénicas, inhiben in vitro la oxidación de las lipoproteínas de baja densidad (LDL) relacionadas con enfermedades coronarias, y protegen el ADN del daño oxidativo que tiene graves consecuencias en algunos cánceres relacionados

con la edad, además inhiben la agregación plaquetaria y presentan efectos antiinflamatorios (UGARTONDO, 2009)

2.2.5.2. Selección de antioxidantes

BADUI (1997) indica que las principales consideraciones que se deben tomar en cuenta al seleccionar un antioxidante son las siguientes:

- **Potencia:** cada uno de ellos presenta una capacidad o potencia para inhibir la rancidez en un determinado sistema lipídico lo cual depende de la facilidad de donación de protones de acuerdo con su molécula y del medio que lo rodea.

- **Solubilidad:** los compuestos deben tener una relación hidrófila/lipófila que determina su solubilidad.

- **Tendencia a la coloración:** en determinadas circunstancias los antioxidantes llegan a producir compuestos coloridos indeseables en los alimentos en presencia de otros compuestos; por otra parte los propios antioxidantes pueden oxidarse, polimerizarse y generar complejos propiamente oscuros, esta transformación se acelera con la luz y las altas temperaturas, pero generalmente no disminuye su poder protector.

- **pH del alimentos:** generalmente los antioxidantes fenólicos tienen más carácter ácido que básico, por lo que son más compatibles en productos con pH menores de 7.

- **Temperatura del proceso:** cada antioxidante tiene una temperatura a la que se volatiliza, lo cual es preciso tomar en cuenta para elegir un determinado tratamiento a la que se someterá al alimento.

- **Estabilidad en el almacenamiento:** es necesario considerar que los antioxidantes sufren cambios químicos en el almacenamiento y que sus soluciones llegan incluso a cristalizar lo que ocasiona una reducción de su poder.

2.3. Secado

2.3.1. Aspectos generales

El secado consiste generalmente en la eliminación de humedad de una sustancia por evaporación del agua de la superficie del producto, trasasándola al aire circundante. La rapidez de este proceso depende del aire (la velocidad con la que éste circule alrededor del producto, su grado de sequedad, etc.), y de las características del producto (composición, contenido de humedad, tamaño de las partículas, etc.). El secado es un proceso en el que se intercambian calor y masa. Incluye una operación energética elemental y representa una de las acciones térmicas básicas en la industria de procesos y agro-alimentaria. El secado o deshidratación se usa como técnica de preservación, pues muchas enzimas y microorganismos que causan cambios químicos en los alimentos y otros materiales, no pueden crecer y desarrollarse en ausencia de agua (BERMUDEZ y MAIZ, 2004).

También el secado de los alimentos reduce su peso y en muchos casos el volumen, lo que incluye en una reducción importante, de los costos de empaque, almacenamiento y transporte. Los productos secos además permiten ser almacenados a temperatura ambiente por largos periodos de tiempo (BARBOSA, 2000).

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 (LOZANO, 2009).

El secado por atomización es particularmente aplicable al secado de materiales que son sensibles al calor, pues hay menos probabilidad de colorear, oxidar o que sufran pérdida de aroma o degradación como la que en alguna forma de los tipos de secadores es discutido. También es un método muy efectivo de producir aromas encapsulados en gomas naturales, almidones modificados o mezclas de los mismos.

2.3.2. 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 (LOZANO, 2009).

IBARZ *et al.* (2000) describe que el secado por atomización es una operación unitaria muy usada en la industria de procesado de alimentos.

Básicamente un sistema de secado por atomización consta de:

- Calentador de aire.

- Cámara de secado.
- Sistema de pulverizado de material en la cámara de secado.
- Sistema para separar las partículas secas del aire.
- Uno o varios aparatos impulsores de aire para hacerlo circular a través del sistema.

BARBOSA (2000) menciona que el alimento que se encuentra en estado líquido es transformado en gotas y luego en partículas secas mediante atomización continua en un medio caliente de secado. Las ventajas del secado por atomización son las siguientes:

- Las especificaciones de los polvos permanecen constantes a lo largo del secado cuando las condiciones de secado son constantes.
- Es una operación de secado continua y fácil y se puede adaptar a un control automático completo.
- Existe un amplio intervalo de diseños de secadores que pueden aplicar a materiales sensibles al calor, corrosivos y abrasivos.

2.3.3. 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. 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 (LOZANO 2009).

En la Figura 3 se muestra el sistema de secado por atomización.

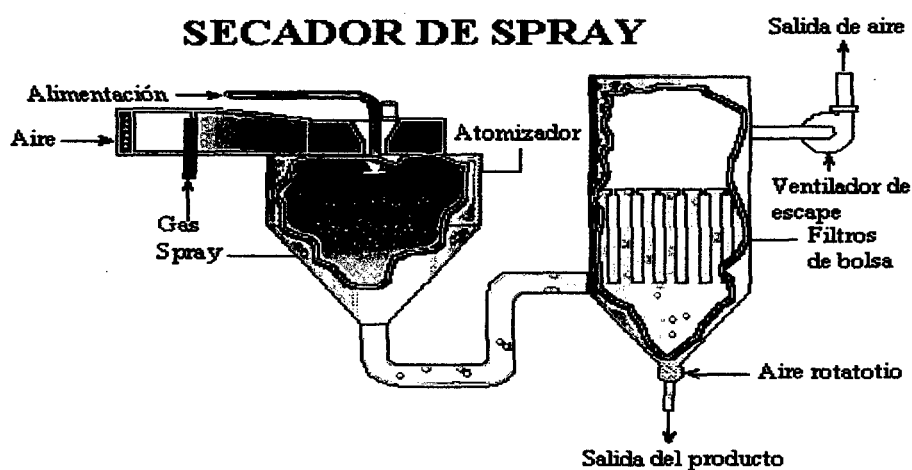


Figura 3. Sistema de secado por atomización típico.

El secado por atomización presenta tanto ventajas como inconvenientes (LOZANO 2009).

Las principales ventajas del secado por atomización son:

- Control de los parámetros de calidad del producto así como especificaciones concretas.
- 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.

- El secado por atomización permite la producción de grandes cantidades en la operación continua y con un equipo relativamente simple.
- 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.
- Produce partículas relativamente uniformes, esféricas y con casi la misma proporción de compuestos que en la alimentación líquida.
- 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.
- Proteger el material activo de la degradación producida por el medio ambiente (calor, aire, luz, humedad), etc.
- El compuesto encapsulado se libera gradualmente del compuesto que lo ha englobado o atrapado en un punto determinado.
- Las características físicas del material original pueden ser modificadas y hacer más fácil su manejo (un material líquido convertido a polvo), la higroscopia puede ser reducida, la densidad se modifica y el material contenido puede ser distribuido más uniformemente en una muestra.
- El sabor y olor del material puede ser enmascarado.
- Puede ser empleado para separar componentes, con el fin de que estos no reaccionen.
- Estabilización de principios activos inestables.
- Transformación de líquidos en sólidos Las desventajas del secado por atomización son:

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

2.2.4. Aplicaciones del secado por atomización en la industria alimentaria

La atomización se ha utilizado en diversas aplicaciones industriales. Las aplicaciones más importantes están relacionadas con el secado de leche, café y té instantáneo, huevos deshidratados, proteínas de suero, enzimas y microorganismos (BARBOSA, 2000).

Los productos en los que se utiliza el secado por atomización son el café, huevos, leche, sopas y alimentos para niños. Los alimentos en los que se utiliza este tipo de secado pueden ser soluciones, suspensiones o pastas obteniéndose un producto final en polvo, con propiedades físicas que son función del diseño y forma de operar del secador (IBARZ *et al.*, 2000).

En el Cuadro 3, se presenta los tipos de coberturas utilizadas en encapsulación.

Cuadro 3. Tipos de coberturas utilizadas en encapsulación

Tipo de cobertura	Cobertura específica
Gomas	Goma arabiga, agar, alginato de sodio, carragenina.
Carbohidratos	almidon, dextranos (maltodextrina), sacarosa, jarabes de maiz.
Celulosas	carboximetil - celulosa, metil celulosa, etil celulosa, acetil celulosa.
Lípidos	Ceras, parafinas, tristearina, acido. Esteárico, mono glicérido, di glicéridos, aceites, grasas.
Materiales inorgánicos	Sulfato de calcio, silicatos.

Fuente: YAÑEZ *et al.* (2005)

FINNEY *et al.* (2000) mencionan que el secado por atomización es el mejor proceso empleado para producir aromatizantes secos. La popularidad del secado por atomización se debe a que fue el primer proceso usado en la industria del favor para obtener aromatizantes encapsulados.

En las Figuras 4 y 5 se presenta la estructura y morfología de las microcápsulas.

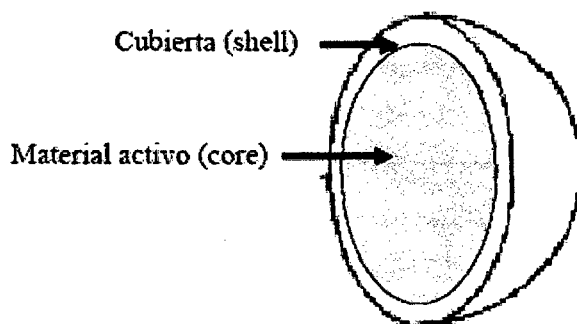


Figura 4. Estructura general de una microcápsula (LOZANO, 2009).

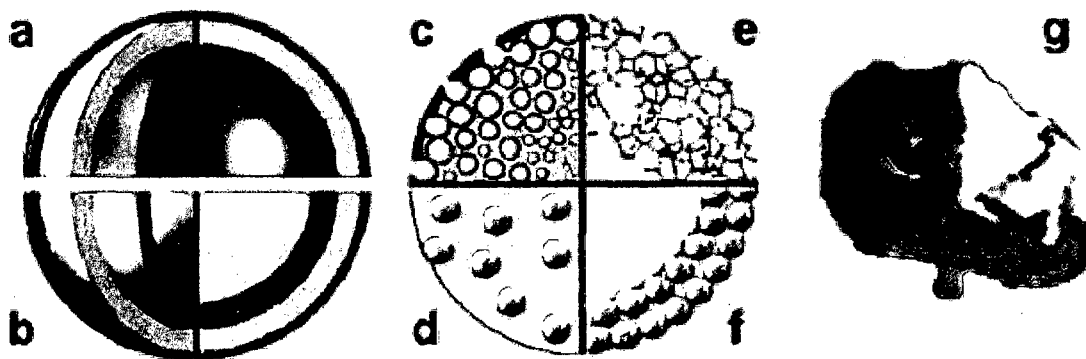


Figura 5. Morfología de los diferentes tipos de microcápsulas.

2.3.5. 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 reemplazar la respuesta humana. 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. 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 poder determinar las especificaciones

de acuerdo a las expectativas y necesidades del mercado (HERNÁNDEZ, 2005).

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.

Según WATTS *et al.* (1992), el análisis sensorial es una ciencia multidisciplinaria en la que se utilizan panelistas humanos que utilizan los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído para medir las características sensoriales y la aceptabilidad de los productos alimenticios, y de muchos otros materiales. Las escalas de medición se utilizan para cuantificar la información de las pruebas sensoriales. Existen diferentes tipos de escalas: nominal, ordinal, de intervalo y racional. Dado que el tipo de análisis estadístico que se llevará a cabo se ve afectado por el tipo de escala seleccionado, la escala de medición deberá seleccionarse sólo después de haber analizado cuidadosamente los objetivos del estudio.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Lugar de ejecución

El presente trabajo de investigación se ejecutó en los laboratorios de Análisis de Alimentos, Biotecnología, Ingeniería de Alimentos y en la Planta Piloto de Frutas y Hortalizas de la Universidad Nacional Agraria de la Selva; ubicado en el distrito de Rupa Rupa, provincia de Leoncio Prado, departamento de Huánuco, a una altitud de 660 m.s.n.m. a 09°17'08" de Latitud Sur, a 75°59'52" de Latitud Oeste, con clima tropical húmedo y con una *humedad relativa media de 84% y temperatura media anual de 24 °C.*

3.2. Materia prima

La materia prima empleada fue la guayaba del ecotipo rosado (*Psidium guajava L*) en estado maduro, recolectadas de un fundo, ubicado en el *caserío de Rio Negro de la ciudad de Tingo María*, los frutos se transportaron en cestas de plástico hasta el laboratorio.

3.3. Insumo:

Goma arábica, conocida como goma acacia o goma mimosa es el *exudado que se obtiene de la corteza de árboles como Acacia senegal y otros del mismo género*; es un polímero de cadena larga, de alto peso molecular

(58400 g/mol) y que se pueden dispersar o disolver en agua fría o caliente, produciendo un efecto espesante o gelificante (ZANOLONI, 1992)

3.4. Materiales, equipos y reactivos

3.4.1. Equipos de laboratorio

- Atomizador de laboratorio, marca LABPLANT
- Licuadora, marca OSTERIZER.
- Espectrofotómetro modelo Genesys 6 (Thermo Electrón Corporation)
- Balanza analítica modelo AE 163 (METLER TOLEDO, witzerland).
- Agitador magnético modelo 625 Standard (VWR™ hotplate/stirrer).
- Colorímetro modelo konica Minolta CR400.
- Congelador FFV-2065FW (Frigidaire, USA)
- Homogeneizador modelo VORTEX GENIE-2 (Scientific industries SITM)
- Estufa modelo ODH6- 9240A (TOMOS Heating Drying Oven)
- Refractómetro.
- Centrífuga modelo MIKRO 22R (Hettich).
- Tamiz 300 μ .

3.4.2. Materiales de vidrio

- Matrices Erlenmeyer de 250 mL
- Vasos de precipitación de 50, 100, 250 y 1 000 mL

- Pipetas graduadas de 2, 5 y 10 mL
- Micropipetas 10 – 50 μ l, 20-200 μ l y 100-1 000 μ l
- Tubos de ensayo Gene Mate® de 10 mL
- Fiolas de 50, 100, 500 y 1 000 mL
- Probetas graduadas de 10, 100, 250 y 500 mL.
- Placas Petri.

3.4.3. Reactivos y solventes:

- L(+) ácido ascórbico puro, Sigma Chemical
- 2,6 diclorofenolindofenol
- Etanol absoluto al 96 y 80 %
- Folin-ciocalteus, Merck. Germany
- Carbonato de Sodio (Na_2CO_3) p.a. ISO. Scharlau
- Ácido gálico.
- 2,2-Diphenyl-1-picrilhydrazyl (DPPH; Sigma Aldrich, USA).
- Acido oxálico.
- Agua destilada desionizada (H_2O)

3.4.4. Otros materiales:

Cubetas de poliestireno, Gene Mate® (1cm x 1cm x 4,5 cm), Tips, FISHERBRAND® (1000 μ l, 200 μ l), microtubos (1,5 – 2,0 ml), gradillas, espátulas, filtro de paso rápido.

3.5. Métodos de análisis

3.5.1. Determinación de vitamina C

Según el método espectrofotométrico del 2,4 diclorofenolindofenol (DFIF).

3.5.2. Polifenoles totales

Según el método de espectrofotometría de absorción molecular desarrollado por Folin y Ciocalteau con modificaciones descritas por SANDOVAL *et al.* (2001).

3.5.3. Capacidad antioxidante

Determinación del Coeficiente de Inhibición (IC50), radical 2,2-diphenyl-picrilhydrazyl (DPPH), según el método descrito por YAMAGUCHI *et al.* (1998), Para la determinación del porcentaje de inhibición se utilizó la siguiente ecuación:

$$\%InhibicionDPPH = \left[\frac{(AbsControl - AbsMuestra)}{AbsControl} \right] \times 100$$

3.5.4. Propiedades de rehidratación

- Solubilidad:

Se llevó a cabo por la metodología de Eastman y Moore (1984), modificado por Cano *et al.* (2005), citado por OCHOA *et al.* (2011), en la cual 1 g de polvo se coloca en 100 ml de agua destilada, se agita manualmente hasta que se solubilice toda la muestra, se transfiere a tubos *ependorf* para su centrifugación a 5260 r.p.m. durante 5 min, se toma una muestra representativa

de 25 ml del sobrenadante y se pasa a cajas Petri. Finalmente se seca en estufa a 105 °C por 5 h.

La solubilidad (%) es calculada por diferencia de peso.

- Densidad de Masa

Se llevó acabo de acuerdo a lo descrito por Papadakis (2006), citado por OCHOA *et al.* (2011); se colocan 100 g de polvo en una probeta graduada de 250 mL, ésta es golpeada ligeramente en la mesa de trabajo 100 veces a una altura de 10 cm.

La densidad se calcula al dividir la masa del polvo entre el volumen final ocupado en la probeta.

- Humectabilidad

Se llevó a cabo por el método descrito por Mujumdar (1987), citado por OCHOA *et al.* (2011); indica el tiempo requerido (segundos) para humedecer completamente 10 g de muestra en 100 ml de agua destilada a 25 °C en cajas Petri de 17,5 cm.

- Higroscopicidad

Se llevó a cabo de acuerdo a la metodología descrita por Alkahatani y Hassan (1990) citado por OCHOA *et al.* (2011); 5 g de muestra se colocan en cajas Petri de 9 cm de diámetro, para llevar a cabo una alta superficie de contacto entre el aire humidificado y el polvo. Se colocan en una cámara Sanyo Gallenkamp Modelo HCC 031.C.F1 a 21 °C y 76 % de humedad relativa. Se registra el incremento de peso de las muestras en intervalos de 15 min.

3.5.5. Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se realizó según la metodología de UREÑA (1999).

3.6. Metodología experimental

3.6.1. Determinación de las partes del fruto a usar y nivel de dilución

Debido a la naturaleza del fruto de la guayaba, fue necesario establecer las partes de la fruta a usar y el nivel de dilución. Para ello se evaluaron tratamientos de pulpa con cáscara y pulpa sola y diluciones de pulpa: agua (1:1,5; 1:2; 1:2,5), que fueron licuados, tamizados y secados por atomización a 160, 170 y 180°C a velocidad de flujo de 10, 15 y 20 mL/min.

3.6.2. Obtención de polvo de pulpa de guayaba

El flujo para la obtención de polvo de la pulpa de guayaba, se muestra en la Figura 1 y se describe a continuación.

Materia prima: La guayaba se llevó al laboratorio de Ingeniería de alimentos (UNAS), utilizando cestas de plástico.

Selección: Se seleccionó en base al nivel de madurez y tomando en cuenta el tamaño, color y aspecto.

Pesado: Los frutos de guayaba, una vez seleccionados fueron pesados, con la finalidad de determinar el balance de materia.

Lavado y Desinfección: Se realizó por inmersión en agua, adicionando hipoclorito de sodio a 50 ppm y luego se enjuagó.

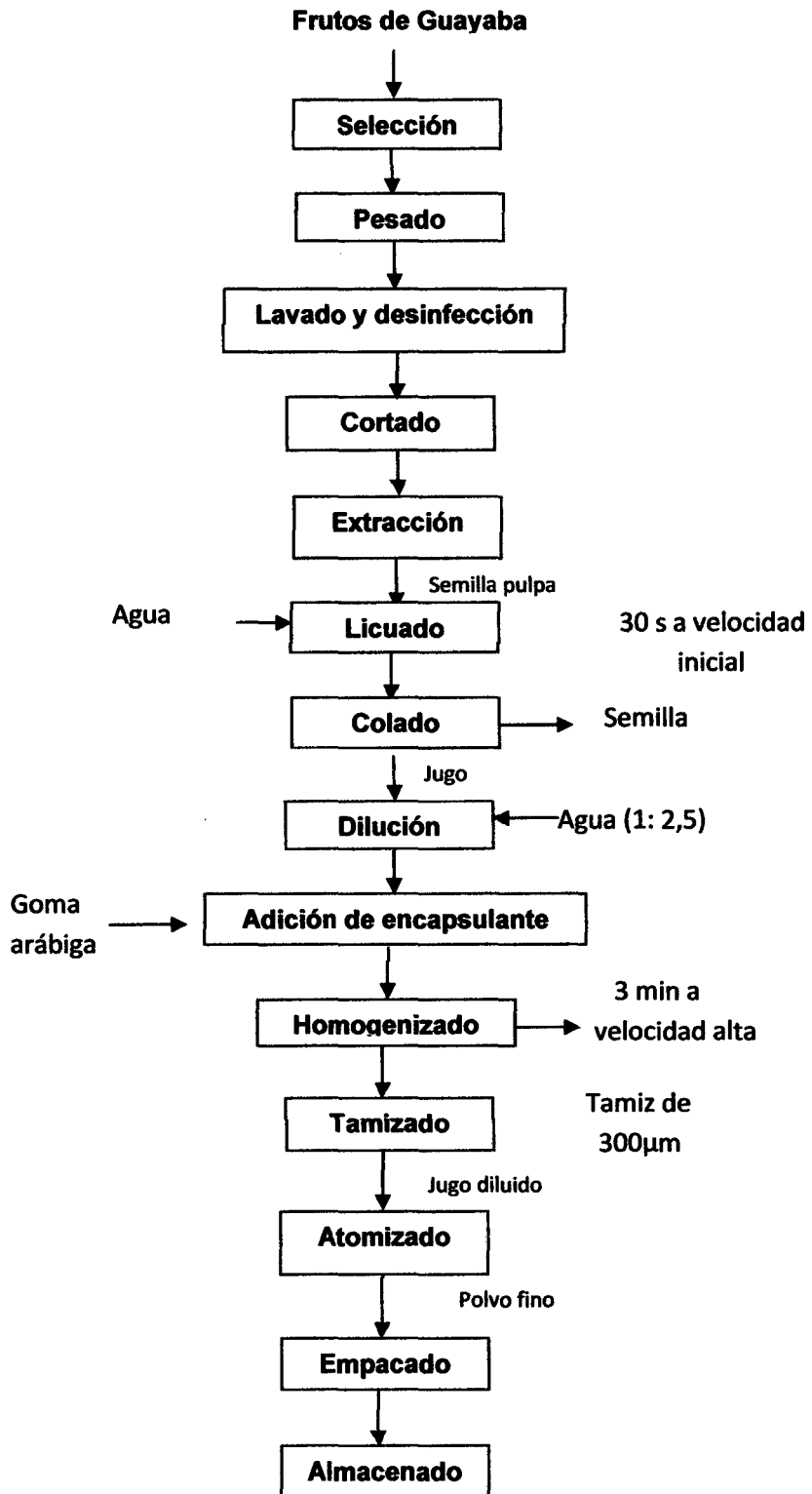


Figura 6. Flujo para la obtención de polvo de la pulpa de guayaba.

Cortado: El corte se efectuó por la mitad, utilizando un cuchillo de acero inoxidable, extrayéndose solamente la pulpa y semilla.

Extracción: Se extrajo la de pulpa y semilla con la ayuda de un acuchara de acero inoxidable.

Licuada: La pulpa con semilla fue licuada a velocidad lenta por 30 segundos, agregando agua.

Colado: El jugo para el proceso de secado se obtuvo de la pulpa de los frutos de guayaba separándose cáscara y semillas, para el cual se usó un colador de cocina.

Dilución: La dilución se realizó con agua destilada en una proporción pulpa: agua de 1:2,5.

Adición de encapsulante: El jugo diluido se mezcló con goma arábica como agente encapsulante a concentraciones de 3, 4 y 5%.

Homogenizado: Se realizó el homogenizado para uniformizar la mezcla y evitar la formación de grumos en el estabilizador, se usó una licuadora con capacidad de 2 litros y se licuó por un tiempo 3 minutos.

Tamizado: Se realizó utilizando un tamiz de 300 μm con la finalidad de separar las partículas más grandes.

Atomizado: Se llevó a cabo utilizando un atomizador marca LABPLANT, evaluándose los siguientes parámetros:

- Concentración de goma arábica (3%, 4%, 5%).
- Temperatura de secado (160, 170, 180 °C).
- Flujo de alimentación (10, 15, 20 ml /m).
- Presión constante (2,8 bar).

Las condiciones de operación del secador y el porcentaje de material de ayuda, se seleccionaron en base a trabajos preliminares.

Empacado: Después del secado, el polvo de la pulpa de guayaba atomizada fue embolsado herméticamente y sellada en bolsas de polietilén

Almacenado: El almacenamiento se realizó a temperatura ambiente.

3.6.3. Evaluación de vitamina C, polifenoles totales y capacidad antioxidante

La evaluación de la *vitamina C, polifenoles totales y capacidad antioxidante* en la pulpa fresca y en el atomizado se realizó según lo descrito en métodos de análisis.

3.6.4. Evaluación de las propiedades de rehidratación del producto en polvo obtenido

Se evaluaron las *siguientes propiedades de rehidratación de la guayaba en polvo: Humedad, densidad, humectabilidad, higroscopicidad y solubilidad*, según los métodos descritos en métodos de análisis.

3.6.5. Evaluación sensorial

Se realizó la evaluación sensorial de los atributo *aroma, color, sabor y apariencia en jugo de guayaba fresca y atomizada*, para ello se utilizó una escala de 10 cm, como la que se muestra el formato en el Anexo A-9.

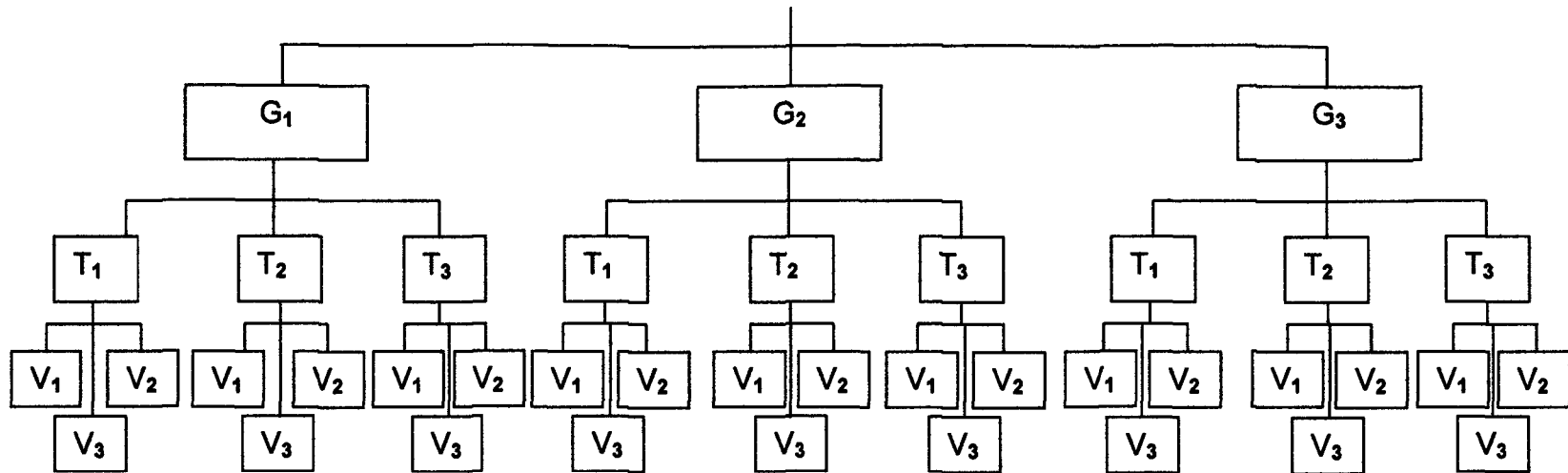
3.6.6. Evaluación de los parámetros de color

Se realizó utilizando un colorímetro marca Konica minolta, en la guayaba fresca y atomizada.

3.7. Diseño experimental

El diseño experimental de la investigación se realizó según lo mostrado en la Figura 7.

Jugo de guayaba



Dónde:

G_1, G_2, G_3 = Concentración de goma arábica (3%, 4%, 5%).

T_1, T_2, T_3 = Temperatura de secado (160, 170, 180).

V_1, V_2, V_3 = Velocidad de flujo (10, 15, 20 mL /m).

Figura 7. Diseño experimental del secado por atomización de pulpa de guayaba

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Composición física de la guayaba

En el Cuadro 4 se muestra los resultados de la evaluación de la composición de la guayaba.

Cuadro 4. Composición física de la guayaba.

Componente	Valores obtenidos (%)
Cáscara	30
Pulpa	40
Semilla	30
Humedad	88
°Brix	11,20 ± 0,76

La humedad de la guayaba utilizada fue de 88%, lo que implica un porcentaje de sólidos totales de 12%, este valor se encuentra en el rango encontrado por ESPINOSA y HERRERA (2003). En México, la guayaba que se produce en mayor proporción es la guayaba china, cuya composición fisicoquímica es cáscara: 20%, pulpa: 50%, semilla: 30%, humedad: 77-86,9%, materia seca: 12,3 a 26,3%, ligeramente inferior a los encontrados en la investigación.

MARQUINA *et al.* (2008) indican que el contenido de humedad en la pulpa de la guayaba es 86,22 g/100 g guayaba. Al respecto ROJAS *et al.* (2008), manifiestan que la humedad en guayaba regional roja está en el rango de 85,21 - 86,15 % y 8,1 - 9,4 °Brix.

4.2. De la evaluación de las partes del fruto a usar y nivel de dilución

El resultado de las pruebas para determinar las partes del fruto a usar y el nivel de dilución se muestra en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Evaluación de la atomización bajo diferentes formas de preparar la pulpa

Parte fruto	Dilución	Obstruyen	Observación
Cascara y pulpa	1 : 1,5	Si	Muestra muy viscosa y no atomiza
	1 : 2	Si	Partículas en forma de arena, obstruye el equipo y no se llega a atomizar.
	1 : 2,5	Si	Pasa la muestra, pero cada cierto tiempo se obstruye generando problemas para el secado
Solo pulpa	1 : 1,5	Si	Muestra muy viscosa, hay obstrucción
	1 : 2	Si	Hay obstrucción
	1 : 2,5	No	Muestra pasa con facilidad por el YET, pero hay deposición del producto en las paredes del secador y estaba muy húmedo.

De acuerdo a los resultados del Cuadro 5, las muestras que contenían cáscara eran demasiado viscosas y no pasaban por el YET del equipo que es de 0,5 mm de diámetro, por lo que se optó por usar la pulpa con dilución de 1:2,5 (pulpa: agua) que permite el flujo del jugo por el equipo. Las pruebas fueron necesarias para determinar las condiciones de preparación de la muestra, según lo indicado por MALDONADO (2006), quien realizó ensayos para la atomización de lúcumas.

Cuando se realizó la atomización, había deposición del producto en las paredes del secador de difícil remoción, esto debido a la falta de adición de un encapsulante ya que la muestra presenta azúcares, como lo hallado por Gabas *et al.* (2007), citado por RIVAS (2010), en secado de los jugos de frutas y otros productos con alto contenido de azúcares al presentar dificultades técnicas debido a su higroscopicidad y termoplasticidad a altas temperaturas y humedades; por esta razón, recurre a la micro encapsulación para la producción de jugos en polvo.

Todas las muestras que no fueron encapsuladas se pegaron a las paredes del equipo y con ello tendían a caramelizarse y luego quemarse, haciendo muy difícil el secado; lo experimentado se debe a los azúcares reductores presentes (CONCHA *et al.*, 2002).

En el deshidratado de alimentos ricos en azúcares como los jugos de frutas, es necesario el uso de encapsulantes, pues de otra manera no es posible obtener polvo.

4.3. Parámetros adecuados para la atomización de la pulpa de guayaba

Los resultados de humedad del producto obtenido según los tratamientos utilizados se indican en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Resultado de humedad del producto atomizado según tratamientos y cantidad de polvo obtenido.

Concentración de goma arábica (%)	Flujo de alimentación (ml/min)	Temperatura (° C)	Peso del polvo (g)	Humedad (%)
3	10	160	11,6	6,8 ± 0,1
3	10	170	9,8	6,5 ± 0,1
3	10	180	10,7	7,4 ± 0,2
3	15	160	*	No se obtuvo polvo atomizado
3	15	170	*	
3	15	180	*	
3	20	160	8,5	15,5 ± 0,3
3	20	170	9,7	14,8 ± 0,2
3	20	180	8,3	14,3 ± 0,4
4	10	160	12,8	6,8 ± 0,1
4	10	170	13,2	3,8 ± 0,1
4	10	180	10,7	4,1 ± 0,2
4	15	160	10,2	12,5 ± 0,2
4	15	170	11,1	13,3 ± 0,3
4	15	180	4,7	12,4 ± 0,2
4	20	160	*	No se obtuvo polvo atomizado
4	20	170	*	
4	20	180	*	
5	10	160	*	No se obtuvo polvo atomizado
5	10	170	*	
5	10	180	*	
5	15	160	12,8	12,5 ± 0,2
5	15	170	11,1	13,3 ± 0,3
5	15	180	5,7	13,4 ± 0,2
5	20	160	8,5	19,0 ± 0,3
5	20	170	6,7	18,5 ± 0,2
5	20	180	5	16,8 ± 0,4

Según lo manifestado por GARCÍA *et al.* (2004), entre los parámetros más importantes a controlar durante el secado por aspersión se encuentran las temperaturas de entrada y salida del aire de secado, el flujo de alimentación del producto a secar, el tiempo de residencia y el acondicionamiento de la materia prima.

En lo que concierne a humedad y tamaño de partícula, influye la viscosidad de la suspensión, a mayor viscosidad se requiere mayor tiempo de exposición al calor si se desean menores humedades (Guevara, 1990 citado por CONCHA *et al.*, 2002)

La menor humedad del producto obtenido fue de $3,8 \pm 0,1$ %, a las siguientes condiciones de secado: temperatura de entrada 170°C , flujo de alimentación, 10 mL/min y un contenido de goma arábica de 4%, mientras que la mayor humedad fue de $19,0 \pm 0,3$ % a temperatura de aire de 160°C , 20 ml/min de flujo de alimentación y 5 % de goma arábica. Se obtuvieron polvos con bajo contenido de humedad ($3,8 \pm 0,1$ %) y alto rendimiento (13,2 gramos) a partir de jugo de guayaba, lo que demostró que la temperatura de aire de entrada al secado y el flujo de alimentación influyó considerablemente en los resultados de humedad obtenidos. Dicho resultado es similar al encontrado por GARCIA *et al.* (2004) en la elaboración de polvos microencapsulados a partir de jugos de cebada verde (4,44%). La papaya prensada y luego secada, reportó la menor humedad (4,06 %) según CONCHA *et al.* (2002).

Del Cuadro 6, se observa que existe influencia de la temperatura en la humedad del producto atomizado, a mayor temperatura la humedad disminuye, pero la cantidad de atomizado también disminuye.

El flujo de alimentación tiene una influencia determinante, a mayor flujo, la humedad aumenta y la cantidad de polvo atomizado disminuye. Esto se debería a que si la proporción de alimentación con respecto al aire de secado es mayor ocasiona que no se complete el secado obteniéndose un producto con alta humedad, esta misma razón hace que el alimento al estar húmedo se quede pegado en las paredes del equipo y se obtenga menos polvo atomizado.

De los ensayos realizados, la mayor cantidad de polvo atomizado y con menor humedad es con 4% de goma arábica y 10 mL/min de flujo de alimentación, pero en cuanto a la temperatura no se tiene una tendencia definida.

Por lo manifestado, se realizó pruebas a 160, 170 y 180°C con 4% de goma arábica y 10 mL/min de flujo de alimentación, evaluándose la cantidad de polvo obtenido y la humedad, el resultado de estas pruebas se muestra en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Resultado del efecto de la temperatura en la atomización de la pulpa de guayaba.

Concentración de goma arábica (%)	Flujo de alimentación (ml/min)	Temperatura (° C)	Peso (g)	Humedad %
4	10	160	11,6	6,8 ± 0,57
4	10	170	13,2	2,9 ± 0,2
4	10	180	10,7	4,5 ± 0,40

CONCHA *et al.* (2002), manifiestan que utilizando goma arábica como encapsulante, tuvieron mayor rendimiento en el deshidratado de zumo de

papaya de monte a temperatura de 180 °C como temperatura de entrada de aire, en la que encontraron una menor humedad residual (4,06 %) y el mayor rendimiento (68,13%).

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 recurrió a la microencapsulación para la producción de jugos en polvo (Gabas *et al.* 2007, citado por RIVAS *et al.* 2010).

Este tipo de secado incluye la atomización del alimento en un medio de secado en el que se elimina la humedad por evaporación. El secado se realiza hasta que se llega al nivel de humedad fijado para el producto. Este secado se controla por las condiciones de flujo y temperatura, tanto del producto como del aire de entrada. Finalmente el producto es recuperado del aire (BARBOSA, 2000).

Anteriormente se ha comentado que la adición de aditivos como la maltodextrina es necesaria en este tipo de técnicas, pero la cantidad que se debe añadir no tiene que exceder los límites operacionales del equipo (ya que podría incrementarse la viscosidad, afectar negativamente al rendimiento, y alterar el sabor). La adición de un encapsulante es necesaria ya que aumenta el contenido de sólidos totales en la alimentación, reduciendo el contenido de humedad del producto, a la vez que altera la superficie pegajosa de los

azúcares de bajo peso molecular, facilitando así el secado y reduciendo la pegajosidad. Actualmente la maltodextrina es el aditivo más usado para obtener polvo de zumos de frutas, ya que a la vez de satisfacer la demanda es barato (Bhandari *et al.* 1993, citado por MIRAVET *et al.*, 2009).

Temperaturas de entrada superiores a 210°C causan una disminución de la retención de volátiles para algunos tipos de soportes. Sin embargo, otros autores han secado aromas con temperaturas entre 280 y 350°C. Parece ser que la humedad del aire en el secador es un resultado de combinaciones de las temperaturas de entrada y salida, siendo este el factor gobernante más que las simples temperaturas (IDALMIS, 2010).

El análisis estadístico del efecto de la temperatura (Anexo 3), indica un efecto significativo, la prueba de comparación de medias por Tukey se muestra en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Comparación de medias de humedad para las diferentes temperaturas de atomizado de pulpa de guayaba.

Temperatura	Muestras	Humedad
170	3	3,23 ^a
180	3	4,67 ^b
160	3	6,67 ^c

Los valores representan (promedio \pm SEM) los datos provienen de experimentos (n= 9) valores de una misma fila con diferencia significativa ($p < 0,05$).

Con respecto al tratamiento con diferentes temperaturas existió diferencia estadística significativa (A – 3) durante el atomizado, comparando los promedios de humedad mediante la prueba de Tukey ($p < 0,05$) se puede

encontrar que el óptimo secado del jugo de guayaba es a una temperatura de 170°C, el aumento de humedad de jugos atomizados tiene que ver con la variación de flujo de alimentación, porcentaje de goma arábica, presión y ventilación. Es necesario que el flujo de alimentación sea pequeño para evitar que la pulpa tape el disco rotatorio o forme partículas de gran tamaño que no alcanzarán a secarse y se pegarán en las paredes del secador.

4.4. Variación de la propiedades de la guayaba por efecto del atomizado

4.4.1. Contenido de humedad

El Cuadro 9 muestra los valores de humedad, vitamina C, polifenoles totales y capacidad antioxidante del fruto fresco y atomizado.

Cuadro 9. Variación de las propiedades de la Guayaba por efecto del atomizado, expresado en base húmeda

Propiedades	U.M	Guayaba fresca	Guayaba atomizada
Humedad	(g/100 g)	88,43 ± 1,99	3,80 ± 0,10
Vitamina C	(mg/100 g)	76,97 ± 1,13	233,07 ± 18,10
Polifenoles	mg EAG/100 g	145 ± 15,91	665,09 ± 56,93
DPPH	IC 50 (mg/ml)	3,659 ± 0,154	0,766 ± 0,037

U.M. Unidad de medida

Cuadro 10. Variación de las propiedades de la Guayaba por efecto del atomizado, expresado en base seca.

Propiedades	U.M	Guayaba fresca	Guayaba atomizada
Humedad	(g H ₂ O/ gr.m.s)	7,6430	0,0345
Vitamina C	(mg/gr.m.s)	6,6525	2,4228
Polifenoles	mg EAG/gr.m.s	12,5324	6,9134
DPPH	IC ₅₀ (mg/gr.m.s)	31,6249	0,7963

U.M. Unidad de medida

Según los resultados del Cuadro 9, los valores encontrados en la guayaba atomizada son superiores a la guayaba fresca, esto, debido al efecto de la atomización que eleva la concentración de los solutos lo que implica un mayor contenido en las muestras atomizadas.

El producto atomizado tiene un contenido de humedad de $3,80 \pm 0,10$. En productos en polvo 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. Al respecto, es importante que un alimento en polvo tenga un contenido de humedad menor al 10%. Actualmente los productos alimenticios en polvo elaborados a partir de frutas y verduras con buenas propiedades nutritivas y de hidratación son de interés en la industria alimentaria (GARCÍA *et al*, 2004).

En el secado por aspersion de caña panelera lo cual contribuyó a gotas pequeñas y favoreció una baja humedad ($1,11 \pm 0,03\%$) según CORTES *et al*. (2012).

4.4.2. Contenido de Vitamina C

Para la investigación se utilizaron frutos de guayaba madura, cuyo contenido de vitamina C, no es tan alto como en estado verde o pintón como lo manifiestan MEDINA y PAGANO (2003); no se puede usar fruta verde o pintón debido a su alta viscosidad y características organolépticas, que no son los adecuados para obtener jugo de guayaba después de la rehidratación.

La comparación del resultado mostrado en el Cuadro 9, respecto a la vitamina C, se puede apreciar en la Figura 8.

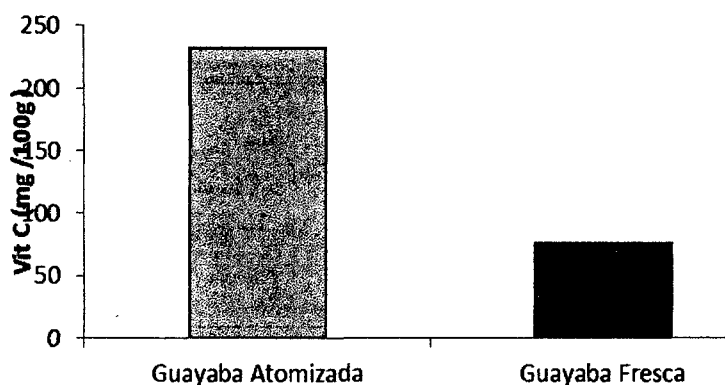


Figura 8. Contenido de vitamina C en pulpa fresca y atomizada de guayaba.

Según los resultados del contenido de vitamina C de la guayaba del ecotipo rosado; en estado fresco se encontró $76,97 \pm 1,13$ mg/100 g y en polvo $233,07 \pm 18,10$ mg/100 g; el mayor contenido de vitamina C se reportó en guayaba atomizada y fue menor en el jugo fresco.

El valor de vitamina C encontrado en pulpa de guayaba fresca es similar a lo reportado por CANIZARES *et al.*, (2003), que es 78,4 mg/100 g, sin embargo es diferente al encontrado por otros autores como LARA *et al.*, quienes reportan un valor de 121 mg/100g de fracción comestible y piel en

guayaba agria proveniente del departamento de Córdoba - Colombia, mientras que el ICBF reporta para guayaba blanca madura un valor de 240 mg/100g de parte comestible, esto se debe a que el contenido de vitamina C en los frutos es muy variable y depende fundamentalmente de la especie y variedad.

Al respecto CONCHA *et al.*, (2002), indican que la vitamina C es más estable a la acción del calor a medida que el pH del medio es más ácido; aunque la retención no sea muy alta, el contenido de la vitamina C en el polvo deshidratado le da un valor comercial al producto, debido a que los consumidores en los últimos años están en la búsqueda constante de alimentos que contengan contenidos elevados de esta vitamina.

Los rangos tan amplios en el contenido del ácido ascórbico en la guayaba se deben a varios factores, entre los cuales tenemos: a) el estado de maduración del fruto, el cual es mayor en las guayabas verdes y ligeramente maduras, declinando en las completamente maduras; b) su distribución en la fruta no es uniforme, su contenido es mayor en la piel y muy poco en la pulpa central (Piñera *et al.* 1997, citado por HINCAPIE *et al.*, 2011).

4.4.3. Contenido de polifenoles totales

La comparación del contenido de polifenoles totales se puede apreciar en la Figura 9.

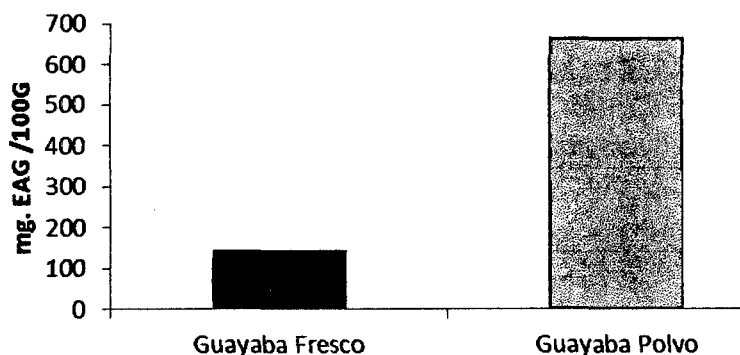


Figura 9. Polifenoles totales en fresco y polvo de pulpa de guayaba.

El contenido de polifenoles totales en guayaba fresca fue: $145 \pm 15,91$ mg EAG/100 g y en guayaba en polvo: $665,09 \pm 56,93$ mg EAG/100 g; se observa una diferencia de polifenoles en guayaba fresca y guayaba atomizada. En general se puede decir que la adición de goma arábica como material de ayuda para el secado, cumplió con su función de proteger los compuestos polifenólicos, ya que se conservó los polifenoles presentes en la muestra.

El contenido de fenoles totales determinados en las variedades de guayaba pera, regional roja y regional blanca fueron 29,8; 50,8 y 45,6 mg AG/100g de fracción comestible respectivamente. Estudios realizados en guayaba reportan valores de 616 y 813 mg AG/100g fracción comestible para las variedades regional roja y blanca respectivamente provenientes de la región de Vélez Santander (Restrepo *et al.* 2007, citado por ROJAS *et al.* 2008).

4.4.4. Capacidad antioxidante por DPPH

La actividad antioxidante de los compuestos, dada por el valor de IC_{50} , se calculó a partir de una reducción del 50% de la concentración inicial de

DPPH. Cabe destacar que a menor valor de IC_{50} indica mayor capacidad antioxidante.

El efecto del secado por atomización en la capacidad antioxidante determinado por el coeficiente de inhibición (IC_{50}) con el radical DPPH en la pulpa fresca y deshidratada de guayaba, se muestra en la Figura 10.

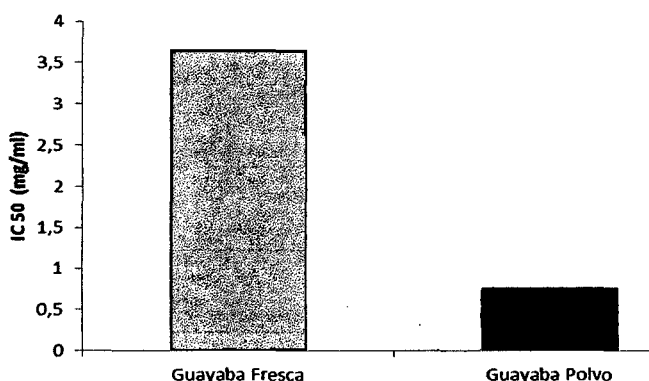


Figura 10. Coeficiente de inhibición (IC_{50}) con el radical DPPH en fresco y polvo de pulpa guayaba.

Los valores de actividad antioxidante máxima y IC_{50} alcanzados por el extracto de pulpa de guayaba fresca y en polvo fueron: $3,659 \pm 0,154$ y $0,766 \pm 0,037$, se puede observar que en el atomizado está concentrado de capacidad antioxidante y se conserva mediante este método de secado, resultados que concuerda con OCHOA *et al.* (2011), quienes obtuvieron en polvo de granada y manzana en IC_{50} ($3597,66 \pm 18,02$) y en jugos frescos fue de ($8,952 \pm 0,317$).

Se puede observar que el producto atomizado tiene mayor capacidad antioxidante (IC_{50} menor), aproximadamente cinco veces la

capacidad antioxidante que en estado fresco, esto se debería al efecto de la concentración por la pérdida de humedad, y el uso de encapsulante que protege la capacidad antioxidante, manifestado por MIRAVET *et al.* (2009), en granada.

4.5. Propiedades de rehidratación de la pulpa de guayaba atomizada

MIRAVET *et al.* (2004) señalan que las propiedades físicas del zumo están relacionadas con la facilidad de reconstitución, incluido el contenido en humedad, densidad aparente, densidad real y porosidad, tamaño y distribución de la partícula. Estas propiedades están influenciadas por el tipo de *spray-dryer*, velocidad de operación, presión y temperatura de entrada y salida del aire.

En el Cuadro 11 se muestran los resultados de las propiedades de rehidratación de la pulpa de guayaba atomizada.

Cuadro 11. Propiedades de rehidratación de la pulpa de guayaba atomizada

Humedad (%)	Densidad (g/cm ³)	Humectabilidad (s)	Higroscopicidad (g de agua/kg sólido seco)(min)	Solubilidad (%)
3,8±0,1	0,44 ± 0,056	170,66 ± 4,652	0,91 ± 0,043	82,38 ± 2,359

En cuanto a la densidad MIRAVET *et al.* (2009), indican que para obtener información adicional de los micro encapsulados obtenidos, realizaron experimentos de densidad aparente, con este tipo de análisis pudieron determinar de forma cualitativa el tamaño de la partícula.

La densidad aparente de la guayaba atomizada fue de $0,44 \pm 0,056$ g/cm³, este resultado es próximo al resultado obtenido por MIRAVET *et al.* (2009), quienes obtuvieron en polvo de granada una densidad entre 0,50 y 0,60 g/mL, observando que la densidad aparente aumenta ligeramente al aumentar la proporción de agente encapsulante utilizado.

Estudios de secado por atomización de zumo de acerola verde utilizando como envolvente la maltodextrina, indican una densidad aparente de 0,5 g/mL (Righetto y Netto 2005, citado por MIRAVET *et al.*, 2009), los resultados obtenidos en la investigación coinciden con estos valores.

Respecto a la densidad aparente Marshall 1953, citado por CONCHA *et al.*, 2002, manifiesta que puede aumentar o disminuir dependiendo del material alimentado.

La humectabilidad es la prueba de rehidratación que permite evaluar el grado de instantaneidad de un producto en polvo; en guayaba atomizada la humectabilidad fue de $170,66 \pm 4,652$ s. OCHOA *et al.* 2011, en polvo a base de manzana y granada encontraron un rango de $169,66 \pm 3,514$ a $13,33 \pm 0,5713$ s.

En cuanto a la higroscopicidad del polvo de guayaba mostrado en el Cuadro 10 ($0,91 \pm 0,043$ g de agua/kg sólido seco. min), este valor está en el rango de $0,96 \pm 0,001$ a $0,89 \pm 0,0061$ g de agua/kg sólido seco)(min), reportado por OCHOA *et al.* 2011 en jugo atomizada de granada. El alto valor de higroscopicidad del jugo de granada atomizada es debido al alto porcentaje de fructosa que contiene pues este tipo de azúcar confiere alta higroscopicidad al producto (Bhandari *et al.* 1997, citado por OCHOA *et al.*, 2011).

La solubilidad de guayaba atomizada fue de $82,38 \pm 2,359 \%$, se encuentra en el rango de 86,24 a 94,53%, observándose que conforme disminuye el porcentaje de goma arábica, la solubilidad se incrementa. Esta solubilidad, se considera alta. Abadio *et al.* 2004, citado por OCHOA *et al.* 2011, reportan una solubilidad de 81,56% para jugo de piña deshidratado, confirmando así, que la utilización de goma arábica en este tipo de proceso, ofrece grandes ventajas.

La solubilidad de jugo de caña panelera secado por aspersion fue de $98,05 \pm 0,01\%$, según CORTEZ *et al.* (2012), quienes indican que la solubilidad fue alta, debido a la alta solubilidad de la maltodextrina utilizada.

4.6. De la evaluación sensorial

En el Anexo (A-7) y el Anexo (A - 3) se presenta los resultados de la *evaluación sensorial del jugo de guayaba fresca y del jugo de guayaba atomizada*, preparada en dilución 1:2,5. En cuanto a color se observa que no hubo diferencia estadística significativa (A-3) con el atomizado comparadas las pruebas de Tukey ($p < 0,05$), esto se debe a que un jugo atomizado de frutas, conserva el color. Al respecto MELENDEZ y HEREDIA (2009), manifiestan que *la deshidratación afecta también el color por los cambios químicos que se producen en las clorofilas, carotenoides y otros pigmentos como antocianinas, betalainas, etc.* 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, 2005).

En cuanto a sabor hubo diferencia estadística significativa como se muestra en el Cuadro 12, comparado con la muestra de guayaba sin atomizar y atomizada. Los resultados emitidos por los panelistas se muestran en el Anexo A-4.

Cuadro 12. Comparación de medias de la evaluación sensorial para el atributo sabor.

Muestra	Casos	Sabor
Atomizada	10	3,7 ^a
Fresca	10	4,8 ^b

Los valores representan el promedio, los datos provienen del experimento (n=10) valores con superíndices diferentes indican diferencia significativa ($p < 0,05$), por Tukey

En cuanto a aroma si hubo diferencia estadística significativa, los resultados se muestran en el Cuadro 13 y Anexo A-5.

En el Cuadro 13 se observa que hay diferencia significativa de guayaba atomizada y fresca con respecto a aroma, esta variación lo explica MELENDEZ Y HEREDIA (2009), quienes mencionan que el calor no solo provoca el paso de agua a vapor durante la deshidratación, sino también la pérdida de algunos componentes volátiles del alimento. Su mayor o menor pérdida dependerá de la temperatura, de la concentración de sólidos en el alimento y de la presión de vapor de las sustancias volátiles y su solubilidad en el vapor de agua.

Cuadro 13. Comparación de medias de la evaluación sensorial para el atributo aroma.

Muestra	Casos	Aroma
Atomizada	10	3,9 ^a
Fresca	10	6,4 ^b

Los valores representan el promedio, los datos provienen del experimento (n=10) valores con superíndices diferentes indican diferencia significativa ($p < 0,05$), por Tukey

En el Cuadro 14 y Anexo A-6, se observa los resultados en cuanto a apariencia que hubo diferencia estadística significativa. En la muestra sin atomizar y la muestra atomizada.

Cuadro 14. Comparación de medias de la evaluación sensorial, atributo apariencia general.

Muestra	Casos	Apariencia general
Atomizada	10	3,9 ^a
Fresca	10	5,7 ^b

Los valores representan el promedio, los datos provienen del experimento (n=10) valores con superíndices diferentes indican diferencia significativa ($p < 0,05$), por Tukey

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).

El perfil sensorial de los atributos de la guayaba fresca y atomizada se muestra en la Figura 11.

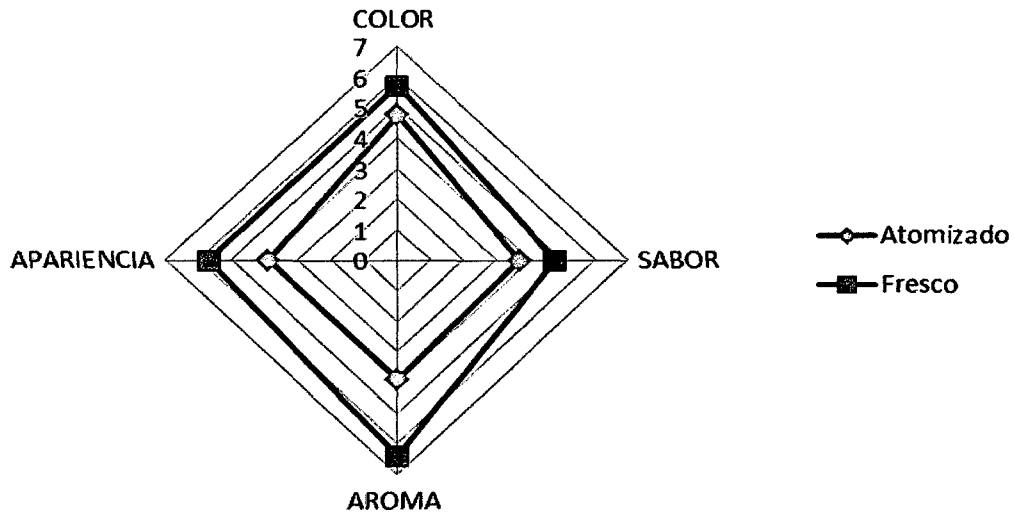


Figura 11. Perfil sensorial de los atributos de la guayaba fresca y atomizada.

4.7. Parámetros de color en guayaba fresca y atomizada

CHACON (2009) indica que la evaluación del color es un criterio muy variable que depende de numerosos factores, por lo tanto es necesario el uso de sistemas instrumentales que permitan obtener mediciones objetivas y estandarizadas; para este efecto se debe emplear un colorímetro que mide la luz reflejada por el alimentos por medio de un fotodetector, codificando esta señal en términos de algún sistema de medición.

El resultado de la evaluación de los parámetros del color según la escala CieLab se muestran en el Cuadro 15.

Cuadro 15. Parámetros de color en guayaba fresca y atomizada

Parámetros	Guayaba fresca	Guayaba atomizada
L*	48,46 ± 0,86	88,99 ± 0,48
a*	19,86 ± 0,49	4,28 ± 0,18
b*	18,9 ± 0,78	11,02 ± 0,48

Los resultados de la medida de L^* indica la luminosidad, la medida de a^* indica la intensidad del color verde y la medida de b^* indica la intensidad de color amarillo. (MARQUÉS 2009), manifiesta que el color es muy importante atributo de calidad para los consumidores. Por tanto es muy importante la comparación con la muestra natural a medida que aumenta la cantidad de maltodextrina aumenta los valores de L^* de la pulpa de maracuyá. Los valores obtenidos fueron próximos a 90. De acuerdo con la escala, cuanto más próximo a 100 o valor de L^* , la muestra se aproxima más al color blanco.

La adición de aditivos causa un aumento como el valor del parámetro L^* , cuando es comparado fruta seca sin aditivos. Este efecto fue atribuido la disolución de pigmentos presentes no son por la adición de aditivos, que son los más claros. Los valores de a^* y b^* aumentaran con un aumento de concentración de maltodextrina (MARQUÉS, 2009).

4.8. Balance de materia para el proceso de atomización de la pulpa de guayaba

El balance de materia del proceso de atomización de guayaba rosado se muestra el Cuadro 16.

Cuadro 16. Balance de materia del fruto de guayaba rosada.

Operación	entra (g)	sale(g)	continua(g)	R. O (%)	R.P (%)
Materia prima	2000	0,0	2000	100,0	100,0
Selección	2000	200,0	1800	90,0	100,0
Pesado	1800	0,0	1800	100,0	90,0
Lavado y					
desinfección	1800	0,0	1800	100,0	90,0
Cortado	1800	0,0	1800	100,0	90,0
Extracción	1800	555,0	1245	69,2	90,0
Licuado	2490	0,0	2490,0	200,0	124,5
Colado	2490,0	388,5	2101,5	84,4	124,5
Dilución	4557,5	0,0	4557,5	216,9	227,9
Adición de					
encapsulante	4739,8	0,0	4739,8	104,0	237,0
Homogenizado	4739,8	0,0	4739,8	100,0	237,0
Tamizado	4739,8	178,1	4561,7	96,2	237,0
Atomizado	4561,7	4388,4	173,3	3,8	228,1
Empacado	173,3	0,0	173,3	100	8,7
Almacenado	173,3	0,0	173,3	100	8,7

Del balance de materia se puede observar que el rendimiento por proceso es bastante bajo, esto es debido a que se elimina la cascara, semilla y la fibra.

V. CONCLUSIONES

- Los parámetros adecuados para atomizar jugo de guayaba son: Dilución pulpa: agua 1:2,5. Temperatura de secado: 170° C. Flujo de alimentación: 10 mL/min, concentración de goma arábica 4%, obteniéndose un polvo *microencapsulado con 3,8% de humedad.*
- El contenido de vitamina C en guayaba fresca fue $76,97 \pm 1,13$ mg/100 g (6,6525 mg/g m.s) y en guayaba atomizada: $233,07 \pm 18,10$ mg/100 g (2,4228 mg/gr m.s), perdiéndose el 62,27%.
- El contenido de polifenoles totales en pulpa fresca de guayaba fue: $145 \pm 15,91$ mg equiv. AG/100g (12,5324 mg/g m.s) y en guayaba atomizada: $665,09 \pm 56,93$ mg equiv. AG/100g (6,9134 mg/g m.s), el incremento es por efecto de la concentración, disminuyendo en 42,78%.
- El coeficiente de inhibición (IC_{50}) frente al radical DPPH de la pulpa de guayaba del ecotipo rosado fue: $3,659 \pm 0,154$ mg/mL (31,6249 mg/ gr.m.s) y en guayaba atomizada: $0,766 \pm 0,037$ mg/mL (0,7963 mg/ gr.m.s.) con 97,48 % de capacidad de secuestro del radical libre.
- Las propiedades de rehidratación de la pulpa de guayaba atomizada fueron: Humedad, $3,8 \pm 0,1$ %. Densidad, $0,44 \pm 0,056$ g/cm³. Humectabilidad, $170,66 \pm 4,652$ s, Higroscopicidad, $0,96 \pm 0,043$ g de agua/kg solido seco) (min) y Solubilidad, $85,38 \pm 2,359$ %.

- Existe diferencia significativa entre los atributos: sabor, aroma y apariencia general entre la pulpa fresca y atomizada.

VI. RECOMENDACIONES

- Utilizar pulpa de guayaba con una dilución pulpa agua de 1: 2,5 para la atomización.
- Usar los parámetros encontrados en la presente investigación para la producción de atomizado de pulpa de guayaba.
- Realizar estudios de atomización de diferentes frutos.
- Realizar un estudio de almacenamiento de la pulpa de guayaba considerando diferentes tipos de empaque.
- Realizar un estudio de cromatografía para identificar los compuestos fenólicos y otros con capacidad antioxidante de guayaba atomizada.

VII. ABSTRACT

The objectives of this research were to determine the appropriate parameters for the atomization of guava pulp (*Psidium guajava* L.) ecotype Pink; assess the content of vitamin C; Total polyphenols; antioxidant capacity and rehydration properties of guava powder and perform sensory evaluation of the product. The methodology was developed by spraying the guava juice at different drying parameters and the best treatment of vitamin C content was determined; Total polyphenols and antioxidant capacity by spectrophotometry.

Suitable spray parameters were: drying temperature: 170 ° C, feed flow: 10 mL / min, concentration of 4% acacia, yielding a microencapsulated powder with 3.8% moisture.

The content of vitamin C in fresh guava was 76.97 ± 1.13 mg/100 g guava atomized: 233.07 ± 18.10 mg/100; The content of total polyphenols in fresh guava pulp was 145 ± 15.91 mg equiv. AG/100g and atomized guava: 665.09 ± 56.93 mg equiv. AG/100g (6.9134 mg / g · sec). The coefficient of inhibition (IC₅₀) against DPPH radical of pink guava pulp ecotype was: 3.659 ± 0.154 mg / mL (31.6249 mg / gr.ms) and atomized guava: 0.766 ± 0.037 mg / mL ($0, 7963$ mg / gr.ms). The rehydration properties of the atomized guava pulp were moisture, $3.8 \pm 0.1\%$, density 0.056 g/cm³ ± 0.44 , $170.66 \pm 4,652$ s wettability, Hygroscopicity (0.96 ± 0.043 g water / kg dry solid) (min) and $85.38 \pm 2.359\%$ Solubility. There is significant difference between the attributes: taste, aroma

and overall appearance between the fresh pulp and atomized.

Keywords: spray, guava, vitamin C, total polyphenols, antioxidant capacity (DPPH).

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BADUI, S. 1997. Química de los Alimentos. Edit. Alambra Mexicana S.A. México. p. 259 – 265, 358 - 361.
- BARBOSA, G. 2000. Deshidratación De Alimentos. Editorial acribia. Zaragoza, España pp 203-210.
- BERMUDEZ, F.; MAIZ, J. 2004. Diseño y construcción de un secador de alimentos de origen vegetal en el estado Amazonas. Universidad Central de Venezuela.
- BOLAÑOS, B. 2003. *Determinación de las propiedades antioxidantes de los jugos de fruta producidos industrialmente disponibles para su consumo en el área metropolitana de la ciudad de Guatemala.* Facultad de ciencias químicas.
- BRAND, W.; CUVELIER, M.; BERSET, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity, *Lebensm – Wiss.u. Technol* 28:25-30.
- CAÑIZARES, A.; LAVERDE, D.; PUESME, R. 2003. Crecimiento y desarrollo del fruto de guayaba (*Psidium guajava L.*) en Santa Bárbara, Estado de Monagas, Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). Revista UDO Agrícola 3 (1): 34 – 38

- CONCHA, J.; GUEVARA, A.; ARAUJO, M. 2002. Obtención de polvo de papaya de monte (*Carica pubescens*) por atomización. Universidad de Carabobo Valencia, Venezuela. Ingeniería UC.
<http://redalyc.uaemex.mx/pdf/707/70790109.pdf>.
- CORTES, C.; RODRÍGUEZ, S.; ESTEBAN, L. 2012. Secado por aspersion de concentrado de caña panelera: una tecnología apropiada para mejorar la competitividad de la cadena. Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. Vol. 19, núm. 1, enero-abril, 2012, pp. S51-S53
- CERVATO, G. 2000. Antioxidant properties of oregano (*origa numvulgare*) leat. Extracts. J. food Biochem; 24: 453 – 465.
- CHACON, A. 2009. Características químicas, físicas y sensoriales de un queso de cabra adaptado del tipo “crotin de chavignol”. Agronomía mesoamericana. 20(2):297-309.
- CRIADO, D.; MOYA, M. 2009. Vitaminas y antioxidantes. Grupo Saned. Sanidad y ediciones S.L. Universidad Autónoma de Madrid. Madrid – España. Págs. 8 -15. [En línea]: <http://www.elmedicointeractivo.com/Documentos/evaluacion>
- DESCA (Programa de Desarrollo Económico Sostenible en Centroamérica). 2010. 1° Edición. Unión Europeo.
- DA PORTO, C., 2000. Antirradical properties of comercial cognans assessed by the DPPH test. J. Agric – Food Chem. 48:4241 – 4245
- ESPINOZA, B.; HERRERA, H. 2003. Planta productora de polvos solubles. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa.
- FINNEY, J; BUFFO, R; REINECCIUS. 2000. Efectos del tipo de atomización y de la temperatura del proceso en las propiedades físicas y estabilidad de

- flavores, secado por atomización, *Journal of Food Science*. Vol.67. 1108-1113p.
- FLORES, P. 1997. Cultivo de frutales nativos amazónicos. Tratado de cooperación económica. Lima – Perú. p. 135 – 143.
- GARCIA, G.; GONZALES, M.; OCHOA, M. MEDRANO, R. 2004. Microemcapsulación de jugo de cebada verde mediante secado por aspersión. *Ciencia y tecnología alimentaria*, diciembre, año/vol. 4 número 4. Sociedad Mexicana de Nutrición y Tecnología de Alimentos, Reynoso. México. pp. 262 – 266.
- GONZALES, M.; BETACOURT, M.; ORTIZ, R. 2000. Daño Oxidativo y Antioxidantes. *Bioquímica*. Universidad Autónoma Metropolitana - Unidad Iztapalapa. Mexico. 25(1): 3-9.
- HERNANDEZ, A. 2005. Evaluación sensorial. Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD. Facultad De Ciencias Básicas e Ingeniería. Bogota.
- HINCAPIE, L.; BARAJAS, G.; ARIAS, G. 2011. Evaluación del secado por convección de la guayaba (*Psidium guajava* L.) Variedad manzana. Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Medellín -Colombia.
- HERNANDEZ, R.; FERNÁNDEZ C.; BAPTISTA L. 2001. Metodología de la investigación. Edit. McGraw – Hill interamericana de editores, S.A Mexico. 503 p.
- IBARZ, A, BARBOSA, G., GASZA, S., GIMENO, V. 2000. Métodos experimentales en la ingeniería alimentaria. Zaragoza, España. Acribia 283p.
- IDALMIS, P. 2010. Secado de aromas de alimentos por aspersión. Instituto de Investigaciones para la Industria Alimentaria, Ciencia y Tecnología de Alimentos. Cuba. Pag. 13 Vol. 20, No. 1.

<http://site.ebrary.com/lib/bibliotecaunassp/Doc?id=10609804&ppg=8>

- ICBF (Instituto Colombiano de Bienestar Familiar). 2000. Tabla de Composición de Alimentos Colombianos. Bogotá, p1-57.
- LARA, C.; NERIO, L.; OVIEDO L. 2007. Evaluación fisicoquímica y bromatológica de la guayaba agria (*Psidium araca*) en dos estados de maduración. Universidad de Córdoba. Departamento de Química. Montería – Colombia. Temas agrarios - Vol. 12:(1), p. 13 – 21.
- LEBEAU, J.; FURMAN, C.; BERNIER, J.; DURIEZ, P.; TESSIER, E.; COTELLE, N. 2000 Antioxidant properties of di-tert-butyl hidroxy lated flavonoids. Free Rad. Biol. And Med. 29:290-291.
- LOZANO, M. 2009. Obtención de microencapsulados funcionales de zumo de *Opuntia stricta* mediante secado por atomización. Universidad politécnica de Cartagena. Ingeniería técnica Industrial, especialidad en Química Industrial.
- MALDONADO, R.2006. Obtención de lúcuma (*pouteria obovata*) en polvo por atomización. Ingeniera Química, Facultad de Ingeniería Mecánica de la Universidad Nacional de Ingeniería.
- MARQUINA, V.; ARAUJO, L.; RUÍZ, J.; RODRÍGUEZ, A. 2008. Composición química y capacidad antioxidante en fruta, pulpa y mermelada de guayaba (*Psidium guajava L.*). Facultad de Farmacia y Bioanálisis, Facultad de Medicina. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Vol. 58 Nº 1, 2008
- MARQUEZS, M. 2009. Influência de encapsulantes e do método de secagem nas propriedades físico-químicas e atributos de qualidade de polpa de maracujá (*passiflora edulis f. flavicarpa*) em pó. Universidade Estadual

Paulista, Instituto de Biociencias, Letras e Ciências Exatas. Sao Jose do Rio Preto

- MELENDREZ, A.; HEREDIA, M. 2009. "Construcción de un deshidratador a base de GLP, para la *Solanum sessiliflorum Dunal* en la Agroindustria la Gamboina". Escuela superior politécnica de Chimborazo. Facultad de ciencias, escuela de ingeniería química. Riobamba – Ecuador.
- MIRAVET, G.; ALACID, M.; OBÓN, J. 2009. Secado por atomización de zumo de granada. Escuela técnica superior de ingeniería industrial. Universidad politécnica de Cartagena.
- MEDINA, B. ; PAGANO, G. 2003. Caracterización de la pulpa de guayaba (*Psidium guajava L.*) tipo "Criolla Roja". Universidad Central de Venezuela. Caracas. Rev. Fac. Agron. (LUZ), 20: 72 – 86.
- OCHOA, L.; GONZALES, S.; MORALES, J.; ROCHA, N.; TRANCOSO, N.; URBINA, N. 2011. Propiedades de rehidratación y funcionales de un producto en polvo a base de jugo de granada y manzana.
- ODRIOZOLA, S. 2009. Obtención de zumos y frutos cortados con alto potencial antioxidante mediante tratamientos no térmicos. Memoria para optar el grado de Doctor. Universidad de Lleida. Escuela Técnica Superior De Ingeniería Agraria. Brasil. 367 p.
- PARRA, H. 2011. Microencapsulación de Alimentos. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia. Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín
- PINEDA, A. 2005. Determinación de las propiedades antioxidantes de variedades de injerto (*Pouteria viridis*) que se cultivan en tres regiones de Guatemala. Tesis, Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 79 p.
- POLYAKOV, N.; LESHINA, T.; KONOVALOVIA, T.; KISPERT, L. 2001. Carotenoides as scavengers of free radicals in fenton reaction: Antioxidantes or prooxidants. J. free rad. Boil. And med. 31(3): 398 – 404

RAMOS, C. 2007. Los carotenoides: el licopeno y su acción en el cáncer.

Toxicología alimentaria. Lima – Peru.

RIVAS, R. 2010. "microencapsulación y estabilización enzimática del jugo de chirimoya (*Annona cherimola* Mill)" .Instituto Politécnico Nacional. Mexico.

ROJAS, D.; NARVÁEZ, E.; RESTREPO, P. 2008. Evaluación del contenido de vitamina c, fenoles totales y actividad antioxidante en pulpa de guayaba (*Psidium guajava* L.) de las variedades pera, regional roja y regional blanca. Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia. Ciudad Universitaria. Bogotá. D. C., Colombia.

SANDOVAL, M.; OKUHAMA, N.; ÁNGELES, F. 2001. Técnicas de investigación para determinar la actividad antioxidante y anti – inflamatoria de plantas medicinales de la Amazonía. 1st international workshop. Iquitos – Perú.

SIES, H. 1997. Antioxidants in disease mechanisms and therapy. Vol 38 USA Academic Press. Inc. 293 p.

SISTEMA INTEGRADO DE INFORMACION TAXONOMICA (SIIT). 2002. *Psidium guajava* L. TSN: 27240. [En línea]: http://siit.conabio.gob.mx/pls/itisca/taxastep?king=Plantae&p_action=containing&taxa=PSIDIUM+GUAJAVA&p_format=&p_ifx=itismx&p_lang=es

SOTO, V. 2005. Detección de Fitoquímicos, contenido de vitamina C y ácido fólico en Chironja (*Citrus sinensis* x *Citrus paradisi*) injertada en diferentes patrones de cítrica. Tesis para optar el título de Maestro en ciencia y tecnología de los alimentos. Universidad de Puerto Rico, Facultad de Ciencias Agrícolas. 94 p.

UGARTONDO, C. 2009. Caracterización de derivados polifenólicos obtenidos de fuentes naturales. Citotoxicidad y capacidad antioxidante frente a

estrés oxidativo en modelos celulares. Facultad de Farmacia. Universidad de Barcelona. España. 48 p.

UREÑA, P. 1999. Evaluación Sensorial de los Alimentos. Ed. Agraria. Lima Peru. P195.

YAÑEZ, J.; SALAZAR, A.; HHAIRES, L.; JIMENES, J.; MARQUEZ, M.; RAMOS, G. 2005. Aplicaciones biotecnológicas de la microencapsulación. Avance y perspectiva. Vol. 21.

YANZA, E. 2003. Diseño de un secador por atomización a nivel piloto para jugo concentrado de tomate de árbol. Universidad nacional de Colombia sede manizales facultad de ingeniería y arquitectura departamento de ingeniería química línea de profundización alimentos Manizales.

ZAPATA, M.; GERARD, L.; DAVIES C.; SCHVA. B. M. 2007. Estudio de los componentes antioxidantes y actividad antioxidante en tomates ciencias exactas y naturales – Ingeniería y Tecnología.

ZALALONI, E. 1992. Uso de gelificantes y espesantes en heladería. Heladería, panadería. Latinoamericana v. 19, N° 1207, p. 39 – 46.

YAMAGUCHI, T.; TAKAMUR, H.; MATOBA, T.; TERAQ, J. 1998. HPLC method for evaluation of free radical – scavenging activity of food by using 1,1 diphenyl – 2 – picrylhydrazil. Bioscience Biotechnology Biochemistry. 62 (6): 1 201 – 1204.

<http://www.frutas y hortalizas.com.co/portal/Business/product view>.

IX. ANEXO

A-1 Determinación de la curva estándar.

mg. Vit C /ml	L ₁	L ₂	L ₁ -L ₂
0,01	0,229	0,177	0,052
0,02	0,229	0,13	0,099
0,03	0,229	0,09	0,139
0,04	0,229	0,05	0,179
0,05	0,229	0,013	0,216

A-2. Cuadro Resultados de las absorvancias para la curva estándar de polifenoles totales (mg equiv. AG/100g).

	1	0,5	0,25	0,125	0,062
r1	1,134	0,49	0,294	0,145	0,086
r2	0,93	0,495	0,29	0,153	0,082
r3	1,148	0,519	0,292	0,082	0,073
promedio	1,071	0,501	0,292	0,127	0,080

A - 3. Análisis de varianza de humedad y temperatura de pulpa de guayaba atomizada, diseño completo al azar

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón-F	Valor-P
Entre grupos	17,8422	2	8,92111	46,14	0,0002
Intra grupos	1,16	6	0,19333		
Total (Corr.)	19,0022	8			

A -4. Resultados de la evaluación sensorial del jugo de la guayaba fresca y del jugo de la guayaba atomizada

P	T	COLOR	SABOR	AROMA	APARIENCIA
1	Atomizado	6	4	4	5
2	20	2,5	6	7	3
3	20	8	6	6	5
4	20	4	3	4	3
5	20	2	2	1	2
6	20	7	2	4	4
7	20	4	4	3	4
8	20	5	4	4	6
9	20	5	1	2	3
10	20	4	5	4	4
1	Fresco	7	6	8	7
2	21	5	6	6	6
3	21	9	7	8	7
4	21	4	3	6	3
5	21	4	3	5	4
6	21	3	5	8	7
7	21	5	5	7	6
8	21	8	3	7	8
9	21	7	4	3	3
10	21	5	6	6	6

Fuente: elaboración propia

Dónde:

P = Panelistas
T= Tratamiento
E= Evaluación

A - 5. Análisis de Varianza para Color - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón- F</i>	<i>Valor-P</i>
<i>A:Tratamiento</i>	4,5125	1	4,51	2,37	0,1578
<i>B:Panelista</i>	48,6125	9	5,40	2,84	0,0679
RESIDUOS	17,1125	9	1,90		
TOTAL	70,2375	19			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

A - 6. Análisis de Varianza para Sabor - Suma de Cuadrados Tipo III

<i>Fuente</i>	<i>Suma de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Razón- F</i>	<i>Valor-P</i>
<i>A:Tratamiento</i>	6,05	1	6,05	7,31	0,0243
<i>B:Panelista</i>	38,25	9	4,25	5,13	0,0115
RESIDUOS	7,45	9	0,83		
TOTAL	51,75	19			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

A -7. Análisis de Varianza para Aroma - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor-P
A:Tratamiento	31,25	1	31,25	22,96	0,0010
B:Panelista	37,05	9	4,12	3,02	0,0574
RESIDUOS	12,25	9	1,36		
TOTAL	80,55	19			

A - 8. Análisis de Varianza para Apariencia - Suma de Cuadrados Tipo III

Fuente	Suma de Cuadrados	Gl	Cuadrado Medio	Razón- F	Valor-P
A:Tratamiento	16,2	1	16,2	30,37	0,0004
B:Panelista	36,2	9	4,02222	7,54	0,0030
RESIDUOS	4,8	9	0,533333		
TOTAL	57,2	19			

Todas las razones-F se basan en el cuadrado medio del error residual

A - 9. Formato de la evaluación sensorial del jugo de guayaba atomizada y fresca.

Evaluación sensorial del jugo de guayaba atomizada y fresca

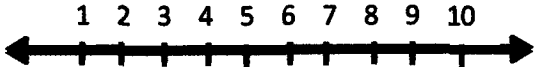
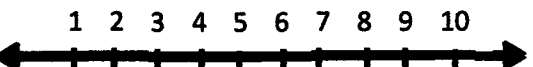
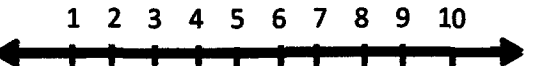
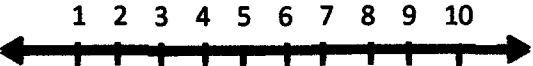
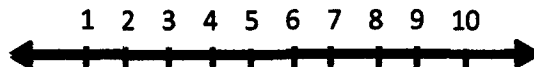
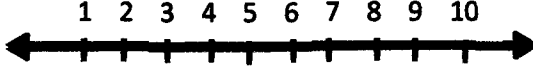
Nombre :

Fecha :

Hora:

Producto: Jugo de guayaba

Indicaciones: Evalúe las muestras de jugo de guayaba en los atributos indicados según su discriminación de acuerdo a la escala de 1 al 10.

Análisis Organoléptico	Código 20	Código 21
Color		
Sabor		
Aroma		
Apariencia	