



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES**

**CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS**

**Tesis**

**VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE PIÑA Y PAPAYA, Y SU  
APLICACIÓN COMO INGREDIENTES EN EL DESARROLLO DE GOLOSINAS  
GELIFICADAS**

**Presenta**

**Q. A. KARLA FABIOLA ROMO ZAMARRÓN**

**Para optar por el grado de**

**MAESTRA EN CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**En el área de**

**PRODUCCIÓN E INOCUIDAD AGROALIMENTARIA**

**Tutor**

**DRA. LAURA EUGENIA PÉREZ CABRERA**

**Comité Tutoral**

**DR. FIDEL GUEVARA LARA**

**DR. ALBERTO TECANTE CORONEL**

**Aguascalientes, Aguascalientes, Marzo de 2019**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

**Dr. RAÚL ORTIZ MARTÍNEZ**  
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

*PRESENTE*


Por medio del presente como TUTOR- Integrante del comité tutorial designado del estudiante **KARLA FABIOLA ROMO ZAMARRÓN** con ID 201130 quien realizó la tesis titulado: **VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE PIÑA Y PAPAYA, Y SU APLICACIÓN COMO INGREDIENTES EN EL DESARROLLO DE GOLOSINAS GELIFICADAS**, y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que ella pueda proceder a imprimirla, y así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

*ATENTAMENTE*

*"SE LUMEN PROFERRE"*

*Aguascalientes, Ags., a 20 de Marzo del 2019*

  
**LAURA EUGENIA PÉREZ CABRERA**  
TUTOR DE TESIS

c.c.p.- Interesada  
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS Y BIOTECNOLOGÍA  
FACULTAD DE QUÍMICA "E"  
CD. UNIVERSITARIA, MÉXICO, D.F., 04510  
TEL. +52-(55)-5622-5307  
e-mail: tecante@unam.mx

Dr. Raúl Ortiz Martínez  
Decano del Centro de Ciencias Agropecuarias  
Universidad Autónoma de Aguascalientes  
P r e s e n t e

Por este medio como ASESOR – Integrante del Comité Tutorial designado de la estudiante **Karla Fabiola Romo Zamarrón** con ID 201130 quien realizó la tesis titulada: **Valorización de subproductos de piña y papaya, y su aplicación como ingredientes en el desarrollo de golosinas gelificadas**, y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **Voto Aprobatorio**, para que ella pueda proceder a imprimirla, así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Agradezco su atención al presente y aprovecho para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"  
Cd. Universitaria, CdMx, 21 de marzo de 2019

Dr. Alberto Tecante Coronel  
Profesor Titular

c.c.p.- Interesada  
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES

**DR. RAÚL ORTIZ MARTÍNEZ**  
DECANO DEL CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

*P R E S E N T E*

Por medio del presente como ASESOR-Integrante del comité tutorial designado de la estudiante **KARLA FABIOLA ROMO ZAMARRÓN** con ID 201130 quien realizó la tesis titulada: **VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE PIÑA Y PAPAYA, Y SU APLICACIÓN COMO INGREDIENTES EN EL DESARROLLO DE GOLOSINAS GELIFICADAS**, y con fundamento en el Artículo 175, Apartado II del Reglamento General de Docencia, me permito emitir el **VOTO APROBATORIO**, para que ella pueda proceder a imprimirla, y así como continuar con el procedimiento administrativo para la obtención del grado.

Pongo lo anterior a su digna consideración y sin otro particular por el momento, me permito enviarle un cordial saludo.

*A T E N T A M E N T E*

**"SE LUMEN PROFERRE"**

*Aguascalientes, Ags., a 26 de Marzo del 2019*

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Fidel Guevara Lra'.

**DR. FIDEL GUEVARA LRA**  
ASESOR DE TESIS

c.c.p.- Interesada  
c.c.p.- Secretaría Técnica del Programa de Posgrado



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA  
DE AGUASCALIENTES  
CENTRO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

OF. NO. CCA-D-11-15-044-19

**DRA. EN ADMÓN. MARÍA DEL CARMEN MARTÍNEZ SERNA**  
DIRECTORA GENERAL DE INVESTIGACIÓN Y POSGRADO  
P R E S E N T E.

Por medio de la presente me permito comunicarle a usted que la tesis titulada "VALORIZACIÓN DE SUBPRODUCTOS DE PIÑA Y PAPAYA, Y SU APLICACIÓN COMO INGREDIENTES EN EL DESARROLLO DE GOLOSINAS GELIFICADAS", de la alumna **KARLA FABIOLA ROMO ZAMARRÓN**, egresada de la Maestría en Ciencias Agronómicas y Veterinarias, respeta las normas y lineamientos establecidos institucionalmente para su elaboración y su autor cuenta con el voto aprobatorio de su tutor y comité tutorial.

Sin más por el momento aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

ATENTAMENTE  
Jesús María, Ags., 28 de marzo del 2019  
"SE LUMEN PROFERRE"

  
**Dr. Raúl Ortiz Martínez**  
Decano del Centro



c.c.p. Jefa del Departamento de Control Escolar  
c.c.p. Sección de Certificados y Títulos  
c.c.p. Secretario Técnico  
c.c.p. Estudiante  
c.c.p. Archivo

## AGRADECIMIENTOS

Sin duda alguna, la realización de este trabajo ha sido una de las experiencias más gratificantes de mi vida; es impresionante la forma en la que una persona puede crecer y ampliar sus conocimientos en tan solo dos años, pero nada de esto hubiera sido posible sin el apoyo de todas y cada una de las instituciones y personas que me apoyaron en el camino.

Deseo manifestar mi más profundo agradecimiento a CONACyT, por brindarme el apoyo económico para poder realizar este gran sueño.

A la Universidad Autónoma de Aguascalientes por el apoyo económico brindado, así como al Centro de Ciencias Agropecuarias por el apoyo brindado para poder realizar la estancia de investigación. A mis maestros y compañeros por los conocimientos que me transmitieron.

Al Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación (CIAL) España, en específico a la Dra. Lores del Castillo Bilbao y a todo el grupo de Biociencias, por abrirme las puertas de su institución y compartir conmigo todos sus conocimientos, contribuyendo de manera excepcional en la realización de esta investigación, para ustedes todo mi cariño y admiración.

Agradezco también a mis asesores el Dr. Alberto Tecante Coronel y Dr. Fidel Guevara Lara, por todos los conocimientos adquiridos a través de ellos, por todas y cada una de sus aportaciones para realizar este trabajo de la manera más contundente posible.

Y por último pero no menos importante a mi tutora y gran amiga Laura Eugenia Pérez Cabrera, por compartir conmigo todos sus conocimientos y por todo el apoyo que me ha brindado durante muchos años. Y sobre todo por creer y confiar en mí, incluso un poco más de lo que yo lo hago. Nada de esto sería posible sin usted, gracias infinitas.

## DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a las personas más importantes y maravillosas que existen en mi vida, mi familia.

A mi papá, por apoyarme en cada uno de los pasos que doy, por no dejarme caer nunca y sobre todo porque es gracias a ti que el día de hoy puedo decir que soy una mujer de bien, gracias por enseñarme a luchar contra cualquier adversidad predicando con el ejemplo, y sobre todo por llenarme de tanto amor.

A mi mamá, por todo el amor que me das y porque es gracias a ti que el día de hoy soy una mujer independiente capaz de lograr cada una de las cosas que se propone, sin ti nada de esto sería posible.

A ti hermanito que a lo largo de mi vida me has cuidado y defendido, gracias por todo el amor que me das te amo con todo mi corazón.

A mi hermana, amiga y confidente, a ti que eres la mejor hermana del universo, por escucharme siempre y estar ahí siempre que ya no puedo más, por darme las fuerzas para seguir adelante.

A mis sobrinos que son la luz de mis ojos, porque gracias a ellos me regresan esas fuerzas de seguir adelante cuando ya no puedo más.

A mis amigas Eli y Ale por su amistad y todas las aventuras que pasamos juntas, y por soportar todos mis dramas. A todos mis amigos que han estado siempre a mi lado gracias por seguir conmigo.

A Jesús por llegar a mi vida en el momento indicado y hacer de esta experiencia algo más bonito.

Y todo el equipo de trabajo Laura, Rosita, Gloria y Génesis, esto también es de ustedes, les agradezco infinitamente por todo su apoyo y cariño.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL.....	4
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	9
ACRÓNIMOS.....	10
RESUMEN.....	13
ABSTRACT.....	15
INTRODUCCIÓN .....	17
HIPÓTESIS.....	20
OBJETIVO GENERAL .....	20
PRESENTACIÓN DEL TRABAJO.....	20
<b>CAPÍTULO I. PRODUCCIÓN DE POLVOS DE SUBPRODUCTOS (CÁSCARAS) DE PIÑA Y PAPAYA, Y LA INTERACCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN SOBRE SUS PROPIEDADES .....</b>	<b>21</b>
1.1 INTRODUCCIÓN.....	21
1.2 OBJETIVO PARTICULAR.....	22
1.3 MARCO TEÓRICO.....	23
1.3.1 Generalidades de la Piña y la Papaya.....	23
1.3.1.1 Demanda y producción.....	24
1.3.1.2 Composición de la pulpa de la piña y la papaya .....	25
1.3.2 Composición de los Subproductos (cáscaras) de la Piña y la Papaya.....	27
1.3.2.1 Composición bioquímica.....	27
1.3.2.2 Composición fitoquímica.....	28
1.3.3 Efectos Fisiológicos y Mecanismos de Acción de la Fibra Dietética Antioxidante Presente en Subproductos Vegetales .....	29
1.3.3.1 Principales acciones en el estómago e intestino delgado .....	31



1.3.3.2 Principales acciones en el colon.....	32
1.3.4 Tecnologías en la Producción de Polvos Alimenticios a Partir de Subproductos .....	32
1.3.4.1 Liofilización.....	33
1.3.4.2 Secado en bandejas por arrastre de aire caliente forzado .....	33
1.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
1.4.1 Materiales.....	34
1.4.1.1 Gestión sustentable e inocua de los subproductos de piña y papaya .....	34
1.4.1.2 Proceso de desinfección de los subproductos de piña y papaya .....	35
1.4.1.3 Producción de los polvos de subproductos de piña y papaya .....	35
1.4.2 Métodos .....	37
1.4.2.1 Análisis microbiológico .....	37
1.4.2.2 Análisis químico proximal .....	38
1.4.2.2.1 Humedad.....	38
1.4.2.2.2 Carbohidratos simples (D-glucosa, D-fructosa y sacarosa) .....	38
1.4.2.2.3 Extracto etéreo .....	39
1.4.2.2.4 Fibra dietética (insoluble, soluble y total) .....	39
1.4.2.2.5 Proteína.....	40
1.4.2.2.6 Cenizas .....	40
1.4.2.3 Análisis fisicoquímicos.....	40
1.4.2.3.1 Acidez titulable .....	40
1.4.2.3.2 Solubilidad en agua .....	41
1.4.2.3.4 Capacidad de retención de agua (CRA) y aceite (CRAC).....	41
1.4.2.3.5 Actividad de agua ( $a_w$ ) .....	42
1.4.2.3.6 Color.....	42
1.4.2.3.7 Microestructura.....	42

1.4.2.4 Análisis de los compuestos bioactivos.....	43
1.4.2.4.1 Capacidad antioxidante .....	43
1.4.2.4.2 Contenido de compuestos fenólicos solubles totales.....	44
1.4.2.4.4 Contenido de ácido ascórbico.....	44
1.4.3. Análisis Estadístico.....	45
1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
1.5.1. Análisis de Calidad Microbiológica .....	45
1.5.2. Análisis Químico Proximal .....	47
1.5.2.1 Humedad.....	47
1.5.2.2 Extracto etéreo .....	47
1.5.2.3 Proteína.....	48
1.5.2.4. Cenizas .....	49
1.5.2.5 Carbohidratos simples (D-fructosa, D-glucosa y sacarosa) .....	49
1.5.2.6 Fibra dietética (insoluble, soluble y total) .....	50
1.5.3. Análisis Fisicoquímicos .....	52
1.5.3.1 Acidez .....	52
1.5.3.2 pH .....	53
1.5.3.3 Actividad de agua ( $a_w$ ).....	53
1.5.3.4 Solubilidad en agua .....	54
1.5.3.5 Capacidad de retención de agua (CRA) y aceite (CRAC).....	54
1.5.3.6 Microestructura.....	56
1.5.3.7 Color.....	58
1.5.4 Matriz de Correlaciones de Propiedades Químico-Proximales y Fisicoquímicas de los Polvos de Piña y Papaya Producidos: Análisis de Componentes Principales (ACP).....	61
1.5.5 Análisis de Compuestos Bioactivos .....	65

1.5.5.1 Capacidad antioxidante equivalente a Trolox .....	65
1.5.5.2 Contenido de compuestos fenólicos solubles totales.....	66
1.5.5.2 Contenido de ácido ascórbico .....	67
1.6 CONCLUSIONES.....	68
<b>CAPÍTULO II. POLVOS DE CÁSCARAS DE PIÑA Y PAPAYA COMO INGREDIENTES ALIMENTICIOS ACTIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE GOLOSINAS GELIFICADAS: ANÁLISIS DE CALIDAD.....</b>	<b>69</b>
2.1 INTRODUCCIÓN .....	69
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	70
2.3 MARCO TEÓRICO .....	70
2.3.1 Alternativas de Aprovechamiento de los Subproductos de la Piña y la Papaya en la Agricultura y la Ganadería.....	71
2.3.2 Alternativas de Aprovechamiento de los Subproductos de la Piña y la Papaya en Biotecnología .....	72
2.3.3 Usos de los Subproductos de la Piña y la Papaya en la Producción de Matrices Alimenticias.....	73
2.4 MATERIALES Y MÉTODOS.....	74
2.4.1 Materiales.....	74
2.4.1.1 Formulación.....	75
2.4.1.2 Proceso de elaboración de golosinas gelificadas .....	76
2.4.2 Métodos .....	78
2.4.2.1 Análisis microbiológico .....	78
2.4.2.2 Análisis de propiedades fisicoquímicas .....	78
2.4.2.2.1 Sólidos solubles (°Bx).....	78
2.4.2.2.2 pH.....	78
2.4.2.2.3 Actividad de agua ( $a_w$ ) .....	78

2.4.2.2.4 Color.....	79
2.4.2.2.5 Propiedades mecánicas .....	79
2.4.2.3 Análisis sensorial.....	80
2.4.2.3.1 Selección de tamaño de partícula: prueba afectiva de preferencia .....	81
2.4.2.3.2 Selección de método de deshidratación: pruebas afectivas de grado de satisfacción y de preferencia .....	81
2.4.3 Análisis Estadístico.....	83
2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	84
2.5.1 Análisis Microbiológico .....	85
2.5.2 Análisis de Propiedades Fisicoquímicas.....	86
2.5.2.1 Sólidos solubles (°Bx).....	86
2.5.2.2 pH .....	86
2.5.2.3. Actividad de agua ( $a_w$ ) .....	88
2.5.2.4 Color.....	88
2.5.2.5 Propiedades mecánicas .....	91
2.5.4 Análisis Sensorial .....	93
2.5.4.1 Selección de tamaño de partícula: prueba afectiva de preferencia .....	93
2.5.4.2 Selección de método de deshidratación: pruebas afectivas de grado de satisfacción y de preferencia.....	94
2.6 CONCLUSIONES.....	100
<b>CAPÍTULO III102 EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE GOLOSINAS GELIFICADAS MODIFICADAS CON POLVOS DE SUBPRODUCTOS (CÁSCARAS) DE PIÑA Y PAPAYA .....</b>	<b>102</b>
3.1 INTRODUCCIÓN.....	102
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	103
3.3 MARCO TEÓRICO.....	103

3.3.1	Importancia de los Alimentos Funcionales.....	103
3.3.2	Confitería Funcional .....	104
3.3.2.1	Situación actual de la confitería .....	104
3.3.2.2	Tendencias de innovación de la confitería .....	106
3.3.4	Regulación y Normatividad de los Alimentos Funcionales .....	109
3.4	MATERIALES Y MÉTODOS .....	110
3.4.1	Materiales.....	110
3.4.2	Métodos .....	111
3.4.2.1	Análisis de composición nutrimental.....	111
3.4.2.2	Análisis de propiedades funcionales.....	111
3.4.2.2.1	Extracción de compuestos bioactivos .....	111
3.4.2.2.1.1	Extracción acuosa-orgánica.....	111
3.4.2.2.1.2	Extracción fisiológica total <i>in vitro</i> .....	111
3.4.2.2.2	Determinación de capacidad antioxidante .....	112
3.4.2.2.3	Determinación de compuestos fenólicos solubles totales .....	113
3.4.3.	Análisis Estadístico.....	113
3.5	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	114
3.5.1	Análisis de Composición Nutrimental .....	114
3.5.2	Análisis de Compuestos Bioactivos Totales y Bioaccesibles <i>in vitro</i> .....	116
3.6	CONCLUSIONES.....	117
	CONCLUSIONES GENERALES .....	118
	REFERENCIAS.....	119

## ÍNDICE DE TABLAS

### CAPÍTULO I

<b>Tabla 1. 1.</b> Composición de nutrimental de la piña y la papaya por 100 g de porción comestible.....	26
<b>Tabla 1. 2.</b> Composición químico-proximal de 100 g de cáscaras secas de piña y papaya .....	28
<b>Tabla 1. 3.</b> Calidad microbiológica de polvos de cáscaras de piña y papaya .....	46
<b>Tabla 1. 4.</b> Contenido de humedad, extracto etéreo, proteína y cenizas de los polvos de cáscara de piña y papaya.....	48
<b>Tabla 1. 5.</b> Contenido de carbohidratos simples y fibra dietética de polvos de cáscaras de piña y papaya.....	51
<b>Tabla 1. 6.</b> Acidez, pH y $a_w$ de polvos de cáscaras de piña y papaya.....	52
<b>Tabla 1. 7.</b> Capacidad de retención de agua y aceite de polvos de cáscaras de piña y papaya.....	55
<b>Tabla 1. 8.</b> Capacidad antioxidante equivalente a Trolox por DPPH y ABTS de polvos de cáscaras de piña y papaya.....	66
<b>Tabla 1. 9.</b> Contenido de compuestos fenólicos solubles totales y ácido ascórbico en polvos de cáscaras de piña y papaya.....	68

### CAPÍTULO II

<b>Tabla 2. 1.</b> Formulaciones de las golosinas gelificadas control y modificadas con polvos de cáscaras de piña o papaya.....	75
<b>Tabla 2. 2.</b> Calidad microbiológica de las golosinas gelificadas modificadas producidas .	85
<b>Tabla 2. 3.</b> Propiedades fisicoquímicas de las golosinas gelificadas control y modificadas con polvos de subproductos de piña y papaya.....	87
<b>Tabla 2. 4.</b> Coordenadas cilíndricas $CIE L^*C^*$ y $h^\circ$ de golosinas modificadas con polvos de cáscaras de piña.....	89
<b>Tabla 2. 5.</b> Coordenadas cilíndricas $CIE L^*C^*$ y $h^\circ$ de golosinas modificadas con polvos de cáscaras de papaya.....	90
<b>Tabla 2. 6.</b> Propiedades mecánicas de las golosinas gelificadas control y modificadas con polvos de subproductos de piña y papaya.....	92

### CAPÍTULO III

**Tabla 3. 1.** Información nutrimental en 100 g de golosinas gelificadas producidas ..... 115

**Tabla 3. 2.** Análisis de compuestos bioactivos totales en golosinas gelificadas (extracción orgánica-acuosa) ..... 115

**Tabla 3. 3.** Análisis de compuestos bioaccesibles *in vitro* en golosinas gelificadas..... 116



## ÍNDICE DE FIGURAS

### CAPÍTULO I

**Figura 1. 1.** Efectos fisiológicos de la fibra dietética..... 30

**Figura 1. 2.** Polvos de subproductos de piña con diferentes tamaños de partícula obtenidos de los diferentes métodos de deshidratación. .... 36

**Figura 1. 3.** Polvos de subproductos (cáscaras) de papaya con diferentes tamaños de partícula obtenidos de los diferentes métodos de deshidratación utilizados. .... 37

**Figura 1. 4.** Micrografías electrónicas de barrido a 150x de polvos de cáscaras de piña y papaya..... 58

**Figura 1. 5.** Coordenadas cilíndricas  $CIE L^*C^*$  y  $h^\circ$  y diferencia de color de polvos de cáscaras de piña y papaya con diferentes tamaños de partícula..... 59

**Figura 1. 6.** Biplot de Forma Multivariante de los polvos de cáscaras de piña. .... 62

**Figura 1. 7.** Biplot de Forma Multivariante de los polvos de cáscaras de papaya. .... 63

### CAPÍTULO II

**Figura 2. 1.** Diagrama del proceso de elaboración de las golosinas gelificadas..... 77

**Figura 2. 2.** Análisis sensorial de preferencia de golosinas gelificadas de piña elaboradas con polvos de subproductos de piña con diferentes tamaños de partícula ..... 93

**Figura 2. 3.** Análisis sensorial de preferencia de golosinas gelificadas de papaya elaboradas con polvos de subproductos de papaya con diferentes tamaños de partícula 94

**Figura 2. 4.** Análisis sensorial de golosinas gelificadas de piña utilizando una escala hedónica de 9 puntos. .... 96

**Figura 2. 5.** Análisis sensorial de golosinas de piña utilizando una escala hedónica de 5 puntos ..... 96

**Figura 2. 6.** Análisis sensorial de preferencia de golosinas gelificadas de piña ..... 97

**Figura 2. 7.** Análisis sensorial de golosinas de papaya utilizando una escala hedónica de 9 puntos ..... 98

**Figura 2. 8.** Análisis sensorial de golosinas de papaya utilizando una escala hedónica de 5 puntos ..... 99

**Figura 2. 9.** Análisis sensorial de preferencia de golosinas de papaya ..... 100



## ACRÓNIMOS

A	Acidez
ABTS	2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)
AC	Secado por flujo de aire caliente
ACP	Análisis de componentes principales
ANOVA	Análisis de varianza
$a_w$	Actividad de agua
C	Cenizas
$C^*$	Croma
CIE $L^*C^*h^\circ$	Coordenadas cilíndricas
CO	Monóxido de carbono
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
CRA	Capacidad de retención de agua
CRAC	Capacidad de retención de aceite
DPPH	2,2-difenil-1-picrilhidrazilo
EAG	Equivalentes de ácido gálico
EE	Extracto etéreo
ET	Equivalentes de Trolox
F	Fructosa
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FDA	Administración de Alimentos y Medicamentos
FDI	Fibra dietética insoluble
FDS	Fibra dietética soluble
FDT	Fibra dietética total
G	Glucosa
GG	Golosinas gelificadas
G-Pa-AC-1	Golosina gelificada con subproductos de papaya deshidratados con aire caliente y tamaño de partícula 300 a 250 $\mu\text{m}$
G-Pa-AC-2	Golosina gelificada con subproductos de papaya deshidratados con

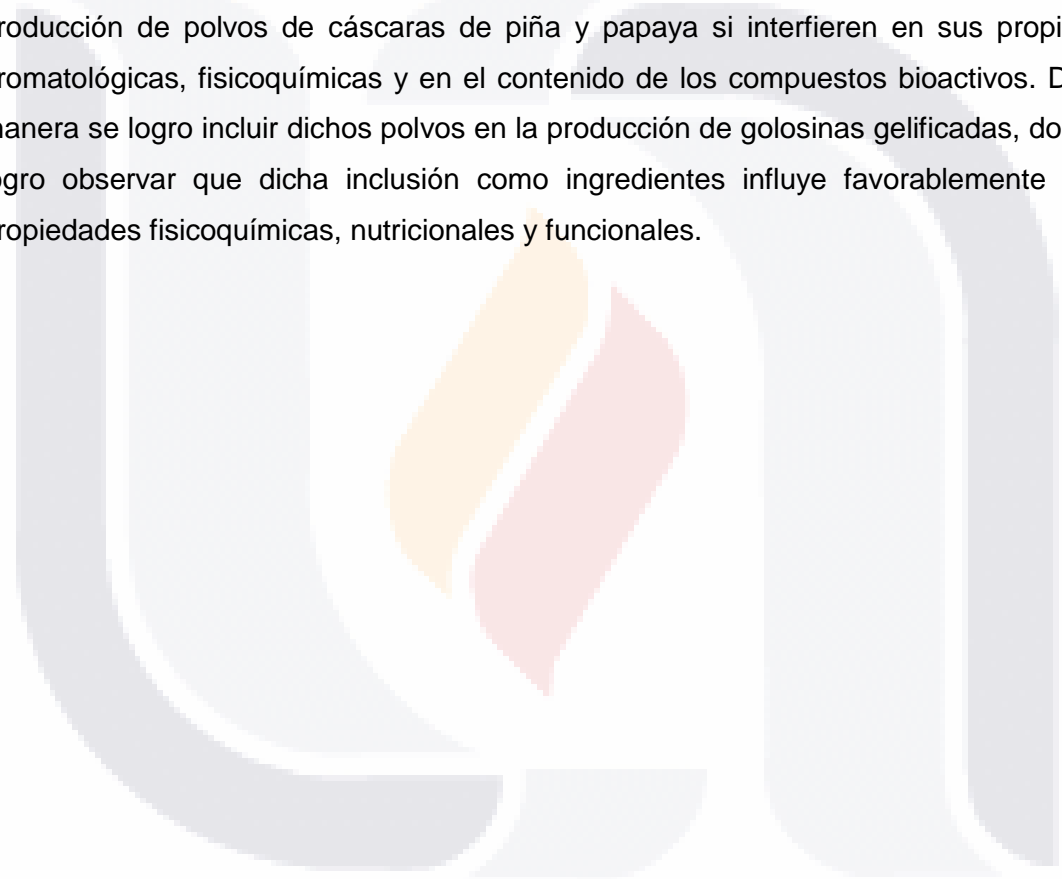
	aire caliente y tamaño de partícula de 250 a 180 $\mu\text{m}$
G-Pa-LIO-1	Golosina gelificada con subproductos de papaya deshidratados con liofilización y tamaño de partícula 300 a 250 $\mu\text{m}$
G-Pa-LIO-2	Golosina gelificada con subproductos de papaya deshidratados con liofilización y tamaño de partícula de 250 a 180 $\mu\text{m}$
G-Pi-AC-1	Golosina gelificada con subproductos de piña deshidratados con aire caliente y tamaño de partícula de 300 $\mu\text{m}$
G-Pi-AC-2	Golosina gelificada con subproductos de piña deshidratados con aire caliente y tamaño de partícula de 250 $\mu\text{m}$
G-Pi-AC-3	Golosina gelificada con subproductos de piña deshidratados con aire caliente y tamaño de partícula de 180 $\mu\text{m}$
G-Pi-LIO-1	Golosina gelificada con subproductos de piña deshidratados con liofilización y tamaño de partícula de 300 $\mu\text{m}$
G-Pi-LIO-2	Golosina gelificada con subproductos de piña deshidratados con liofilización y tamaño de partícula de 250 $\mu\text{m}$
G-Pi-LIO-3	Golosina gelificada con subproductos de piña deshidratados con liofilización y tamaño de partícula de 180 $\mu\text{m}$
H	Humedad
h°	Tono
L*	Luminosidad
LIO	Liofilización
N	Newton
P	Proteína
Pa-AC-1	Subproductos de papaya deshidratados con aire caliente y tamaño de partícula de 300 a 250 $\mu\text{m}$
Pa-AC-2	Subproductos de papaya deshidratados con aire caliente y tamaño de partícula de 250 a 180 $\mu\text{m}$
Pa-LIO-1	Subproductos de papaya deshidratados con liofilización y tamaño de partícula de 300 a 250 $\mu\text{m}$
Pa-LIO-2	Subproductos de papaya deshidratados con liofilización y tamaño de partícula de 250 a 180 $\mu\text{m}$

Pi-AC-1	Subproductos de piña deshidratados con aire caliente y tamaño de partícula de 300 $\mu\text{m}$
Pi-AC-2	Subproductos de piña deshidratados con aire caliente y tamaño de partícula de 250 $\mu\text{m}$
Pi-AC-3	Subproductos de piña deshidratados con aire caliente y tamaño de partícula <180 $\mu\text{m}$
Pi-LIO-1	Subproductos de piña deshidratados con liofilización y tamaño de partícula >300 $\mu\text{m}$
Pi-LIO-2	Subproductos de piña deshidratados con liofilización y tamaño de partícula de 250 $\mu\text{m}$
Pi-LIO-3	Subproductos de piña deshidratados con liofilización y tamaño de partícula <180 $\mu\text{m}$
rpm	Revoluciones por minuto
S	Sacarosa
SD	Desviación estándar
SAGARPA	Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación
SIAP	Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera
UAA	Universidad Autónoma de Aguascalientes
UFC	Unidades formadoras de colonia

## RESUMEN

En la búsqueda de aprovechar los subproductos agroindustriales y de contribuir a la disminución de la contaminación medio ambiental, así como de crear alimentos procesados más saludables, ya sea con un menor contenido calórico, sin azúcar o con algún componente biológicamente activo, el presente trabajo tuvo como objetivo obtener y caracterizar polvos de cáscaras de piña y papaya provenientes de pequeñas empresas de alimentos mínimamente procesados del Estado de Aguascalientes, y aplicarlos como ingredientes alimenticios en el desarrollo de golosinas gelificadas (GG), para evaluar su funcionalidad en el desarrollo de nuevas matrices alimenticias. Se seleccionaron los subproductos (cáscaras) de piña y de papaya que se encontraban en buen estado; se sanitizaron por separado y se sometieron a dos diferentes procesos de deshidratación: flujo de aire caliente y liofilización, para ser posteriormente molidos y tamizados. Se obtuvieron de esta manera polvos con tres tamaños de partícula para cáscaras de piña (300  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$  y <180  $\mu\text{m}$ ) y dos para cáscara de papaya (>300  $\mu\text{m}$  y 250-180  $\mu\text{m}$ ), y se realizaron análisis microbiológicos, químico-proximales, fisicoquímicos (pH, acidez, sólidos solubles,  $a_w$ , solubilidad, microestructura, color, capacidad de retención de agua y aceite) y de los compuestos bioactivos (capacidad antioxidante, fenoles solubles totales y vitamina C. Se estudio también la aplicación de los polvos en el desarrollo de golosinas gelificadas (GG), y para ello se formularon las GG partiendo de una formulación control. A las GG se les sustituyó azúcar refinada principalmente por polvos de cáscaras de piña y de papaya en un 5% y 6% respectivamente; se evaluó la calidad de las GG mediante análisis microbiológicos, fisicoquímicos (pH, acidez, color, actividad de agua, propiedades mecánicas) y análisis sensorial, así como sus propiedades nutricionales y funcionales. Los resultados obtenidos indicaron que los procesos de obtención pueden influir en sus propiedades bromatológicas y fisicoquímicas, siendo los tamaños los que más interfieren en dichas propiedades. Sin embargo, se logró determinar que todos los polvos pueden tener diversas aplicaciones en diferentes matrices alimenticias, aunque los polvos liofilizados presentaron mejores características de solubilidad y color, lo que los hace tener aceptación para sus posibles aplicaciones. En cuanto a los resultados obtenidos de la aplicación de los polvos como ingredientes alimenticios se demostró que es posible

utilizarlos en el desarrollo de golosinas gelificadas, sin embargo mostraron mejores características en dicha aplicación los polvos de menor tamaño de partícula que fueron liofilizados, ya que presentaron una mejor distribución sobre la golosina, lo cual se reflejó en un mejor color, con lo cual los jueces determinaron que eran más atractivas. La aplicación de dichos polvos mejoró también el aporte nutrimental de este tipo de golosinas incorporando fibra que además tiene efecto antioxidante, y por su pigmentación se pudo prescindir del uso de colorantes y saborizantes artificiales. De manera general se logro determinar que los procesos de deshidratación y los tamaños de partícula en la producción de polvos de cáscaras de piña y papaya si interfieren en sus propiedades bromatológicas, fisicoquímicas y en el contenido de los compuestos bioactivos. De igual manera se logro incluir dichos polvos en la producción de golosinas gelificadas, donde, se logro observar que dicha inclusión como ingredientes influye favorablemente en sus propiedades fisicoquímicas, nutricionales y funcionales.



## ABSTRACT

In the search of ways to take advantage of agro-industrial byproducts and to contribute to the reduction of environmental pollution, as well as to create healthier processed foods, whether with a lower caloric content, without sugar or containing biologically active components, the objective of the present work was to obtain and characterize powders of pineapple and papaya peels from small minimally processed food companies in the State of Aguascalientes, and to apply them as food ingredients in the development of gelled sweets (GG), to evaluate their functionality in the development of new food matrices. Pineapple and papaya by-products (peels) that were in good condition were selected; they were sanitized separately and subjected to two different dehydration processes: hot air flow and lyophilization, to be subsequently ground and sieved. Three particle sizes were obtained in this way for pineapple (300  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$  and  $<180 \mu\text{m}$ ) and two for papaya peels ( $>300 \mu\text{m}$  and 250-180  $\mu\text{m}$ ). Microbiological and chemical-proximate analyses were carried out, as well as physicochemical evaluations (pH, acidity, soluble solids,  $a_w$ , solubility, microstructure, color, water and oil retention capacity) and the quantitation of bioactive compounds (antioxidant capacity, total polyphenols, vitamin C). The application of the powders in the development of gelled candies (GG) was also studied, and for this the GG were formulated starting from a control formulation. The GG was replaced with refined sugar by powders of pineapple peel and papaya in 5% and 6% respectively; the quality of the GG was evaluated through microbiological, physicochemical (pH, acidity, color, water activity, mechanical properties) and sensory analysis analysis, as well as its nutritional and functional properties. The obtained results indicated that the obtaining processes can influence their bromatological and physicochemical properties, being the sizes the ones that most interfere in said properties. However, it was determined that all powders can have different applications in different dietary matrices, although lyophilized powders had better solubility and color characteristics, which makes them accept for their possible applications. Regarding the results obtained from the application of the powders as food ingredients it was demonstrated that it is possible to use them in the development of gelled candies, however, the smaller particle sizes that were lyophilized showed better characteristics in this application, since they presented a better distribution on the candy, which was reflected in a better color, with which the judges determined that they were

more attractive. The application of these powders also improved the nutritional contribution of this type of candy incorporating fiber that also has antioxidant effect, and by its pigmentation it was possible to do without the use of dyes and artificial flavors. In general, it was possible to determine that the dehydration processes and the particle sizes in the pineapple and papaya peel powder dusts, if they interfere in their bromatological, physicochemical properties and in the content of the bioactive compounds. In the same way, it was achieved to include said powders in the production of gelled candies, where it was observed that said inclusion as ingredients favorably influences its physicochemical, nutritional and functional properties.



## INTRODUCCIÓN

En la actualidad múltiples estudios han demostrado y recomiendan el consumo de frutas, por su contenido de nutrientes y compuestos bioactivos, especialmente de antioxidantes, ya que es una de las estrategias más efectivas y seguras en la prevención de enfermedades cardiovasculares y otras enfermedades crónico degenerativas (Dina et al., 2009). Sin embargo, el consumo de algunas de estas frutas genera una gran cantidad de subproductos.

Hoy en día, el uso eficiente y respetuoso con el medio ambiente, de estos subproductos de las industrias agroalimentarias es altamente rentable y minimiza el impacto ambiental, ya que estos subproductos al no ser tratados adecuadamente desencadenan una gran contaminación medio ambiental (Banerjee et al., 2017; Selani et al., 2016). El número de estudios sobre fuentes residuales reutilizables ha aumentado considerablemente en los últimos años, y a partir de ellos es posible obtener lo que se denomina como fibras antioxidantes, que son aquellas que se generan a partir del residuo generado por el procesamiento de algunas frutas, este término de fibras antioxidantes fue acuñado recientemente por Saura-Calixto (2011), y se refiere a aquel producto que es rico en fibra y lleva ligado compuestos funcionales. Se sabe que la fibra antioxidante provee beneficios a la salud (Herrera et al., 2009), pero que en algunos casos, contienen compuestos funcionales íntimamente unidos a ella que no pueden ser liberados en el estómago o intestino delgado y que son llevados por la fibra hasta el colon donde son liberados por la fermentación que ahí se lleva a cabo (Saura-Calixto et al., 2007). Estos compuestos son de naturaleza fenólica principalmente y se encuentran estrechamente ligados a la fibra dietética por las estructuras tan complejas que presentan ambos componentes. De esta manera, las fibras antioxidantes proveen beneficios a la salud con doble efecto (Hanlin et al., 2010).

Dentro de los sectores que más generan este tipo de subproductos y que no son tratados adecuadamente, se encuentran las pequeñas empresas de alimentos hortofrutícolas mínimamente procesados, ya que la cantidad que procesan es mínima comparada con las



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

grandes empresas, y por consiguiente no cuentan con un área de tratamiento de fuentes residuales, lo que provoca que estos múltiples desechos terminen en rellenos sanitarios, generando graves problemas de contaminación, por la gran cantidad de gases de efecto invernadero que los mismos emiten (FAO, 2016).

En México la piña y la papaya son dos de los frutos que más se comercializan en este tipo de industrias, por sus múltiples cualidades nutricionales y diuréticas, así como por su abundante disponibilidad durante todo el año en el mercado, sin embargo, también son de los frutos que más subproductos generan, cerca de entre un 20 a 50% de los frutos aproximadamente es considerado como subproducto no destinado a consumo humano (Martínez et al., 2012). Se sabe que estos subproductos son generados por qué no presentan características sensoriales agradables para el consumidor, principalmente de textura, por lo que, el procesado de dichos subproductos por algún método tecnológico tal como la producción de polvos, supone una alternativa para facilitar su consumo. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, los efectos antioxidantes que presentan dichos subproductos dependen de cómo se encuentran ligados los carbohidratos a los compuestos fenólicos, por lo que el proceso de deshidratación y tamaño de partícula que presenten los polvos puede interferir positiva o negativamente en la accesibilidad y estabilidad de dichos compuestos.

Por otro lado, en los últimos años se ha observado que el consumo y la producción de los alimentos funcionales, está en constante crecimiento, por su fácil accesibilidad en los supermercados, así como por su mayor aporte nutricional, esto, en comparación con los alimentos procesados tradicionales, los que hoy en día son considerados como causantes de enfermedades crónico degenerativas y cardiovasculares (Nambiar et al., 2018; Silva et al., 2007).

Es por estas razones que el presente proyecto de investigación contribuyo en la revalorización de los subproductos de piña y papaya, provenientes de la Cafetería Las Exquisitas Food & Snacks, ubicada en la cafetería norte de Ciudad Universitaria de la Universidad Autónoma de Aguascalientes, y de la empresa Jugos y Chocos Tony localizada en el Estado de Aguascalientes, por medio de la aplicación de diferentes

métodos tecnológicos sencillos y amigables con el medio ambiente, para producir polvos de fácil y accesible consumo, cuantificando el contenido de compuestos bioactivos, micronutrientes y micronutrientes presentes en los polvos producidos, contribuyendo de esta manera a determinar cuál es el método que ofrece las mejores características (nutricionales, funcionales, fisicoquímicas y microbiológicas), y así determinar sus posibles usos como ingredientes alimenticios en la producción de nuevas matrices alimentarias funcionales (Capítulo I).

De esta manera, este trabajo de investigación también busco llevar a cabo la incorporación de los polvos de los subproductos como ingredientes en la elaboración de golosinas gelificadas (gomitas), para evaluar la efectividad de los mismos, creando así alimentos funcionales modificados (Capítulo II y III), que pueden ser altamente consumidos por los niños y jóvenes, ya que son la parte de la población mexicana que más preocupación genera actualmente debido a los altos índices de obesidad, diabetes y déficit de la atención que se han presentado en los últimos años (Nambiar et al., 2018; Silva et al., 2007).

Así mediante el desarrollo de estas tecnologías, las empresas del área de mínimo procesamiento lograrían convertir lo que se veía como desecho en un producto útil, ya sea como un medio generador de ganancias monetarias, o para ser utilizados como una fuente alternativa de nutrientes para aumentar el valor nutritivo de la dieta de las personas, contribuyendo en la disminución de la contaminación del medio ambiente y el combate a enfermedades crónico degenerativas y cardiovasculares.

## HIPÓTESIS

El proceso de deshidratación y los tamaños de partícula de los polvos de subproductos (cáscaras) de piña y papaya interfieren en sus propiedades. La inclusión de los mismos como ingredientes en la producción de golosinas gelificadas influye favorablemente en las características de calidad, nutricionales y funcionales.

## OBJETIVO GENERAL

Definir el mejor tratamiento de obtención de polvos de subproductos (cáscaras) de piña y papaya por medio de la evaluación de sus diferentes propiedades, y aplicarlos como ingredientes sustitutos de azúcares, colorantes y saborizantes en la elaboración de golosinas gelificadas, para evaluar de manera general su posible revalorización como ingredientes alimenticios bioactivos en el desarrollo matrices alimenticias.

## PRESENTACIÓN DEL TRABAJO

Con el fin de organizar y ofrecer una mayor fluidez en la presentación de los resultados, el estudio se compone de una introducción general y tres capítulos:

**Capítulo 1.** Producción de polvos de subproductos (cáscaras) de piña y papaya, y la interacción del proceso de obtención sobre sus propiedades.

**Capítulo 2.** Polvos de cáscaras de piña y papaya como ingredientes alimenticios activos en la producción de golosinas gelificadas: análisis de calidad.

**Capítulo 3.** Evaluación nutricional y funcional de golosinas gelificadas modificadas con polvos de subproductos (cáscaras) de piña y papaya.

## **CAPÍTULO I**

# **PRODUCCIÓN DE POLVOS DE SUBPRODUCTOS (CÁSCARAS) DE PIÑA Y PAPAYA, Y LA INTERACCIÓN DEL PROCESO DE OBTENCIÓN SOBRE SUS PROPIEDADES**

### **1.1 INTRODUCCIÓN**

El consumo de alimentos procesados y mínimamente procesados, principalmente de frutas y hortalizas troceadas y empacadas, ha aumentado considerablemente en los países desarrollados, por su aporte nutricional, fácil accesibilidad y la falta de tiempo que existe actualmente en las familias o personas que trabajan a tiempo completo de preparar los alimentos en casa (Giraldo et al., 2004).

Los tratamientos más comunes de los productos mínimamente procesados son pelado y troceado (Giraldo, 2006). Hoy en día en México, existen diversas industrias que producen este tipo de productos, entre ellas se encuentran las pequeñas empresas, las que por obvias razones no cuentan con un sistema de control de los subproductos, por lo que dichos subproductos terminan utilizándose como alimento para ganado o en la mayoría de los casos enviados a rellenos sanitarios, en donde, se produce una grave contaminación del medio ambiente, por la alta cantidad de gases con efecto invernadero que este tipo de materias produce, los cuales son considerados como los segundos causantes a nivel mundial de la emisión de estos gases (FAO, 2016).

Entre los frutos que más se comercializan en este tipo de empresas se encuentran la piña cuyo consumo per cápita en México es de 6.9 kg y la papaya con un consumo per cápita de 6.5 kg (SIAP, 2018), la alta demanda de estas frutas tropicales se debe principalmente a los beneficios que proporcionan a la salud, por sus múltiples cualidades nutricionales, funcionales y diuréticas, además de ser frutos que se encuentran disponibles durante todo el año en el mercado. Sin embargo, durante el procesado industrial de la piña, la corona y

el tallo se cortan antes de pelar, y a continuación, se retira el núcleo para su posterior procesamiento. Estos desechos (cáscara, núcleo, tallo, corona y hojas) representan generalmente el 50% (p/p) del peso total de piña. En el caso de la papaya durante su procesamiento se retiran las cáscaras y las semillas, las cuales representan aproximadamente entre un 20 a 25% del peso total de la papaya. Por lo que, con el aumento de la producción y consumo de ambos frutos, los subproductos que generan también aumentan proporcionalmente (Ketnawa, Chaiwut, & Rawdkuen, 2012; Koubala et al., 2014).

Estudios han demostrado (Martínez et al., 2012), que dichos subproductos, en específico las cáscaras, tienen componentes nutricionales de gran importancia, tales como fibras antioxidantes que pudieran ser utilizados por el ser humano en su alimentación (Saura et al., 2007). Pero existen estudios que revelan que el efecto de dichas fibras antioxidantes en el organismo depende mucho de cómo se encuentran ligados los carbohidratos complejos de la fibra dietética a los compuestos fenólicos, lo cual interfiere en su bioaccesibilidad, pudiendo afectar su capacidad antioxidante (Faulks & Southon, 2005; Parada & Aguilera, 2007; Porrini et al., 2008).

Por otro lado, se conoce que estos subproductos son generados por qué no presentan características sensoriales agradables para el consumidor, principalmente de textura, por lo que, el procesamiento de dichos subproductos por algún método tecnológico tal como la producción de polvos, supone una vía alternativa para facilitar su consumo, sin embargo los efectos antioxidantes que presentan dichos subproductos dependen de cómo se encuentran ligados los carbohidratos a los compuestos fenólicos, por lo que el proceso de deshidratación y tamaño de partícula que presenten los polvos puede interferir positiva o negativamente en sus propiedades físicas y químicas, así como en la biodisponibilidad y bioaccesibilidad de dichos compuestos.

## **1.2 OBJETIVO PARTICULAR**

Establecer un método eficiente de producción de polvos de subproductos (cáscaras) de piña y papaya mediante la determinación de sus propiedades de: calidad microbiológica, químico-proximales, fisicoquímicas y fitoquímicas, para establecer su efectividad como

ingredientes alimenticios y sus posibles aplicaciones en la producción de nuevas matrices alimenticias.

### **1.3 MARCO TEÓRICO**

#### **1.3.1 Generalidades de la Piña y la Papaya**

La piña (*Ananas comosus*) pertenece a la familia *Bromeliaceae*, es una familia muy grande de las regiones tropicales de América. La mayoría de las bromeliáceas son epífitas, es decir, crecen sobre los troncos y ramas de los árboles. Sin embargo, la piña crece sobre el suelo (Samson, 1986). El fruto pertenece a la categoría de frutos carnosos y también se clasifica como un fruto múltiple ya que está formada por la fusión de 150 a 200 pistilos de múltiples flores en un racimo o eje central y se le llama inflorescencia, la maduración toma de 5 a 6 seis meses. En el extremo superior del fruto se encuentra una corona de hojas, la cual continúa su crecimiento hasta que el fruto ha madurado y puede ser utilizada para propagación.

Es un fruto no climatérico, es decir, no continúa madurando después de la cosecha, sin embargo su color verde puede cambiar a un color más claro o amarillento debido a que la clorofila continúa degradándose (Arias & Toledo, 2000). Su pulpa puede ser amarilla, anaranjada o blanca, dependiendo de la variedad, tiene un sabor agridulce cuando está bien madura y un poco ácido al inicio de su madurez comercial. La acidez disminuye después de ser cosechada lo que en ocasiones mejora su sabor cuando su contenido de azúcares es apropiado (Cerdas & Montero, 2005).

Por otro lado, la papaya (*Carica papaya*) forma parte de la familia *Caricaceae*, su distribución abarca principalmente Centro y Sudamérica. Es la única especie de importancia económica de esta familia; se da en un árbol pequeño de madera suave, normalmente sin ramificaciones y de crecimiento rápido, con vasos laticíferos en todas partes (Samson, 1986). El fruto es una baya grande, carnosa y hueca. Los frutos formados a partir de flores femeninas son de oblongos a casi esféricos, pero si se forman

a partir de flores bisexuales presentan forma de pera, cilíndrica o estriada.

Los frutos que se comercializan pesan de entre 0.5 a 2 kg y tienen una longitud de 10 a 20 cm. Es una fruta climatérica por lo que su delgada cáscara verde se vuelve amarilla en la parte inferior cuando comienza la madurez. Su pulpa es de color amarillo a anaranjado, en algunos cultivares es rojiza, con un sabor bastante agradable. Alrededor de su cavidad se depositan semillas negras, pero también existen frutos que no presentan semillas (Arias & Toledo, 2000).

### **1.3.1.1 Demanda y producción**

A nivel mundial, el cultivo de la piña abarca un millón de hectáreas, cuyo principal productor según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2018) es el país centroamericano Costa Rica con una producción anual de 2,685, 131 ton en 2015. México se encuentra en noveno lugar con una producción de 840, 486 ton y un consumo anual per cápita de 6.3 kg. Los fruticultores nacionales tienen la capacidad para producir 3.1% del volumen mundial total. Según comercio exterior en 2015, México vendió al mercado internacional 77, 633 toneladas del fruto, lo que generó ingresos al país por 37.9 millones de dólares. El principal comprador de México es Estados Unidos (99.6%), seguido por Canadá y Chile (SIAP, 2018). En cuanto a importaciones México compró 675 toneladas, lo que representó un gasto de 0.9 millones de dólares.

Las características geográficas adecuadas para la producción de la piña, corresponden a una latitud menor a 800 msnm, con lluvia de 1,000 a 1,500 mm y una temperatura de 25 a 27 °C, en cuanto a su edafología se da en suelos arenosos o arcillo arenosos, con un pH de entre 4.5 y 5.5. En la zona sureste de México: Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Tabasco, Yucatán, se encuentran las condiciones geográficas adecuadas para el cultivo de la piña, por lo que dichos estados son las principales entidades federativas productoras de piña en México en 2014 y 2015 (SIAP, 2018).

En la producción mundial de la papaya no hay país que supere el aporte de India con una producción anual de 5, 544, 000 ton en 2015, donde su producción ascendió en 44.6%.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

México es el quinto productor a nivel mundial con una producción anual de 764, 514 ton y un consumo per cápita de 6.1 kg anuales en 2015, lo que representa el 6.2% de la producción mundial.

Según comercio exterior en 2015, la creciente demanda externa de la fruta tropical mexicana permite que sus exportaciones continúen en ascenso. En 2015 México vendió al mercado internacional 146, 715 ton las cuales representan 91 millones de dólares de ganancias para nuestro país, Estados Unidos es el principal cliente de México con la compra de más de 146 mil toneladas de papaya que corresponden a un 99% de las exportaciones totales. En cuanto a importaciones, México compró en 2015, 180.2 ton de papaya lo que corresponde a 0.2 millones de dólares siendo Tailandia su principal proveedor (SIAP, 2017).

Las características geográficas adecuadas para producción de la fruta son: una altitud de 0 a 800 msnm, lluvia de 800 a 2, 000 mm, con temperaturas de entre 21 a 33 °C; en cuanto a su edafología requiere de suelos francos de textura media y de moderada profundidad, con un pH de 6.0 a 6.5. Las Zonas Costeras de México son las principales regiones donde se siembra papaya, resaltando Oaxaca, ya que sus condiciones geográficas permiten potencializar el desarrollo óptimo de este producto (SIAP, 2018)

### **1.3.1.2 Composición de la pulpa de la piña y la papaya**

La piña es un fruto rico en nutrientes, solo un cincuenta por ciento del mismo es considerado como fracción comestible (Samson, 1986). En la Tabla 1. 1, se muestra la composición proximal por 100 g de porción comestible de piña, donde el principal componente es agua con un 85 a 90%, posteriormente se encuentran los carbohidratos con un contenido de 8.3 a 15.0 % de los cuales dos terceras partes se encuentran en forma de sacarosa y el resto como glucosa y fructosa. Prácticamente no contiene almidón y su contenido de proteínas (0.4-0.62%), grasa (0.1-0.4%), cenizas (0.25 - 0.5%) es muy bajo. Es rica en fibra dietética (0.39-1.20 %) y minerales tales como calcio, hierro, magnesio, fosforo, potasio y sodio. La piña es un fruto que contiene diversas vitaminas



beneficiosas para la salud, tales como la Vitamina A, Vitamina C, Vitamina B1, Vitamina B2, Vitamina B3 y  $\beta$ -Caroteno (Arias y Toledo, 2000; Pully et al.,2011).

**Tabla 1. 1.** Composición de nutrimental de la piña y la papaya por 100 g de porción comestible

<b>Componente</b>	<b>Piña</b>	<b>Papaya</b>
Agua (%)	85.0-90.0	85.0-90.0
Carbohidratos (%)	8.3-15.0	9.0-13.0
Proteína (%)	0.4-0.62	0.39-0.60
Grasa (%)	0.1-0.4	0.10-0.12
Fibra dietética (%)	0.39-2	0.58-0.60
Cenizas	0.25-0.5	0.50-0.74
<b>Minerales</b>		
Calcio (mg)	18-57	22-30
Hierro (mg)	0.4-0.5	0.10-0.60
Magnesio (mg)	10-12	19-21
Potasio (mg)	0-113	183-257
Fosforo (mg)	7-12	50-21
Sodio (mg)	0-1	0-1
<b>Vitaminas</b>		
Vitamina C (mg)	0.15-10	44-84
$\beta$ Caroteno (mg)	0-60	0-595
Tiamina (mg)	0.04-0.09	0.02-0.04
Riboflavina (mg)	0.03-0.05	0.02-0.04
Niacina (mg)	0.16-0.4	0.30-0.34
Vitamina A (IU)	53	1093

**Fuente:** Adaptada de Arias y Toledo, 2000; Duarte, 2011.

En cuanto a la papaya por cada 100 g de fruta madura contiene alrededor de 85 a 90% de agua, componente principal del fruto, posteriormente se encuentran los carbohidratos con un contenido de 9 a 13%. Tiene un contenido bajo de proteína (0.39-0.60%) y grasa (0.10-0.12%). Este fruto tiene abundante fibra dietética (0.59-0.60%), Vitamina A y contiene

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

cantidades adecuadas de vitaminas B1, B2 y C (Tabla 1.1). Por todas estas cualidades que posee el fruto es que se recomienda su consumo para combatir diversas enfermedades cardiovasculares y crónico-degenerativas.

Ambos frutos se consideran como frutos diuréticos y digestivos, son diuréticos ya que tienen un alto contenido de agua y fibra, lo que acelera el proceso digestivo y ayudan a eliminar el agua sobrante del organismo contribuyendo a la pérdida de peso, y digestivos debido a que contienen enzimas proteolíticas bromelina en el caso de piña y papaína en el caso de papaya, y estas contribuyen favorablemente a la salud, ya que se absorben de manera intacta en el intestino delgado; lo que hace posible sus efectos sistémicos como reducir la inflamación (Arias y Toledo, 2000).

### **1.3.2 Composición de los Subproductos (cáscaras) de la Piña y la Papaya**

#### **1.3.2.1 Composición bioquímica**

Tanto las cáscaras de la piña como las de la papaya contienen carbohidratos, proteínas, grasas, minerales y vitaminas que contribuyen a su valor nutricional. Diversos autores (Botelho et al., 2002; Rani & Nand, 2004; Tejeda et al., 2010; Kim et al., 2011; Dhanasekaran et al., 2011), se han dedicado a evaluar la composición bioquímica de las cáscaras de la piña, las que al igual que la porción comestible del fruto están constituidas principalmente por agua con un contenido aproximado de entre 70 a 85 %, lo que representa un contenido de materia seca de 15 a 30% (Hajar et al., 2012), esta materia seca está constituida principalmente por fibra (Tabla 1. 2), la que a su vez se divide en fibra dietética soluble e insoluble, esta última es la que se encuentra en mayor cantidad encontrándose la celulosa (71.5%), hemicelulosa (5.8 a 14.2%) y lignina (7.8%), (Huang, Tsai, y Chow, 2014), sin embargo estos subproductos en seco también tienen un aporte importante de proteína, grasas poli insaturadas y un importante contenido de vitaminas y minerales, sin embargo también aportan azúcares libres.

Las cáscaras de la papaya de igual manera han sido estudiadas por diversos autores (Stefanello & Rosa, 2012) y están constituidas principalmente por agua con un contenido

de aproximado de 80%, lo que representa un contenido de materia seca de aproximadamente 20%, estos subproductos se caracterizan por tener una gran cantidad de fibra dietética insoluble aproximadamente 46.24% y 7.2% de fibra dietaría soluble en materia seca, estas cascarras aportan también una importante cantidad de proteína, grasas poli insaturadas, vitaminas y minerales, sin embargo los reportes de azúcares libres son elevados en materia seca (Tabla 1.2).

**Tabla 1. 2.** Composición químico-proximal de 100 g de cáscaras secas de piña y papaya

Componente	Piña	Papaya
Proteína	6.9 – 8.2	9.4 – 13.8
Grasa	0.5 – 0.8	0.8 – 1.8
Cenizas	0.2 – 2.4	0.5 – 2.9
Carbohidratos	85.5 - 90.0	46.2 - 52.8
Fibra	75.9 – 86.4	40.2 – 50.3
Sólidos solubles	2.1 – 9.8	5.5 – 6.8

**Fuente:** Adaptada de Botelho et al. 2002; Rani & Nand, 2004; Tejeda et al. 2010; Kim et al. 2011; Dhanasekaran et al. 2011

Es importante destacar que las cáscaras de la piña así como las de la papaya también contienen en su estructura enzimas que contribuyen al desarrollo estos frutos, siendo las de mayor relevancia las proteasas que son enzimas que catalizan la hidrólisis de enlaces peptídicos en las proteínas, se agrupan según los residuos de aminoácidos, del centro activo y los mecanismos de acción, dentro de las cisteíno peptidasas se encuentran la papaína en papaya y bromelina en la piña.

### 1.3.2.2 Composición fitoquímica

Los polifenoles, carotenoides y vitamina C son los antioxidantes que comúnmente se han notificado que están presentes en las frutas tropicales y también están asociados con la actividad antioxidante (Moo-Huchin et al., 2015).

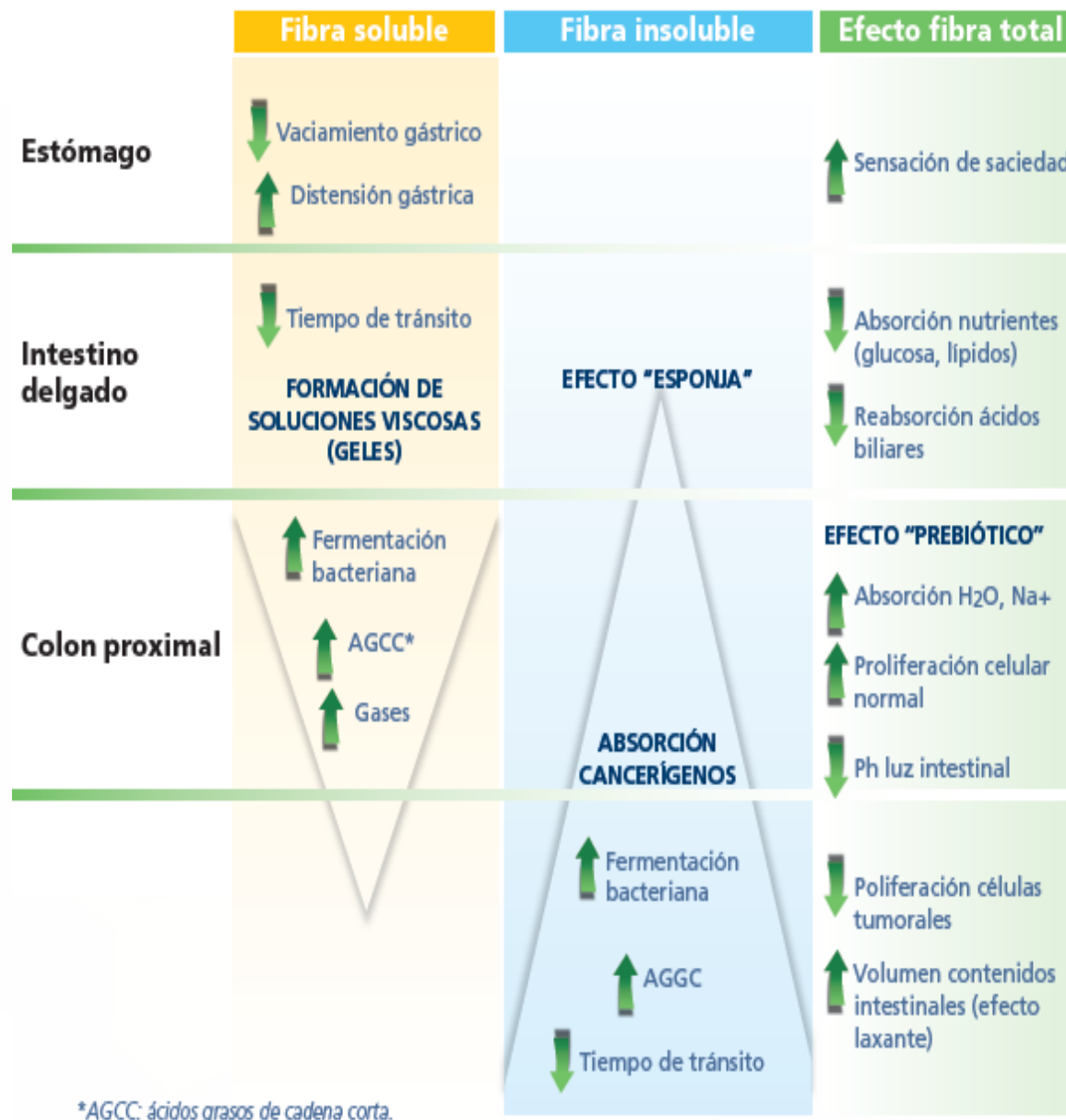
Los subproductos de la cáscara de piña en diversos estudios han demostrado que contienen fibra dietética con capacidad antioxidante, siendo los compuestos fenólicos (ácido cafeico, ácido sinapínico, ácido *p*-cúmico, ácido ferúlico, quercetina, kaempferol, antocianinas, ácido gálico) y los carotenoides (licopeno,  $\beta$ -caroteno) los principales antioxidantes ligados a dicha fibra (Saura et al. 2010), con un contenido de compuestos fenólicos de 428.13 mg/100 g expresados en ácido gálico, y un contenido de flavonoides de 98.56 mg/100 g expresados en quercetina, sin embargo estudios demuestran que estos compuestos se pueden potencializar o afectar al aplicar algún proceso de deshidratación, ya sea por aire caliente o por liofilización (Morais et al., 2015; Gharras, 2009; Maisarah et al., 2013; Mokochinski, J. Bet al., 2015).

En cuanto a los subproductos de las cáscaras de papaya también tienen fibra dietética con capacidad antioxidante, la cual es conferida por los compuestos fenólicos (antocianinas, proantocianidinas (taninos condensados), ácido *p*-cúmico, ácido gálico) y carotenoides (luteína, licopeno, anteraxantina,  $\beta$ -criptoxantina, criptoxantina 5,6 epóxido,  $\beta$ - caroteno) que contienen, Pakarniakov (2015) reportó un contenido de actividad antioxidante de 54.86  $\mu$ /mol equivalente a Trolox/100 g de muestra seca, su contenido de compuestos fenólicos es de 0.99 g/100 g de muestra seca, también contienen ácido ascórbico 1.4 mg/100 g de muestra seca y carotenos 8.1 mg/100 g de muestra seca, sin embargo estas concentraciones son muy variantes, ya que factores como la madurez del fruto, el clima y tratamientos térmicos pueden afectarlos.

### **1.3.3 Efectos Fisiológicos y Mecanismos de Acción de la Fibra Dietética Antioxidante Presente en Subproductos Vegetales**

Como se mencionó anteriormente, se ha encontrado que los subproductos de la piña y la papaya, en específico las cáscaras, son una fuente alta de fibra dietética con capacidad antioxidante, conocida como fibra dietética antioxidante, la cual se caracteriza por tener ligada en su compleja estructura compuestos principalmente de naturaleza fenólica (Ajila et al., 2010; Jiménez-Escrig et al., 2001).

Para entender mejor este término hay que identificar primero a la fibra dietética como las sustancias de origen vegetal, hidratos de carbono o derivados de los mismos, excepto la lignina, que resisten la hidrólisis por las enzimas digestivas humanas y llegan intactas al colon donde algunos pueden ser hidrolizados y fermentados por la flora colónica.



**Figura 1. 1.** Efectos fisiológicos de la fibra dietética

Fuente: Zarzuelo *et al.*, 2010

En la actualidad, los dos conceptos más conocidos en torno a la fibra son: 1) fibra fermentable, soluble y viscosa, y 2) la fibra escasamente fermentable, insoluble y no viscosa, esta clasificación se da en función de dos de sus propiedades que son responsables de la mayoría de sus beneficios fisiológicos: comportamiento en contacto con el agua y capacidad de fermentación. En la Figura 1. 1, se pueden observar los principales efectos fisiológicos de la fibra dietética soluble, insoluble y total.

### **1.3.3.1 Principales acciones en el estómago e intestino delgado**

Las fibras solubles forman rápidamente soluciones viscosas o geles cuando se combinan con agua. Mientras que las fibras insolubles actúan como una “esponja” de forma que el agua queda retenida en su matriz estructural, formando mezclas de baja viscosidad. En consecuencia, la ingesta de fibra dietética va a generar un incremento en el volumen de los contenidos luminales, con la consiguiente distensión de las paredes del tracto gastrointestinal (Zarzuelo et al., 2010; Mateu, 2004). El resultado final será la estimulación de los correspondientes reflejos que facilitan la sensación de saciedad y que aceleran el tránsito de los contenidos en los intestinos delgado y grueso (Figura 1).

En el estómago la fibra soluble forma soluciones viscosas que a su vez son las responsables del retraso del vaciamiento gástrico que ocurre tras su ingesta, así como del mayor volumen y viscosidad de los contenidos que alcanzan los segmentos intestinales, junto con la aceleración del tránsito en el intestino delgado que dificulta el contacto de los nutrientes con las enzimas digestivas o con la superficie intestinal. Estas acciones pueden ser las responsables de la ralentización en la absorción de determinados nutrientes, como la glucosa o el colesterol. En el caso de la fibra insoluble, al incrementar la velocidad de tránsito de los contenidos intestinales y al retener compuestos en su estructura, puede igualmente verse dificultada la absorción de nutrientes (Mateu, 2004; Escudero & González, 2004; García, 2004)

### **1.3.3.2 Principales acciones en el colon**

La fermentación de las fibras dietéticas antioxidantes en el colon humano es un evento fisiológico que puede tener efectos significativos en la salud intestinal. Los polifenoles no absorbibles asociados a la fibra dietética insoluble no son biodisponibles en el intestino delgado humano y llegan al colon, donde son sustratos fermentables para la microflora bacteriana (Saura et al., 2010). Debido a que este material insoluble permanece durante mucho tiempo en el tracto gastrointestinal, se convierte en un material que tiene la capacidad de estabilizar radicales solubles formados ahí mismo. Los ácidos fenilacético, fenilpropiónico, fenilbutírico y urolitinas A y B, son metabolitos absorbibles de los polifenoles que pueden ejercer efectos sistémicos (Saura et al. 2010). Sin embargo, los metabolitos no absorbibles y fenoles no fermentables permanecen en el lumen del colon, donde pueden contribuir a un ambiente antioxidante (eliminando radicales libres) y contrarrestar los efectos pro-oxidantes de la dieta (Selma et al., 2009). Sin embargo, la actividad que tienen estas fibras antioxidantes sobre el organismo depende mucho del procesamiento tecnológico que se les dé a los subproductos.

### **1.3.4 Tecnologías en la Producción de Polvos Alimenticios a Partir de Subproductos**

En la industria alimentaria los polvos son ampliamente utilizados por su estabilidad fisicoquímica y microbiológica, y porque aportan cualidades organolépticas, y contribuyen a mejorar las propiedades reológicas de los alimentos; además generan soluciones tecnológicas ya que son fáciles de conservar, transportar, almacenar, procesar, dosificar y utilizar (Cuq et al., 2013). La forma de las partículas, el tamaño, la porosidad, la composición y la densidad, determinan importantes propiedades funcionales tales como capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de retención de aceite (CRAC), humectabilidad, velocidad de sedimentación, dispersabilidad y solubilidad, cualidades que influyen directamente en la aceptación del producto por parte de los consumidores (Cuq et al., 2011). Existen diferentes técnicas para la producción de polvos en este trabajo nos enfocaremos en la liofilización y el secado por arrastre de aire caliente, la molienda y tamizado, como los métodos tecnológicos más efectivos para la obtención de los mismos.

#### **1.3.4.1 Liofilización**

La liofilización, también llamada criodeshidratación, es un tipo especial de deshidratación por sublimación o transformación directa del hielo de un alimento a vapor de agua, sin pasar por el estado de agua líquida. Para que esto ocurra, la temperatura y la presión parcial de vapor de agua han de ser inferiores a las del punto triple, es decir  $0.0099\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $610,5\text{ Pa}$ . Si en estas condiciones se aporta el calor latente de sublimación ( $2.84\text{ MJ kg}^{-1}$ ), el hielo se transforma directamente en vapor sin llegar a fundirse (Berk, 2013).

La liofilización es el proceso más suave para secar alimentos y es el mejor método para secar compuestos orgánicos o inorgánicos sin alterar su composición cualitativa o cuantitativa. Dado que el proceso se realiza a vacío y a baja temperatura, es posible evitar la desnaturalización de las proteínas. Los alimentos se convierten en productos secos, evitando el paso por su fase líquida, y en consecuencia los cambios enzimáticos, biológicos y químicos. Sin embargo también presenta ciertos inconvenientes tales como la gran inversión de equipamiento, ya que cuesta alrededor de cuatro veces el valor de otros métodos. Genera un alto coste energético y elevado tiempo de proceso (entre 4 y 10 h/ciclo secado).

La liofilización es un método apropiado para la obtención de polvos alimentarios, ya que produce una estructura porosa que absorbe el agua fácilmente, mejorando sus propiedades de rehidratación y conservando la mayor parte de las propiedades iniciales, incluyendo la concentración de compuestos bioactivos (Ceballos et al., 2012; Nora et al., 2014).

#### **1.3.4.2 Secado en bandejas por arrastre de aire caliente forzado**

Aplicando aire caliente al producto, el agua en los tejidos vegetales se evapora. El vapor es absorbido por el aire y alejado del producto. La deshidratación por aire forzado se efectúa en instalaciones de construcción similar a las de congelación por aire forzado. Sin embargo, en los armarios y túneles de deshidratación es necesario eliminar una parte del aire saturado. La humedad relativa del aire debe mantenerse en un 60%.



La temperatura máxima que se puede utilizar para no degradar el alimento es 70°C. Iniciando el secado con una temperatura elevada, el agua de los tejidos superficiales se evapora demasiado rápido. Esto dificulta la salida del agua de los tejidos internos, dando como resultado productos de baja calidad. Temperaturas elevadas y una humedad baja, causan la caramelización de los azúcares presentes en las frutas y la decoloración de las hortalizas.

## **1.4 MATERIALES Y MÉTODOS**

Una parte del presente Capítulo se llevó a cabo en los laboratorios del Departamento de Tecnología de Alimentos, y de Análisis de Suelos, Agua y Foliaves del Centro de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma de Aguascalientes; la otra parte fue realizada en los laboratorios del Instituto de Investigación en Ciencias de la Alimentación, de la Universidad Autónoma de Madrid y del Consejo Superior de Investigaciones Científicas en Madrid, España. Se contó con la colaboración de la empresa de alimentos mínimamente procesados Las Exquisitas Food & Snacks, ubicada en la cafetería norte de Ciudad Universitaria de la UAA, así como de la empresa Jugos y Chocos Tony ubicada en el estado de Aguascalientes, quienes aportaron los subproductos para llevar a cabo la revalorización.

### **1.4.1 Materiales**

#### **1.4.1.1 Gestión sustentable e inocua de los subproductos de piña y papaya**

Con el fin de crear un proyecto totalmente comprometido con el medio ambiente, así como de garantizar la inocuidad de las materias primas, se estableció un sistema sustentable de gestión de los subproductos, que consistió, en la recolección diaria en contenedores de polipropileno previamente desinfectados con una solución de Nicom PQ (4 mL/10 L de agua) uno para cada tipo de los subproductos resultantes de la producción

de piña y papaya mínimamente procesadas de las empresas involucradas en el proyecto: “Las Exquisitas Foods & Snacks” y “Jugos y Chocos Tony”.

#### **1.4.1.2 Proceso de desinfección de los subproductos de piña y papaya**

Los subproductos fueron sometidos a un proceso de selección, se lavaron y desinfectaron por inmersión con una solución (2 mL/10 L de agua) de Nicon PQ (Procesadores de aditivos S.A de C.V., Investa de México S.A de C.V., MX; componente activo: ácido cítrico) se retiró el exceso de la solución por centrifugación manual (Ilko, México) y posteriormente se sumergieron en agua a 90 °C por 30 min para inactivar las enzimas, transcurrido el tiempo se retiró el exceso de agua por medio de centrifugación manual (Ilko, México) y se pesaron en una balanza (Ohaus, Adventure Pro AU2102, UK), este proceso se llevó a cabo por separado para cada tipo de los subproductos.

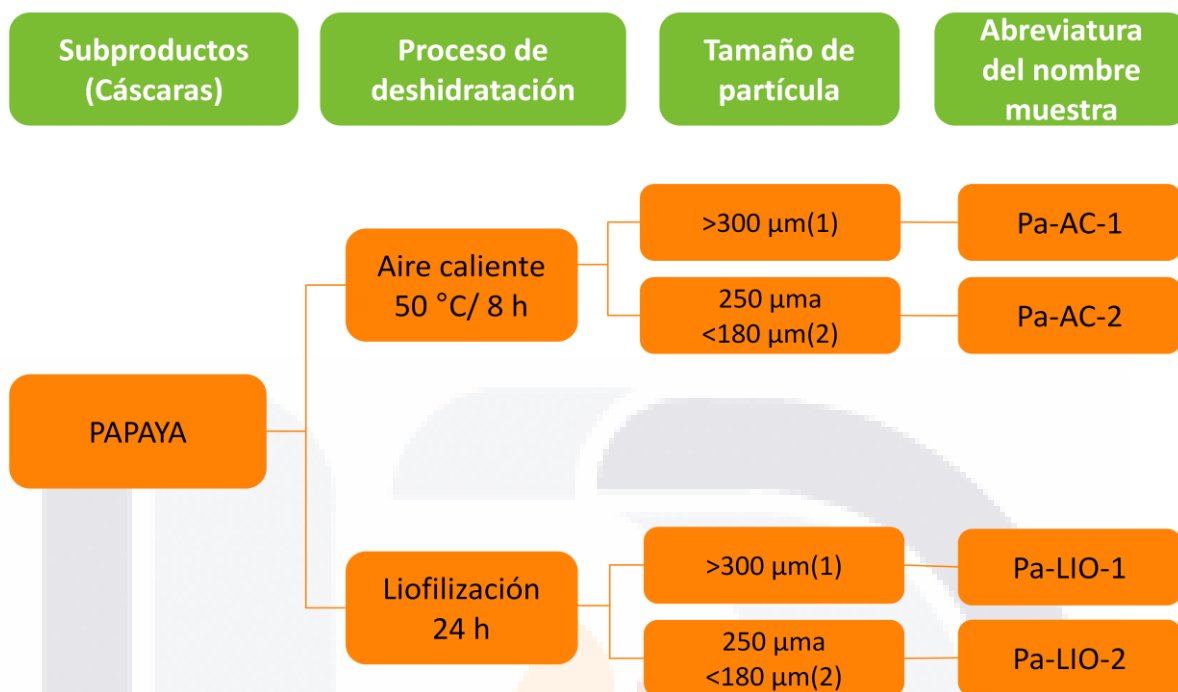
#### **1.4.1.3 Producción de los polvos de subproductos de piña y papaya**

Los subproductos se separaron en dos lotes por cada tipo de subproducto. El primer lote de ambos subproductos fue secado por aire caliente forzado (Excalibur Products, 3500, USA) a una temperatura de 57 °C por 16 a 24 h en el caso de los subproductos de piña y durante 8 h para los subproductos de papaya. El segundo lote de ambos subproductos, fue previamente congelado a -78 °C (SO-LOW, U40-13, USA), y posteriormente fueron liofilizados en una unidad de laboratorio (Labconco, FreeZone® Legacy, 7752020, USA) el cual deshidrato las muestras por medio de sublimación, a una temperatura de 0.0099 °C y una presión de 610.5 Pa y se dejaron en el equipo hasta obtener una humedad relativa de aproximadamente 5%. Los subproductos deshidratados se sometieron a una molienda (Oster, 6859, MEX) y tamizado (Tamizadora, Quimilab; Tamices, Flicc. S.A de C.V, MEX) durante 30 min. De esta manera los polvos de los subproductos de piña fueron divididos en tres tamaños de partícula: >300 µm, 250 µm y <180 µm (Figura 1. 2).



**Figura 1. 2.** Polvos de subproductos de piña con diferentes tamaños de partícula obtenidos de los diferentes métodos de deshidratación.

En el caso de los polvos de subproductos de la cascara de papaya se utilizaron únicamente dos tamaños de partícula: >300 μm y 250 μm a <180 μm (Figura 1. 3) ya que el rendimiento del tamiz con abertura de 250 μm fue muy bajo. Se envasaron en envases de polipropileno blanco para evitar el contacto directo de las muestras con la luz y se almacenaron en refrigeración -5 °C (Mabe, RMV61WIEM, USA), hasta su posterior análisis.



**Figura 1. 3.** Polvos de subproductos (cáscaras) de papaya con diferentes tamaños de partícula obtenidos de los diferentes métodos de deshidratación utilizados.

## 1.4.2 Métodos

### 1.4.2.1 Análisis microbiológico

El análisis microbiológico de los polvos de subproductos de piña y papaya se llevó a cabo por medio del método de vaciado en placa, se determinaron coliformes totales con agar bilis y rojo violeta (Bioxon, Becton Dickinson de México S. A de C.V.), siguiendo las especificaciones de la NOM-113-SSA1-1994; mesófilos aerobios con agar métodos estándar (Bioxon, Becton Dickinson de México S:A de C.V.) siguiendo las especificaciones de la NOM-092-SSA1-1994, así como hongos y levaduras con agar dextrosa y papa (Bioxon, Becton Dickinson de México S:A de C.V.) siguiendo las especificaciones de la NOM-111-SSA1-1994. Se realizaron las diluciones de las muestras de acuerdo con la norma oficial mexicana NOM-110-SSA1-1994 establecida para la preparación de las diluciones de las muestras.

Se agregaron aproximadamente 15 mL del medio fundido, el cual se mantuvo a  $45 \pm 1.0$  °C. Se mezclaron cuidadosamente el inoculo con el medio, con seis movimientos de derecha a izquierda, y seis movimientos en el sentido contrario al de las manecillas del reloj y 6 movimientos en el sentido de las manecillas del reloj y 6 de atrás para adelante, sobre una superficie lisa y nivelada. La mezcla se solidificó dejando las cajas de Petri reposar sobre una superficie horizontal fría. Se invirtieron las placas y se colocaron en la incubadora (Felisa, FE-132D, MEX) a 35 °C durante 24 h para coliformes y 48 h para mesófilos aerobios, y de 22 a 25 °C durante 72 a 120 h para hongos y levaduras. Después del periodo especificado para la incubación, se realizó el conteo de las colonias.

#### **1.4.2.2 Análisis químico proximal**

##### **1.4.2.2.1 Humedad**

El contenido de humedad de los polvos se determinó mediante la técnica gravimétrica de secado en estufa siguiendo el método 44-15.02 (AOAC 1984). Se midió la pérdida de peso de las muestras, para ello, se colocaron las muestras sobre crisoles y estos se introdujeron en un horno (Felisa, FE-293D, MEX) con circulación de aire a 60 °C, hasta peso constante, se pesaron en una balanza digital de 0.0001 g de precisión (AE ADAM, AE438616, USA). Las determinaciones se realizaron por triplicado para cada muestra. Los resultados se expresaron en gramos de agua/100 g de producto.

##### **1.4.2.2.2 Carbohidratos simples (D-glucosa, D-fructosa y sacarosa)**

La determinación de los azúcares libres (glucosa, fructosa y sacarosa) se llevó a cabo mediante una adaptación al micrométodo de las especificaciones del Kit enzimático K-SUFRG (MEGAZYM, A98 YV29, IRL). La D-glucosa se determinó antes y después de la hidrólisis de sacarosa por adición de  $\beta$ -fructosidasa. El contenido de D-fructosa de la muestra se determinó después de la isomerización por fosfoglucosa isomerasa. Las mediciones se realizaron por triplicado en un lector de placas (BioTeck Instruments, PowerWave™ Xs, USA). Se realizaron rectas de calibrado para cada carbohidrato

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

determinado D-glucosa, D-fructosa y sacarosa en concentraciones de 0.15 a 0.8 mg/mL. Las determinaciones se realizaron tres veces por triplicado para cada muestra y los resultados se expresaron en gramos de azúcar/100 g de producto.

#### **1.4.2.2.3 Extracto etéreo**

Se determinó el extracto etéreo reportado como porcentaje total de grasa, se pesaron 3 g de muestra sin humedad en cartuchos de extracción de celulosa (Whatman, 2800258, UK) y se utilizó como solvente de extracción éter de petróleo siguiendo el método de Goldfisch (Método 1984, AOAC 1984), en un aparato de extracción de grasas tipo Goldfisch (Labconco, 816-333-811, USA). Las determinaciones se realizaron por triplicado para cada muestra. Los resultados se expresaron en gramos de grasa/100 g de producto.

#### **1.4.2.2.4 Fibra dietética (insoluble, soluble y total)**

El contenido de fibra dietética se determinó por medio del método enzimático gravimétrico (AOAC 991.43 y AACC 32-07.01), mediante adaptaciones a las especificaciones del Kit de determinación de Fibra Dietética Total (soluble e insoluble) K-TDFR-200A (MEGAZYM, IRL). Para ello se utilizó  $1 \pm 0.005$  g de muestra previamente desgrasada y sin humedad y se sometió a una digestión enzimática secuencial a 37 °C con  $\alpha$ -amilasa, proteasa y amilogucosidasa. Para la fibra insoluble, se filtró el digerido en crisoles de fritado y la materia no soluble se lavó, secó y se registró el peso constante, para determinar el contenido de fibra insoluble al residuo seco se le determinó el contenido proteína y de cenizas, dichos valores se les restaron al peso seco. En el caso de la fibra soluble, se utilizó el sobrenadante que quedo de la filtración y se precipitó con etanol al 95% a 70 °C, se filtró el precipitado en crisoles de fritado y la materia soluble se lavó, secó y se registró el peso constante, para determinar el contenido de fibra soluble al residuo seco se le determinó el contenido proteína y de cenizas, dichos valores se les restaron al peso seco. Las determinaciones se realizaron por triplicado en las diferentes muestras, y los resultados se expresaron en gramos de fibra total, soluble e insoluble/100 g de producto.

#### **1.4.2.2.5 Proteína**

Para determinar este parámetro se utilizó el análisis elemental de nitrógeno proteico (Método 46-16.01; AOAC, 1984); se siguió la metodología de Dumas (LECO FP-528, 601-500-300, USA), que se basa en la liberación de nitrógeno por pirolisis y subsiguiente combustión total, utilizando un detector de conductividad térmica. Se utilizó el factor de conversión 6.25 el cual según la norma mexicana NMX-F-06851980 es el indicado para vegetales. Las determinaciones se realizaron por triplicado en las diferentes muestras, y los resultados se expresaron en gramos de proteína/100 g de producto.

#### **1.4.2.2.6 Cenizas**

El contenido de cenizas se determinó mediante la metodología AACC 13.009; primero se desecaron las muestras en estufa a 60 °C y posteriormente se carbonizaron y calcinaron en una mufla (Felisa, FE-340, MEX) a 550 °C hasta obtener cenizas blancas y se pesaron en una balanza digital de 0.0001 g de precisión (AE ADAM, AE438616, USA). Las determinaciones se realizaron por triplicado y los resultados se expresaron en gramos de cenizas/100 g de producto.

#### **1.4.2.3 Análisis fisicoquímicos**

##### **1.4.2.3.1 Acidez titulable**

La determinación del porcentaje de acidez titulable se llevó a cabo mediante una adaptación de la técnica de la NMX-F-102-S-1978 para productos secos. Se pesaron 4.5 g de muestra y se disolvieron en 100 mL de agua destilada, se colocaron en calentamiento hasta alcanzar una temperatura de 60 a 70 °C y se dejaron a dicha temperatura por 1 h, posteriormente en un matraz de aforo de 200 mL las muestras se filtraron y enjuagaron con agua caliente, y se llevaron al aforo con agua hervida y estabilizada pH=7. En un matraz de aforo de 50 mL se colocaron 25 mL de la solución de la muestra y se llevaron al aforo con agua hervida y estabilizada, estas soluciones fueron

tituladas con NaOH 0.1 N y se registraron los mL gastados al alcanzar un pH=8.1 ± 0.2. Las titulaciones se realizaron por triplicado. Los resultados se expresaron como meq de ácido cítrico (0.006404 g/mL) por cada 100 g de muestra.

**1.4.2.3.2 Solubilidad en agua**

Se determinó por medio de una adaptación del método de Serna et al. (2015). Sobre tubos cónicos (Falcon) se colocaron 50 mL de agua desliada y se agregaron 0.5 g de muestra previamente pesados en una balanza analítica (AE ADAM, AE438616, USA) y se colocaron en agitación constante (Thermo Scientific, SP88857100, CHINA) a 1150 rpm por 5 min. Posteriormente se centrifugaron (IEC, Centra CL2-120, USA) a 3000 rpm por 5 min, enseguida se tomaron alícuotas de 12.5 mL del sobrenadante y se transfirió a una placa de Petri previamente pesada, las muestras se secaron inmediatamente en un horno (Felisa, FE-293D, MEX) a 105 °C durante 5 h. El porcentaje de solubilidad se calculó por diferencia de peso según la ecuación 1. Las determinaciones se realizaron por triplicado en las diferentes muestras y se expresaron en porcentaje de solubilidad.

$$\% \text{ Solubilidad en agua} = \left( \frac{\text{peso seco de los sólidos} \times 4}{\text{peso de la muestra}} \right) (100) \dots \dots \dots (1)$$

**1.4.2.3.4 Capacidad de retención de agua (CRA) y aceite (CRAC)**

La CRA y la CRAC se determinaron mediante una adaptación al método descrito por Hassan et al., (2011), en tubos cónicos de 50 mL se pesaron 250 mg de la muestra, y se les agregaron 25 mL de agua destilada o aceite de oliva dependiendo de la medición a realizar, y se colocaron en agitación constante en un carro de agitación a 28 °C durante 1 h, posteriormente se centrifugaron (IEC, Centra CL2-120, USA) a 3500 rpm durante 20 min, se separó el sobrenadante y posteriormente se pesó el sedimento. Los resultados se obtuvieron por medio de la ecuación 2, y se expresaron en porcentaje de agua o aceite retenido. Cada muestra se midió por triplicado.



$$CRAoCRAC(\%) = \frac{\text{pesomuestra} - \text{pesodelsedimento}}{\text{pesodelamuestra}} \quad (2)$$

#### 1.4.2.3.5 Actividad de agua ( $a_w$ )

La actividad del agua ( $a_w$ ) se determinó a una temperatura de 25 ° C, se siguió el principio de equilibrio de presión de vapor mediante la utilización del método de Punto de Rocío. Dicha medición se realizó con un higrómetro (Decagon Devices, Inc., AquaLab Series 3TE, USA), previamente calibrado con estándares de verificación:  $a_w = 0.250$  (LiCl 13.4 molal en H<sub>2</sub>O),  $a_w = 0.5$  (LiCl 8.57 molal en H<sub>2</sub>O) y  $a_w = 0.984$  (KCl 0.5 molal en H<sub>2</sub>O), las determinaciones se realizaron por triplicado en cada muestra.

#### 1.4.2.3.6 Color

La determinación del color, se realizó implementando una técnica en la cual se utilizaron vasos de precipitados de 25 mL, los cuales fueron llenados has su máxima capacidad con las muestras, posteriormente se midieron con un colorímetro (Konica Minolta Sensing Americas, Inc., CR-400, Japón), y por medio del software SpectraQC (Konica Minolta Sensing Americas, Inc, Cyber Chrome, Inc versión 1996-2001, JAPÓN) se obtuvieron los valores de las coordenadas CIE-L\*C\*h\*. Donde L\* es la diferencia entre la luz (L\*=100) y la oscuridad (L\*=0); C\* es la coordenada croma, que es la distancia perpendicular desde la luminosidad; y h\* es el ángulo de tono expresado en grados. Así como la diferencia de color  $\Delta E$ . Se realizaron diez mediciones a cada muestra.

#### 1.4.2.3.7 Microestructura

Las muestras se acondicionaran en una atmosfera controlada con P<sub>2</sub>O<sub>6</sub> por un mínimo de 7 días para retirar un mayor porcentaje de humedad, se les aplicaron tres cubiertas de oro a 100 Angstroms mediante un nebulizador de oro (Denton Vacuum) y se analizaron en un

microscopio electrónico de barrido SEM (JEOL\_JFM, 59LV, USA) a 10 kV, con una resolución de 150X.

#### **1.4.2.4 Análisis de los compuestos bioactivos**

El extracto de los compuestos antioxidantes se realizó siguiendo el método establecido por Hassan et al. (2011). En tubos cónicos (Falcon) de 15 mL se pesaron 0.5 g de muestra y les añadió 10 mL de solución acuosa de metanol (50% v/v) acidificado pH= 2.0, se colocaron en agitación constante a temperatura ambiente durante 1 h en una plataforma de agitación orbital, transcurrido el tiempo los tubos se centrifugaron a 1500 g por 10 min en una centrífuga clínica a temperatura ambiente y se recuperó el sobrenadante (extracto A) en un tubo cónico oscuro (Falcon) de 50 mL. Al residuo insoluble se le agregaron 10 mL de acetona acuosa al 70% (v/v), y se resuspendió perfectamente el residuo agitando en un Vórtex, y se siguió el mismo proceso que en la obtención del extracto A. De esta manera los extractos A y B se mezclaron en un mismo tubo para llevar a cabo la determinación de la actividad antioxidante y el contenido compuestos fenólicos.

##### **1.4.2.4.1 Capacidad antioxidante**

Se determinó la actividad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) utilizando dos métodos diferentes adaptados al micrométodo. El primer método TEAC-DPPH, se realizó utilizando DPPH como radical libre (Brand et al., 1995; Fukumoto y Mazza, 2000), sobre una microplaca de 96 pocillos se colocaron 30  $\mu$ L de muestra y se les agrego 180  $\mu$ L de DPPH 0.13 mM (Sigma Aldrich), se reaccionaron en total oscuridad por 30 min a temperatura ambiente, y la absorbancia se midió a 515 nm en un lector de placas (BioTeck Instruments, PowerWave<sup>TM</sup> Xs, USA).

El segundo método TEAC-ABTS, se realizó utilizando ABTS como radical catiónico libre(Re et al., 1999), se colocaron 10  $\mu$ L de muestra sobre cada pocillo y se le agrego 190  $\mu$ L de solución de trabajo de ABTS (Sigma Aldrich), se dejó reaccionar por 20 minutos

en oscuridad a temperatura ambiente se midió la absorbancia en el mismo lector de placas a 750 nm, los valores de TEAC-DPPH y TEAC-ABTS se expresaron como miligramos de equivalentes de Trolox (ET) por gramo de muestra seca. Las determinaciones se realizaron tres veces por triplicado tanto para la curva patrón como para las diferentes muestras.

#### **1.4.2.4.2 Contenido de compuestos fenólicos solubles totales**

Se determinaron mediante una adaptación al micro método en placa del método espectrofotométrico descrito por Singleton et al. (1999), la cual consiste en una reacción REDOX entre los compuestos fenólicos presentes en la muestra y el reactivo Folin-Ciocalteu. La curva de calibración se preparó usando ácido gálico (Sigma Aldrich) como material de referencia. Para el análisis de las muestras se utilizaron microplacas de 96 pocillos, y sobre cada pocillo de la placa se colocaron 10  $\mu$ L de los extractos y se agregaron 200  $\mu$ L de carbonato de sodio (Sigma Aldrich) al 20%, se dejó reaccionar por 2 min y posteriormente se añadieron 50  $\mu$ L de Folin-Ciocalteu (Sigma Aldrich) 2 N y se dejó reaccionar por 30 min en completa oscuridad y posteriormente se midió la absorbancia a 780 nm en un lector de placas (BioTeck Instruments, PowerWave<sup>TM</sup> Xs, USA). Las determinaciones se realizaron por triplicado tanto para la curva patrón como para las diferentes muestras, se calcularon y reportaron los miligramos equivalentes de Ácido Gálico/ gramo de muestra seca.

#### **1.4.2.4.4 Contenido de ácido ascórbico**

Se llevó a cabo mediante el uso del método volumétrico AOAC 967.21 (AOAC 1988), por medio de la acción reductora sobre el colorante azul 2,6 diclorofenol-indofenol (DCFI) (Sigma Aldrich), usando ácido ascórbico (Sigma Aldrich) como solución patrón. Se pesaron 0.5 g de las muestras, y en un matraz de aforo de 25 mL se diluyeron previamente con 5 mL de ácido metafosfórico (Sigma Aldrich) al 25% para inactivar la oxidasa ascórbica y posteriormente se llevaron al aforo con agua, se tomaron alícuotas de 10 mL y se titularon con indicador DCFI. Las determinaciones se realizaron por triplicado

en las diferentes muestras y se expresaron como miligramos de ácido ascórbico por gramo de muestra seca.

### **1.4.3. Análisis Estadístico**

Todos los resultados se analizaron utilizando el paquete estadístico InfoStat para Windows, donde, fueron sometidos al análisis de normalidad y homoscedasticidad y se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar ( $n=3$ ). Se utilizó el análisis unidireccional de la varianza (ANOVA); aplicando análisis de *Tukey* ( $p<0.05$ ) para medias con diferencias significativas. En el paquete estadístico R Studio versión 3. 5. 2 (2018-12-20) para Windows se realizaron análisis de componentes principales (ACP). Se tomaron los valores de las variables fisicoquímicas: pH, acidez (A), solubilidad (solub), actividad de agua ( $a_w$ ), capacidad de retención de agua (CRA) y aceite (CRAC), y de las variables bromatológicas: humedad (H), proteína (P), cenizas (C), extracto etéreo (EE), glucosa (G), fructosa (F), sacarosa (S), fibra dietética insoluble (FDI), soluble (FDS) y total (FDT), y se transformaron en componentes. Posteriormente se realizó la representación gráfica de las dos primeras componentes por medio de un Biplot de Forma Multivariante de Ordenación, con el fin de observar de una manera más sencilla la relación que existe entre dichas características y los tratamientos. Cabe recalcar que se realizó un ACP para cada tipo de cáscara.

## **1.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

De las cáscaras de piña se logró determinar que aproximadamente entre un 15 a 20% de su peso total es considerado como materia seca, para el caso de las cáscaras de papaya su contenido de materia seca fue de entre 12 a 18%. A estos polvos obtenidos se les realizó una serie de análisis para determinar su composición y la calidad.

### **1.5.1. Análisis de Calidad Microbiológica**

El Codex Alimentarius (CAC/GL-21(1997), así como la clasificación y planes de muestreo de la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos

(ICMSF), establecen para productos deshidratados (lío­filizados, concentrados o mezclas) un límite máximo permitido de  $10^4$  UFC/g de muestra para mesófilos aerobios y  $10^2$  UFC/g de muestra para coliformes. En Tabla 1. 3, se pueden ver los resultados obtenidos del recuento en placa de coliformes totales, mesófilos aerobios, hongos y levaduras, de los polvos producidos a partir de cáscaras de piña y papaya. Donde, el conteo de coliformes totales y mesófilos aerobios fue inferior a  $3.5 \times 10^2$  y  $5.5 \times 10^3$  UFC/g respectivamente en todos los polvos obtenidos, cumpliendo así con el límite máximo permitido de este tipo de microorganismos, para productos deshidratados.

**Tabla 1. 3.** Calidad microbiológica de polvos de cáscaras de piña y papaya

<b>Muestra</b>	<b>Coliformes totales (UFC/g)</b>	<b>Mesófilos aerobios (UFC/g)</b>	<b>Hongos y levaduras (UFC/g)</b>	<b>Calidad</b>
<b>Pi-AC-1</b>	$6.0 \times 10$	$2.4 \times 10^3$	$1.6 \times 10^3$	Apto
<b>Pi-AC-2</b>	$5.0 \times 10$	$4.3 \times 10^3$	$3.0 \times 10^3$	Apto
<b>Pi-AC-3</b>	$2.6 \times 10^2$	$5.5 \times 10^3$	$3.2 \times 10^3$	Apto
<b>Pi-LIO-1</b>	$1.5 \times 10^2$	$2.1 \times 10^3$	<10	Apto
<b>Pi-LIO-2</b>	$3.0 \times 10$	$2.8 \times 10^3$	$1.5 \times 10^2$	Apto
<b>Pi-LIO-3</b>	$4.0 \times 10$	$2.1 \times 10^3$	<10	Apto
<b>Pa-AC-1</b>	$1.0 \times 10^2$	$3.7 \times 10^3$	<10	Apto
<b>Pa-AC-2</b>	$2.3 \times 10^2$	$5.0 \times 10^3$	<10	Apto
<b>Pa-LIO-1</b>	$2.1 \times 10^2$	$1.5 \times 10^3$	<10	Apto
<b>Pa-LIO-2</b>	$3.5 \times 10^2$	$2.5 \times 10^3$	<10	Apto

UFC, Unidades formadoras de colonia. g, gramo.

En base a las especificaciones y resultados anteriormente mencionados se puede garantizar la producción de polvos inocuos a partir de subproductos de cáscaras de piña y papaya, así como la efectividad y trazabilidad del proceso de sanitización utilizado, ya que como se mencionó anteriormente el conteo de los agentes microbianos determinados están dentro de los límites máximos permitidos, garantizando así una amplia seguridad para su uso como ingredientes alimentarios en la producción de nuevas matrices alimentarias.

## 1.5.2. Análisis Químico Proximal

### 1.5.2.1 Humedad

Los resultados de los análisis del contenido de humedad, extracto etéreo, proteína y cenizas se pueden observar en la Tabla 1. 4. Dichos resultados muestran, que para todos los parámetros analizados existen diferencias significativas en ambos tipos de polvos. El contenido de humedad de los polvos de piña fue entre  $4.19 \pm 0.28$  y  $5.44 \pm 0.05$ , mientras que para papaya el contenido de humedad fue mayor y osciló entre  $6.07 \pm 0.06$  y  $8.07 \pm 0.05$ , las diferencias se pueden observar entre los tratamientos utilizados, siendo más húmedos en ambos casos aquellos que fueron producidos por medio de deshidratación con aire caliente y tamaños de partículas  $>300 \mu\text{m}$ , estos valores son comparables con los reportados por Martínez et al. (2012) y Selani et al. (2014) quienes reportaron un contenido de humedad de  $3.77 \pm 0.52$  y  $9.3 \pm 0.06$  respectivamente para polvos de piña.

De esta manera se logra establecer que para este parámetro es mejor el proceso de deshidratación por liofilización con un tamaño de partícula pequeño, ya que presentaron una menor humedad y como lo argumenta Ceballos & Giraldo (2012), el contenido de humedad influye en la prolongación de la vida útil de los productos en polvo, evitando la actividad biológica, sin embargo cabe destacar que estos polvos son altamente higroscópicos y es necesario mantenerlos en una envase que presente buenas características contra la humedad.

### 1.5.2.2 Extracto etéreo

De la determinación del contenido de extracto etéreo de los polvos de piña, no se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que este parámetro no se vio afectado por la aplicación de alguno de los tratamientos, sin embargo los valores obtenidos en este estudio se encuentra entre los valores (0.5 y 0.8%) reportados por Kim et al., (2011) y Dhanasekaran et al., (2011). En el caso de los polvos de las cáscaras de papaya si se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, presentando mayor contenido los polvos obtenidos por deshidratación por aire caliente, también se

logró observar que las muestras con un tamaño de partícula más pequeño, tienen un mayor contenido de extracto etéreo, lo cual está estrechamente relacionado con el tamaño de la partícula que presentan, ya que entre menor tamaño, mayor disponibilidad de extracción presentan (Cordona, 2006), valores similares fueron reportados por Kim et al., (2011) y Dhanasekaran et al., (2011), quienes reportaron un contenido de 0.8 y 1.8% de extracto etéreo respectivamente para cáscaras de papaya deshidratadas.

**Tabla 1.4.** Contenido de humedad, extracto etéreo, proteína y cenizas de los polvos de cáscara de piña y papaya

<b>Muestra</b>	<b>Humedad (%)</b>	<b>Extracto etéreo (%)</b>	<b>Proteína (%)</b>	<b>Cenizas (%)</b>
<b>Pi-AC-1</b>	5.44 ± 0.05 <sup>c</sup>	0.63 ± 0.08	6.12 ± 0.01 <sup>ab</sup>	3.01 ± 0.07 <sup>a</sup>
<b>Pi-AC-2</b>	5.02 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.65 ± 0.01	6.50 ± 0.02 <sup>a</sup>	3.04 ± 0.20 <sup>a</sup>
<b>Pi-AC-3</b>	4.88 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.70 ± 0.26	6.89 ± 0.01 <sup>c</sup>	3.23 ± 0.14 <sup>a</sup>
<b>Pi-LIO-1</b>	4.30 ± 0.11 <sup>a</sup>	0.66 ± 0.04	6.33 ± 0.02 <sup>b</sup>	3.23 ± 0.01 <sup>a</sup>
<b>Pi-LIO-2</b>	4.44 ± 0.04 <sup>a</sup>	0.72 ± 0.21	7.09 ± 0.07 <sup>c</sup>	3.29 ± 0.07 <sup>a</sup>
<b>Pi-LIO-3</b>	4.19 ± 0.28 <sup>a</sup>	0.76 ± 0.13	7.75 ± 0.18 <sup>d</sup>	3.67 ± 0.01 <sup>b</sup>
<b>ANOVA</b>	<i>0.0001</i>	<i>0.9018</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.000</i>
<b>Pa-AC-1</b>	8.07 ± 0.05 <sup>c</sup>	1.88 ± 0.03 <sup>d</sup>	16.08 ± 0.17 <sup>c</sup>	6.94 ± 0.07 <sup>c</sup>
<b>Pa-AC-2</b>	7.25 ± 0.07 <sup>b</sup>	1.96 ± 0.01 <sup>c</sup>	14.75 ± 0.06 <sup>b</sup>	6.19 ± 0.18 <sup>b</sup>
<b>Pa-LIO-1</b>	7.14 ± 0.10 <sup>b</sup>	1.34 ± 0.01 <sup>b</sup>	16.27 ± 0.07 <sup>c</sup>	5.70 ± 0.11 <sup>a</sup>
<b>Pa-LIO-2</b>	6.07 ± 0.06 <sup>a</sup>	1.42 ± 0.02 <sup>a</sup>	14.99 ± 0.17 <sup>a</sup>	5.79 ± 0.12 <sup>a</sup>
<b>ANOVA</b>	<i>0.0001</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.0001</i>

Medias de las tres mediciones por triplicado ± SD.

<sup>a-d</sup> Literales diferentes por columna en cada tipo cáscaras presentan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), prueba de Tukey.

### 1.5.2.3 Proteína

El contenido de proteína en los polvos de ambos tipos de cáscaras, fue mayor para las muestras obtenidas por medio de liofilización, los polvos de piña mostraron un menor

contenido de proteína que vario entre 6 a 8% en los diferentes tratamientos, lo que coincide con lo reportado por Huang, Tsai, & Chow (2014), Botelho et al.,(2002), Rani & Nand, (2004); Tejeda et al. 2010; quienes reportaron porcentajes de proteína en cáscaras de piña entre 6.9 y 8.2%. Sin embargo, las diferencias significativas que se lograron observar en este tipo de polvos están relacionadas con el tratamiento utilizado para su producción, presentando mayor contenido Pi-LIO-3, así se logró determinar que los polvos de ambos tratamiento de deshidratación con un tamaño de partícula pequeño, tienen mayor contenido de proteína. Para los polvos de las cáscaras de papaya, el mayor contenido de proteína se logró observar en Pa-LIO-1, lo que podría vincularse a que un tamaño tan pequeño de partícula puede afectar en el contenido proteico de las cáscaras de papaya, Botelho et al.,(2002), Rani & Nand, (2004); Tejeda et al. 2010, reportaron valores inferiores a los que se reportan en este trabajo (9.4 a 13.8%).

#### **1.5.2.4. Cenizas**

El porcentaje de cenizas en los alimentos está relacionado con el contenido de minerales presentes, en este sentido los polvos de las cáscaras de papaya presentan un mayor contenido de minerales (5.7 y 7%), pero se observaron diferencias significativas por la aplicación de los tratamientos, siendo más bajo el contenido de minerales en los polvos deshidratados por liofilización. En los polvos de cáscaras de piña, los que fueron deshidratados por liofilización presentaron mayor contenido de minerales, Selani et al., (2014) mencionan que el contenido de cenizas está estrechamente relacionado con el tipo de suelo en el que fueron cultivados los frutos.

#### **1.5.2.5 Carbohidratos simples (D-fructosa, D-glucosa y sacarosa)**

En cuanto al contenido de azúcares libres (Tabla 1. 5), este fue mayor para los polvos de las cáscaras de papaya, lo cual está estrechamente relacionado con las características de la porción comestible de ambas frutas que presentan las mismas diferencias en el contenido de carbohidratos libres (Duarte, 2011). Sin embargo, tanto en los polvos de cáscaras de piña como en los de papaya se lograron observar diferencias significativas



entre los tratamientos de obtención, ya que en ambos casos los polvos con un tamaño de partícula pequeño obtenidos por medio de ambos métodos de deshidratación presentaron un mayor contenido de los tres carbohidratos simples analizados. Sin embargo, Martínez et al., (2012) reportaron valores inferiores ( $14.4 \pm 0.18\%$ ) y Huang et al. (2011) valores superiores (42.3%) para de carbohidratos simples totales, a los obtenidos en este estudio.

#### **1.5.2.6 Fibra dietética (insoluble, soluble y total)**

En la Tabla 1. 5, también se pueden observar los resultados obtenidos de la determinación del contenido de fibra dietética insoluble, soluble y total de los polvos de cáscaras de piña y papaya. En cuanto al contenido de FDI y FDS en los polvos de ambas cáscaras se puede observar que existen diferencias significativas, ya que los polvos con un tamaño de partícula más pequeño obtenidos por ambos métodos de deshidratación presentaron un menor contenido de FDI, pero un mayor contenido de FDS, valores similares fueron reportados por Pratiwi et al., (2018), quienes evaluaron polvos de diferentes orígenes de subproductos (arándano, uva, manzana, casco de avena, gabazo de caña de azúcar y piel de patata) con diferentes tamaños de partícula y detectaron que en todos los casos existen diferencias en el contenido de FDI y FDS, presentando mayor contenido de FDS los polvos con tamaños de partícula más finos, lo que implica que el tamaño de partícula es de suma importancia ya que hablando en términos de digestión entre menor sea el tamaño de la partícula mayor absorción existirá de la FDS, esto partiendo de que el método de determinación que se utilizó simula la digestión humana. En cuanto a la FDT se puede ver que en ambos procesos de deshidratación entre más grande es el tamaño de la partícula mayor contenido de fibra tienen.

Valores similares para polvos de cáscaras de piña fueron reportados por Selani et al., (2014) y Huang, Tsai, & Chow, (2014) , con un contenido de FDT de 45.22 y 42.2%, de FDI de 44.44 y 36.3%, y FDS de 0.78 y 5.89% respectivamente en cada parámetro. Sin embargo para papaya los valores que se obtuvieron en este estudio fueron más altos que los que reportaron Pacheco et al. (2004) con un contenido de FDT de 13.07%, pero más bajos de los que reportaron Nieto et al., (2014) con un contenido de FDT de 53.4%, FDI de 46.2% y FDS 7.5%. De esta manera, se puede establecer que el proceso de

**Tabla 1.5.** Contenido de carbohidratos simples y fibra dietética de polvos de cáscaras de piña y papaya.

<b>Muestra</b>	<b>D-glucosa</b>	<b>D-fructosa</b>	<b>Sacarosa</b>	<b>FDI</b>	<b>FDS</b>	<b>FDT</b>
<b>Pi-AC-1</b>	2.7±0.2 <sup>ab</sup>	5.7±0.3 <sup>a</sup>	10.3±0.5 <sup>a</sup>	43.9 ±0.9 <sup>de</sup>	1.4 ±0.4 <sup>a</sup>	45.3 ±0.5 <sup>cd</sup>
<b>Pi-AC-2</b>	2.9±0.2 <sup>bc</sup>	5.9±0.2 <sup>a</sup>	11.3±0.5 <sup>a</sup>	42.2 ±0.7 <sup>cd</sup>	2.2 ±0.1 <sup>b</sup>	44.3 ±0.8 <sup>c</sup>
<b>Pi-AC-3</b>	3.2±0.3 <sup>c</sup>	6.3±0.2 <sup>ab</sup>	11.8±0.1 <sup>a</sup>	35.6 ±0.2 <sup>a</sup>	3.4 ±0.2 <sup>c</sup>	38.9 ±0.1 <sup>a</sup>
<b>Pi-LIO-1</b>	2.5±0.2 <sup>a</sup>	5.9±0.5 <sup>a</sup>	11.3± 0.8 <sup>q</sup>	44.3 ±0.2 <sup>e</sup>	1.4 ±0.2 <sup>a</sup>	45.7 ±0.5 <sup>d</sup>
<b>Pi-LIO-2</b>	2.9±0.5 <sup>abc</sup>	6.3±0.6 <sup>ab</sup>	13.9± 1.1 <sup>b</sup>	40.4 ±0.5 <sup>c</sup>	2.1 ±0.1 <sup>b</sup>	42.5 ±0.5 <sup>b</sup>
<b>Pi-LIO-3</b>	3.6±0.3 <sup>d</sup>	6.8±0.5 <sup>b</sup>	16.9 ± 1.1 <sup>c</sup>	37.3 ±0.5 <sup>b</sup>	4.4 ±0.12 <sup>d</sup>	41.7±0.3 <sup>b</sup>
<b>ANOVA</b>	<i>0.0001</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.0210</i>	<i>0.0012</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.0210</i>
<b>Pa-AC-1</b>	11.1±0.4 <sup>a</sup>	15.1±0.6 <sup>a</sup>	12.45 ±0.4 <sup>a</sup>	19.9 ±0.3 <sup>c</sup>	1.78±0.2 <sup>a</sup>	21.7 ±0.4 <sup>c</sup>
<b>Pa-AC-2</b>	12.3±0.9 <sup>b</sup>	16.7±0.8 <sup>b</sup>	13.81±0.8 <sup>ab</sup>	17.7 ±0.9 <sup>b</sup>	2.12±0.1 <sup>b</sup>	19.8 ±0.8 <sup>b</sup>
<b>Pa-LIO-1</b>	13.0± 1.2 <sup>bc</sup>	17.4± 1.4 <sup>bc</sup>	15.04± 1.3 <sup>bc</sup>	17.6 ±0.3 <sup>b</sup>	2.39±0.1 <sup>bc</sup>	20.1 ±0.2 <sup>bc</sup>
<b>Pa-LIO-2</b>	14.1 ±0.7 <sup>c</sup>	18.1± 1.3 <sup>c</sup>	17.13 ± 1.4 <sup>c</sup>	13.3 ±0.7 <sup>a</sup>	4.09±0.1 <sup>d</sup>	17.3 ±0.5 <sup>a</sup>
<b>ANOVA</b>	<i>0.0001</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.0015</i>	<i>0.0002</i>	<i>0.001</i>

Medias de las tres mediciones por triplicado ± SD. Carbohidratos simples: D-glucosa, D-fructosa, Sacarosa. Fibra dietética: FDI, Fibra dietética insoluble; FDS, Fibra dietética soluble; FDT, fibra dietética total

<sup>a-d</sup>Literales diferentes por columna en cada tipo de cáscaras presentan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), prueba de Tukey.

deshidratación con un tamaño de partícula más pequeño otorga una mayor disponibilidad de la FDS, lo que es significativamente bueno ya que este tipo de fibra es la que puede ser absorbida en el estómago, y aportar beneficios en los procesos digestivos fisiológicos de los posible consumidores.

### 1.5.3. Análisis Físicoquímicos

#### 1.5.3.1 Acidez

Los ácidos influyen en el sabor de los alimentos (aspereza), el color, la estabilidad microbiana y en la calidad de conservación (Rodríguez et al., 2005). En la Tabla 1.6, se pueden observar los valores obtenidos de la determinación de la acidez titulable de los polvos obtenidos, los que mostraron diferencias significativas, siendo más ácidos aquellos polvos que fueron obtenidos por medio de liofilización en ambos tipos de subproductos lo que nos indica que el proceso de deshidratación si influye sobre la acidez de los polvos, siendo más óptima la liofilización que mantiene la acidez del producto y por lo tanto contribuye a la conservación natural del producto, en cuanto al tamaño también se logró observar que entre menor era el tamaño de la partícula mayor acidez presentaban los polvos.

**Tabla 1. 6.** Acidez, pH y  $a_w$  de polvos de cáscaras de piña y papaya

Muestra	Acidez (%)	pH	$a_w$	Solubilidad (%)
Pi-AC-1	0.42 ± 0.001 <sup>d</sup>	4.1 ± 0.06	0.350 ± 0.007 <sup>c</sup>	37.54 ± 1.91 <sup>a</sup>
Pi-AC-2	0.41 ± 0.001 <sup>cd</sup>	4.1 ± 0.06	0.326 ± 0.001 <sup>b</sup>	51.10 ± 0.98 <sup>b</sup>
Pi-AC-3	0.37 ± 0.001 <sup>bc</sup>	4.0 ± 0.06	0.319 ± 0.001 <sup>a</sup>	59.61 ± 0.93 <sup>c</sup>
Pi-LIO-1	0.38 ± 0.001 <sup>a</sup>	4.0 ± 0.06	0.393 ± 0.001 <sup>e</sup>	38.03 ± 0.44 <sup>a</sup>
Pi-LIO-2	0.39 ± 0.001 <sup>bcd</sup>	4.0 ± 0.06	0.384 ± 0.001 <sup>d</sup>	53.18 ± 0.45 <sup>b</sup>
Pi-LIO-3	0.36 ± 0.001 <sup>a</sup>	4.0 ± 0.06	0.399 ± 0.001 <sup>f</sup>	60.35 ± 1.05 <sup>c</sup>
<b>AVONA</b>	<i>0.0001</i>	<i>1.0000</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.0001</i>
Pa-AC-1	0.35 ± 0.001 <sup>b</sup>	5.6 ± 0.01 <sup>d</sup>	0.318 ± 0.004 <sup>ab</sup>	46.86 ± 1.28 <sup>a</sup>
Pa-AC-2	0.30 ± 0.001 <sup>a</sup>	5.3 ± 0.01 <sup>c</sup>	0.378 ± 0.002 <sup>b</sup>	59.29 ± 1.22 <sup>b</sup>
Pa-LIO-1	0.33 ± 0.001 <sup>ab</sup>	4.4 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.300 ± 0.007 <sup>a</sup>	59.16 ± 1.79 <sup>b</sup>
Pa-LIO-2	0.31 ± 0.001 <sup>ab</sup>	4.1 ± 0.03 <sup>a</sup>	0.321 ± 0.008 <sup>ab</sup>	64.18 ± 1.47 <sup>b</sup>
<b>AVONA</b>	<i>0.0350</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.0017</i>

Medias de las tres mediciones por triplicado ± SD.  $a_w$ , actividad de agua.

<sup>a-d</sup> Literales diferentes por columna en cada tipo de fruta presentan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), prueba de Tukey.

Selani et al., (2014) y Ordoñez et al., (2014) reportaron valores similares (0.201 y 0.47%) a los reportados en este trabajo, sin embargo, Costa et al., (2007) y Ramsaroop & Saulo et al., (2007) reportaron valores superiores (2,53%); Ordoñez et al., (2014) reportaron un contenido de acidez en cáscaras de papaya de  $0.27 \pm 0.0020$ . A partir de esta determinación se puede garantizar el uso de los polvos en el desarrollo de alimentos medianamente ácidos, en las diferentes aéreas del sector alimentario lácteos: yogurt o helados, confitería: gelificados, bebidas y cárnicos.

### **1.5.3.2 pH**

De la determinación del pH en los polvos obtenidos de ambas cáscaras de los frutos (Tabla 1. 6), se logró observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos de deshidratación, conservando un pH más bajo las muestras que fueron liofilizadas, lo cual indica que el tratamiento de deshidratación por aire caliente forzado, interviene la posible pérdida de los ácidos orgánicos presentes en los subproductos de ambas frutas, sin embargo los resultados obtenidos en los subproductos de las cascarras de piña comparados con los reportados por Senali et al., (2014) (pH=3.86) y por Ramsaroop & Saulo en 2007 (pH=3.77), presentaron un pH más alcalino. Este parámetro es de suma importancia en conservación de alimentos, ya que un pH bajo otorga menor riesgo de deterioro de los alimentos por microorganismos, enzimas o reacciones no enzimáticas.

### **1.5.3.3 Actividad de agua ( $a_w$ )**

La determinación de la  $a_w$  y la solubilidad son criterios confiables para evaluar el comportamiento y la calidad de un polvo durante su almacenamiento y en una solución acuosa (O'Shea et al., 2012). En la Tabla 1. 6, se observa que existen diferencias significativas en la  $a_w$  en los polvos de piña como en los de papaya, pero no presentan relación con el tratamiento utilizado lo cual puede estar relacionado con el envase en el que se almacenaron las muestras y/o la manipulación de las mismas. Datos similares a los de la  $a_w$ , fueron reportados por otros autores (0.2 a 0.4) en diferentes polvos de frutas

mango (Serna et al., 2015), sandía (Quek et al., 2007), arándano (Juliá, 2017) y plátano verde (Pacheco et al., 2004).

#### **1.5.3.4 Solubilidad en agua**

La solubilidad se define como la velocidad y grado en que los componentes de las partículas de los polvo se disuelven en agua (Ortega, 2008); el porcentaje de solubilidad hace referencia a la cantidad de polvo que se deposita en el sobrenadante (Serna et al., 2014). La literatura reporta trabajos que demuestran que la solubilidad de un polvo instantáneo está directamente relacionada con su tamaño y forma de la partícula (Canoet al., 2005; Sáez, 2017). Los valores de solubilidad de los polvos de las cáscaras de piña y papaya se observan en la Tabla 1. 6, donde, se muestra que existen diferencias significativas entre los tamaños de partícula, siendo significativamente más solubles aquellos polvos que presentan un tamaño de partícula menor a 180  $\mu\text{m}$  en polvos de cáscara de piña, y en el caso de los polvos de cáscaras de papaya aquellos que tienen un tamaño de partícula menor a 250  $\mu\text{m}$ , estos resultados coinciden con los reportados por Serna et al. (2015), que atribuyen una mayor solubilidad al polvo de menor tamaño de partícula.

Sin embargo, no se lograron observar diferencias significativas en este parámetro entre los métodos de deshidratación utilizados en los polvos de cáscara de piña, pero si en los polvos de cáscara de papaya donde se observó una mayor solubilidad en polvos producidos mediante liofilización, lo que en gran medida está relacionado con la porosidad que presentan estos polvos, el contenido de gran contenido de azúcares simples y menor contenido de FDI (Sáez, 2017).

#### **1.5.3.5 Capacidad de retención de agua (CRA) y aceite (CRAC)**

En la Tabla 1. 7, se pueden observar los resultados obtenidos de la determinación de la capacidad de retención de agua y aceite de los polvos de cáscaras de piña y papaya, donde, tanto para los polvos de cáscaras de piña como para los polvos de cáscaras de

papaya se puede observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos de deshidratación presentando mayor capacidad de retención de agua y aceite los polvos que fueron liofilizados, lo que se puede vincular con la porosidad, ya que la liofilización es un proceso que no daña la estructura celular de los frutos y por lo tanto mantiene una mejor porosidad. Selani et al., (2014) reportaron valores inferiores para la CRA (5,32%) y similares para CRAC (2,01%), en cáscaras de piña; sin embargo, Huang, Tsai & Chow, (2011) y Prakongpan et al., (2002) reportaron valores similares para la CRA (10.30-12.16%), pero mayores para la CRAC (5,84%) en cáscaras de piña liofilizadas.

**Tabla 1. 7.** Capacidad de retención de agua y aceite de polvos de cáscaras de piña y papaya.

<b>Muestra</b>	<b>CRA (%)</b>	<b>CRAC (%)</b>
<b>Pi-AC-1</b>	11.27±0.33 <sup>cd</sup>	1.91±0.03 <sup>ab</sup>
<b>Pi-AC-2</b>	8.47±0.52 <sup>b</sup>	1.70±0.05 <sup>ab</sup>
<b>Pi-AC-3</b>	6.47±0.37 <sup>a</sup>	1.51±0.08 <sup>a</sup>
<b>Pi-LIO-1</b>	12.18±0.79 <sup>d</sup>	2.74±0.16 <sup>b</sup>
<b>Pi-LIO-2</b>	10.60±0.24 <sup>c</sup>	1.98±0.09 <sup>ab</sup>
<b>Pi-LIO-3</b>	7.26±0.22 <sup>ab</sup>	1.35±0.05 <sup>a</sup>
<b>AVONA</b>	<i>0.0001</i>	<i>0.0213</i>
<b>Pa-AC-1</b>	12.34±0.76 <sup>b</sup>	1.85±0.13 <sup>a</sup>
<b>Pa-AC-2</b>	10.71±0.37 <sup>a</sup>	1.74±0.02 <sup>a</sup>
<b>Pa-LIO-1</b>	14.42±0.122 <sup>c</sup>	3.63±0.12 <sup>c</sup>
<b>Pa-LIO-2</b>	13.48±0.46 <sup>bc</sup>	3.14±0.29 <sup>b</sup>
<b>AVONA</b>	<i>0.0213</i>	<i>0.0001</i>

Medias de las tres mediciones por triplicado ± SD. CRA= capacidad de retención de agua; CRAC=capacidad de retención de aceite.

<sup>a-d</sup> Literales diferentes por columna en cada tipo de fruta presentan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), prueba de Tukey.

De igual manera se lograron observar diferencias significativas entre los tamaños de partícula presentando mayor capacidad de retención de agua y aceite los polvos con tamaño de partícula más grande, lo que coincide con lo reportado por Pratiwi et al. (2018),

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

quienes evaluaron polvos con diferentes orígenes de subproductos (arándano, uva, manzana, casco de avena, gabazo de caña de azúcar y piel de patata) y tamaños de partícula, y lograron determinar que el tamaño de partícula interfiere en gran medida junto con la composición, forma y contenido de fibra presente en los polvos, en la CRA y CRAC.

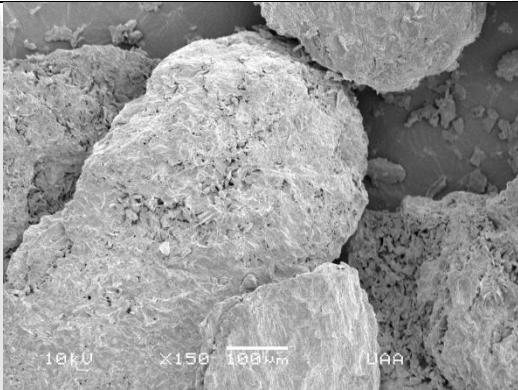
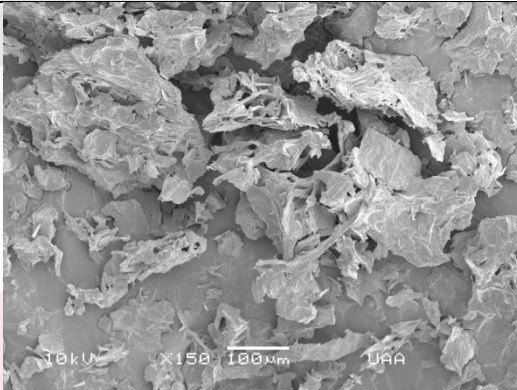
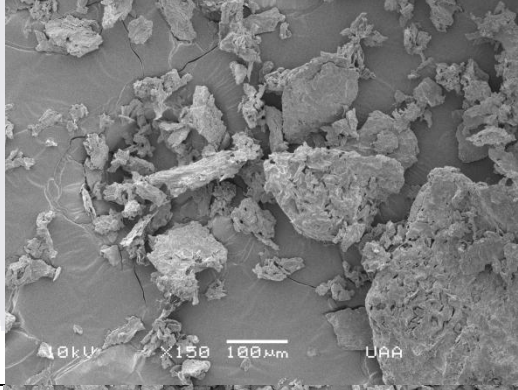
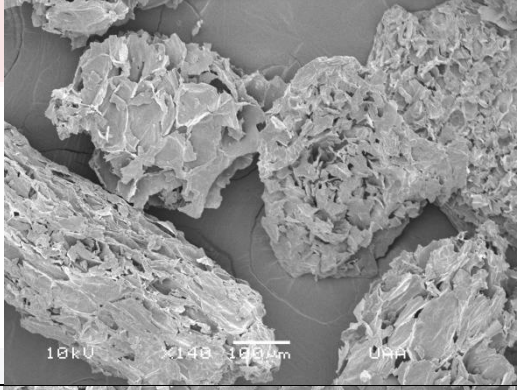
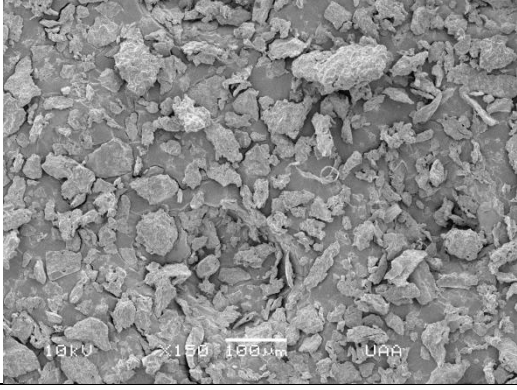
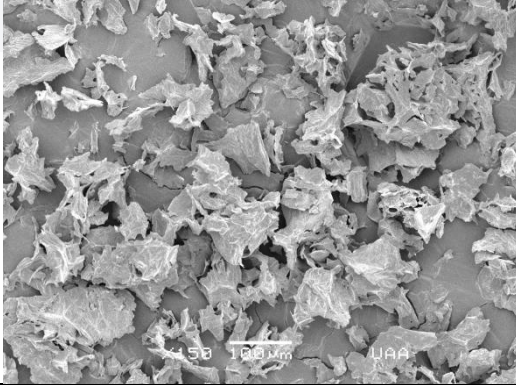
Los ingredientes con una alta CRA y CRAC, actúan como ingredientes funcionales en productos que requieren hidratación, para evitar la sinéresis, mejorar el rendimiento y modificar la textura y la viscosidad (Elleuch et al., 2011), y de igual manera permiten la estabilización de emulsiones y productos alimenticios altos en grasa respectivamente. De acuerdo con lo mencionado anteriormente y a los resultados del presente trabajo los polvos obtenidos de las cáscaras de piña y papaya tienen potencialidades en la industria alimentaria, por su capacidad de retención de aceite similar a la de los cereales comerciales (Falade et al., 2014), también pueden ser utilizados como aditivos en emulsiones para productos cárnicos para reducir el contenido de grasa en el producto y en panadería.

Según Chaparro et al., (2011) los valores de CRA y CRAC se incrementan al aumentar la temperatura, este comportamiento es de interés en la utilización de productos que requieran propiedades emulsionantes y que estén asociados a incrementos de temperatura para su transformación. Polvos alimentarios con estas características de retención de aceites podrían utilizarse en la formulación de alimentos funcionales con efectos benéficos en la salud; de acuerdo a Elleuch et al., (2011), polvos alimentarios con estas cualidades pueden reducir el colesterol sérico.

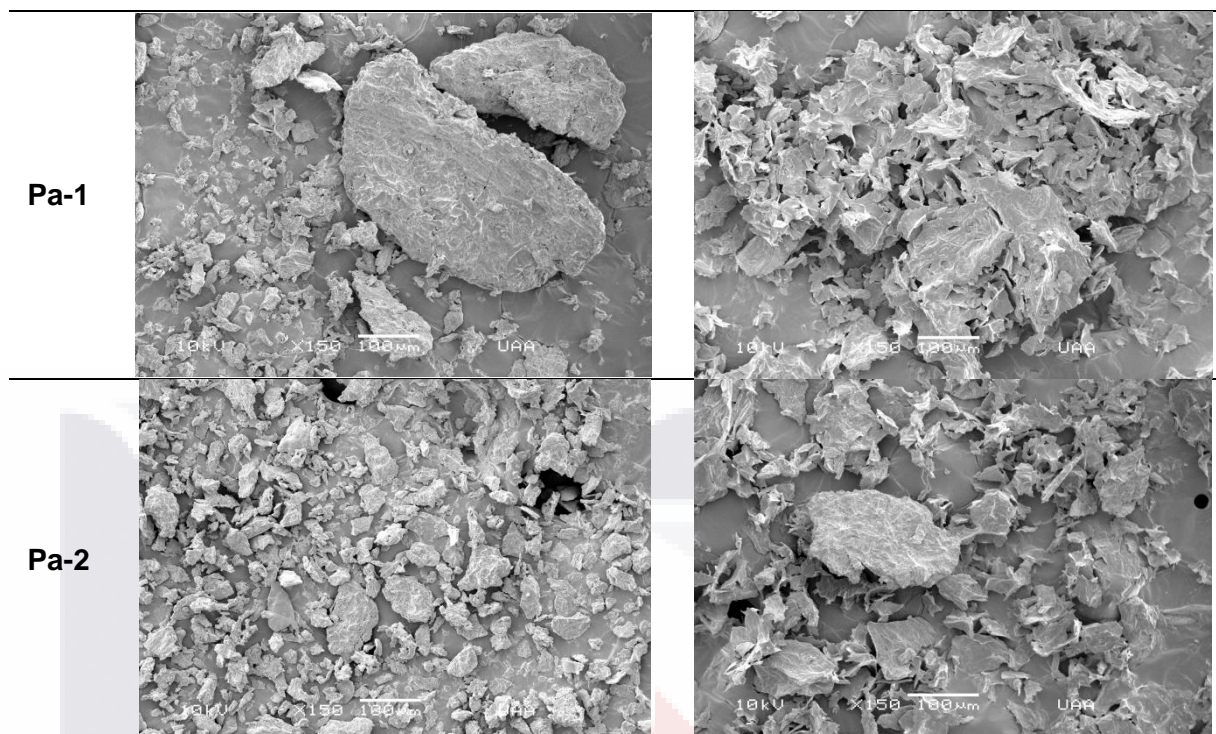
#### **1.5.3.6 Microestructura**

Las propiedades micro estructurales de de los polvos de cáscaras de piña y papaya se representan en las micrografías de SEM a 150x (Figura 1. 4). Cada polvo tenía una forma y características de partículas únicas, atribuidas a la composición química y estructural diferente. Donde se logró observar que los polvos liofilizados con los diferentes tamaños

de partícula presentaron una mayor porosidad, ya que como se mencionó anteriormente la liofilización es un proceso de deshidratación que trabaja en armonía con la micro estructura de los alimentos, esto en comparación con el proceso de deshidratación por flujo de aire caliente, que al momento de ir arrastrando las moléculas de agua por medio del aire caliente, el calor va generando la compactación de las moléculas de los polvos provocando que las partículas tengan una menor porosidad.

TP	Método	
	AC	LIO
Pi-1		
Pi-2		
Pi-3		















**Figura 1. 4.** Micrografías electrónicas de barrido a 150x de polvos de cáscaras de piña y papaya.

TP= tamaño de partícula; Pi=piña; Pa=papaya; AC=deshidratación por aire caliente; LIO=liofilización; 1, 2, 3=tamaño de partícula (Piña: 1= >300 mm, 2= 250 mm, 3= <180 mm; Papaya en dos: 1= >300 mm, 2= 250 mm a <180 mm).

### 1.5.3.7 Color

El color que presentan los alimentos tal como lo argumentan Serpil & Servet (2009) es uno de los atributos más importantes de calidad de los alimentos. Aunque no necesariamente refleja valores nutricionales, de sabor o funcionalidad, determina la aceptabilidad de un producto por parte de los consumidores. Sin embargo, en este contexto se puede decir que el color que presentan los polvos de los subproductos si está relacionado principalmente con su contenido de carotinoides en ambas frutas, ya que presentan colores específicos del grupo de estos fitoquímicos tales como el licopeno y  $\beta$ -caroteno presente las cáscaras de ambos frutos.

Método	Tamaño de partícula				
	Pi-1	Pi-2	Pi-3	Pa-1	Pa-2
AC					
	L*= $57.13 \pm 0.47^a$ h°= $78.27 \pm 0.47^a$ C*= $29.98 \pm 0.14^a$ ΔE= $12.90 \pm 0.03^e$	L*= $59.13 \pm 0.01^b$ h°= $79.71 \pm 0.47^a$ C*= $29.87 \pm 0.14^a$ ΔE= $12.62 \pm 0.03^d$	L*= $66.65 \pm 0.14^c$ h°= $83.88 \pm 0.03^b$ C*= $31.53 \pm 0.14^b$ ΔE= $11.95 \pm 0.03^c$	L*= $47.99 \pm 0.32^a$ h°= $82.45 \pm 0.04^c$ C*= $48.65 \pm 0.13^b$ ΔE= $14.15 \pm 0.01^a$	L*= $54.55 \pm 0.31^b$ h°= $83.01 \pm 0.04^d$ C*= $52.25 \pm 0.13^d$ ΔE= $14.77 \pm 0.01^d$
LIO					
	L*= $68.81 \pm 0.86^d$ h°= $87.03 \pm 0.47^c$ C*= $29.74 \pm 0.18^a$ ΔE= $11.41 \pm 0.03^b$	L*= $68.87 \pm 0.61^d$ h°= $86.46 \pm 0.47^c$ C*= $29.48 \pm 0.14^a$ ΔE= $11.46 \pm 0.03^b$	L*= $75.60 \pm 0.61^e$ h°= $91.15 \pm 0.47^d$ C*= $29.89 \pm 0.14^a$ ΔE= $10.72 \pm 0.03^a$	L*= $64.80 \pm 0.65^c$ h°= $77.52 \pm 0.04^a$ C*= $43.13 \pm 0.13^a$ ΔE= $14.26 \pm 0.01^b$	L*= $69.33 \pm 1.16^d$ h°= $80.59 \pm 0.04^b$ C*= $48.92 \pm 0.13^c$ ΔE= $14.67 \pm 0.01^c$

**Figura 1. 5.**Coordenadas cilíndricas  $CIE L^*C^*$  y  $h^*$  y diferencia de color de polvos de cáscaras de piña y papaya con diferentes tamaños de partícula. a= color rojo (+) a verde (-) y b= color amarillo (+) al azul (-);  $\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_0^*)^2 + (a_1^* - a_0^*)^2 + (b_1^* - b_0^*)^2}$ . Pi=piña; Pa=papaya; AC=deshidratación por aire caliente; LIO=liofilización; 1, 2, 3=tamaño de partícula (Piña: 1= >300 mm, 2= 250 mm, 3= <180 mm; Papaya en dos: 1= >300 mm, 2= 250 mm a <180 mm)

<sup>a-b</sup> Literales con letra común por parámetro en cada tipo de muestra no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ), prueba de Tukey.

En la Figura 1. 5, se pueden observar las coordenadas cilíndricas CIE  $L^*$   $C^*$  y  $h^*$ , y la diferencia de color de los polvos de subproductos de cáscaras de piña y papaya, a partir de ellas se contrastó con el plano cromático. Donde, para los polvos de los subproductos de piña se logró determinar que existen diferencias significativas con respecto a la luminosidad, siendo más translucidos los polvos que fueron liofilizados y con un tamaño de partícula  $<180 \mu\text{m}$ . En cuanto al tono y el croma de los polvos de cáscaras de piña, se observaron diferencias significativas entre los tratamientos, los polvos que fueron liofilizados presentaron tonos amarillos marrón claros, mientras que los que fueron deshidratados por medio de flujo de aire caliente presentaron tonos amarillos con tonos marrón con una saturación más baja, sin embargo, en ambos tratamientos de los subproductos de la piña, los polvos con tamaño de partícula más pequeño fueron los que presentaron mejores parámetros, indicativo de que los polvos aparte de otorgar propiedades funcionales también otorgan pigmentación, el cual es un indicador importante de la calidad y aceptabilidad del producto como lo reporta Cappa et al., (2015).

Para los polvos de las cáscaras de la papaya se logró determinar que existen diferencias significativas en cuanto a la luminosidad del producto, siendo más translucidas las muestras que fueron liofilizadas, sin embargo, el factor tamaño de partícula también intervino en dicho parámetro, ya que en ambos tratamientos los polvos con tamaños de partícula  $<300 \mu\text{m}$  (Pa-AC-2 y P-LIO-2), fueron los que presentaron mayor luminosidad. En cuanto al tono y el croma también se observaron diferencias significativas, donde, los polvos deshidratados por liofilización y con un tamaño de partícula  $<300 \mu\text{m}$  fueron los que presentaron un color anaranjado claro más translúcido, mientras que los polvos que fueron deshidratados por medio de circulación de aire caliente, presentaron colores anaranjados más saturados. En este sentido usar tamaños de partícula pequeño en la producción de polvos alimentarios nos puede ayudar no solo a aportar nutrientes funcionales, sino que, también a dar color homogéneo a las matrices, evitando de esta manera el uso de colorantes sintéticos.

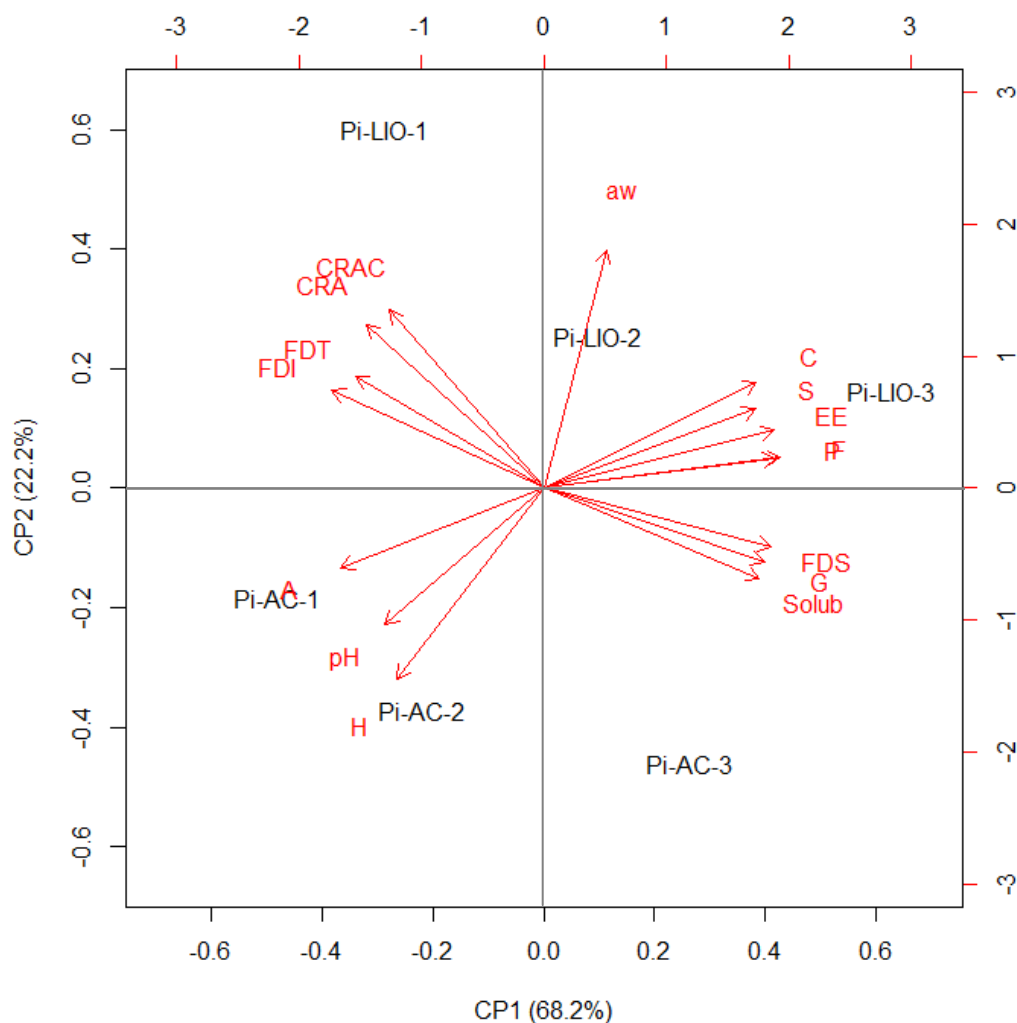
#### **1.5.4 Matriz de Correlaciones de Propiedades Químico-Proximales y Físicoquímicas de los Polvos de Piña y Papaya Producidos: Análisis de Componentes Principales (ACP)**

El análisis de componentes principales es una técnica estadística que proviene del análisis exploratorio de datos, cuyo objetivo es la síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables); por medio de un análisis de covarianza y correlación, se construyen un pequeño número de nuevas variables llamadas componentes o dimensiones en las cuales se concentran la mayor cantidad posible de información, para poder proyectarlas en un plano de dos componentes. Esta técnica, es comúnmente utilizada para encontrar patrones y correlaciones en conjuntos de datos complejos (Gabriel, 1971; Jolliffe, 2002).

Del ACP de los polvos de piña, se logró observar que las componentes uno (CP1) y dos (CP2) con valor propio de 3.30 y 1.88, representaron el 68.2% y el 22.2% de la variabilidad total, respectivamente. Las componentes con valores propios  $\geq 1$  se consideraron valiosas, ya que explican al menos tanta varianza como una sola variable (Cattell, 1966; Jolliffe, 2002). La combinación de estas dos componentes por medio de un Biplot de Forma Multivariante de Ordenación pudo explicar el 90.40 % de la variabilidad acumulada de las variables (Figura 1.6), y se consideró que esto era suficientemente alto para una diferenciación confiable entre las características de los polvos de cáscaras de piña, proporcionando la capacidad de agrupar estos polvos en grupos en función de la similitud de sus características físicoquímicas y bromatológicas.

En la Figura 1.6, se puede observar que los tratamientos más afines a cada variable se localizan más cerca de la flecha que representa a dichas variables, para el caso de los polvos Pi-AC-1 y Pi-AC-2 se puede observar que existe un agrupamiento de estas muestra presentando mayor contenido de humedad y acidez, y un pH más básico, caso contrario a los polvos Pi-LIO-2 y Pi-LIO-3 son menos húmedos y más ácidos, pero presentaron mejor contenido de cenizas, sacarosa, fructosa, extracto etéreo, proteína y  $a_w$ ; sin embargo, se puede observar que el polvo Pi-LIO-3 también presenta buen contenido de FDS, G y solubilidad al igual que el polvo PI-AC-3, caso contrario al polvo Pi-

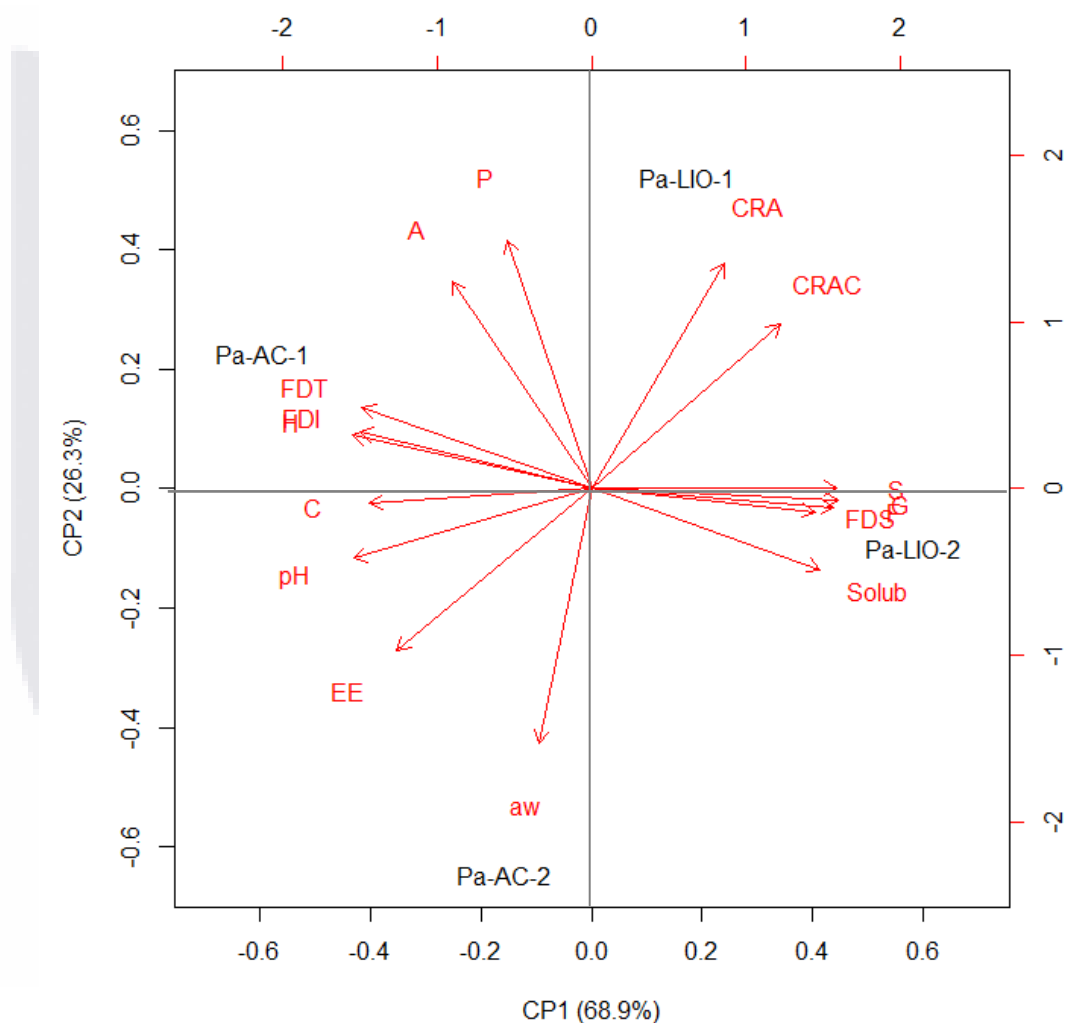
LIO-1 que presento menor contenido de FDS, glucosa y solubilidad, pero valores mayores de FDI, FDT, CRAC y CRA, también se puede observar que Pi-AC-1 también presenta buen contenido y porcentaje de dichos parámetros.



**Figura 1. 6.** Biplot de Forma Multivariante de los polvos de cáscaras de piña.

Bromatológicos: H= humedad, C= cenizas, EE=extracto etéreo, P=proteína, S=sacarosa, G=glucosa, F=fructosa, FDS= fibra dietética soluble, FDI= fibra dietética insoluble, FDT= fibra dietética total. Físicoquímicos:  $a_w$ : actividad de agua, A= acidez, Solub= solubilidad, CRA= capacidad de retención de agua, CRAC= capacidad de retención de aceite

En el caso de los polvos de papaya, el ACP mostro que las CP1 y CP2 con valor propio de 3.32 y 2.05, representaron el 68.9% y el 26.3% de la variabilidad total, respectivamente. La combinación de estas dos componentes por medio de un Biplot de Forma Multivariante de Ordenación pudo explicar el 95.20 % de la variabilidad acumulada de las variables (Figura 1.7), y se consideró que esto era suficientemente alto para una diferenciación confiable entre las características de los polvos de cáscaras de papaya.



**Figura 1. 7.** Biplot de Forma Multivariante de los polvos de cáscaras de papaya.

En el Biplot obtenido de los polvos de papaya (Figura 1.7), se puede observar que los polvos más afines a cada prueba se localizan más cerca de la flecha que representan a dichas pruebas, de esta manera se puede ver que Pa-LIO-1 presento un mayor porcentaje de CRA y CRAC, mientras que Pa-AC-1 presento mayor contenido de FDT, FDI y humedad, sin embargo estos dos polvos presentaron valores parecidos de proteína y acidez, caso contrario a los polvos Pa-LIO-2 y Pa-AC-2, que presentaron valores más bajos de CRA, CRAC, FDT, FDI y humedad. Sin embargo, el polvo Pa-LIO-2 presento valores más altos de FDS, glucosa, sacarosa, fructosa y solubilidad, mientras que el polvo Pa-AC-2, presento mayor actividad de agua. También se puede observar que los polvos Pa-AC-1 y Pa-AC-2, mostraron valores similares y más altos que Pa-LIO-1 y Pa-LIO-2 de extracto etéreo, cenizas, así como un pH más básico.

De esta manera, se puede establecer que el tamaño de partícula de los polvos producidos a partir de cáscaras de piña y papaya interfiere en sus propiedades fisicoquímicas y bromatológicas. Ya que a mayor tamaño de partícula son menos ácidos y existe un mayor porcentaje de proteína, FDT, FDI, CRA y CRAC; no obstante se puede observar que el proceso de deshidratación también interfiere en estas propiedades ya que los polvos liofilizados presentan un menor contenido de FDT y FDI, pero presentan mayores porcentajes de CRA y CRAC, lo que se vincula con el proceso de deshidratación ya que la liofilización ayuda obtener productos con una mejor porosidad (Horszwald et al. 2013), lo que se refleja en su CRA y CRAC.

Estos polvos además, presentan excelentes características de  $a_w$ , y su contenido de azúcares simples y humedad es más bajo, lo que hace que los polvos sean menos higroscópicos y presenten menor riesgo de apelmazamiento, generando un producto con mayor estabilidad durante su vida de anaquel (Brown, 2015). Polvos con estas características, pueden funcionar óptimamente como agentes espesantes en la producción de alimentos que requieren hidratación, para evitar la sinéresis, mejorar el rendimiento, estabilizar las emulsiones y modificar la textura y la viscosidad (Elleuch et al., 2011), así como en alimentos donde se requiera aumentar el contenido de fibra y disminuir el contenido de grasa, tal como los productos cárnicos (Selani, 2016).

En cambio, los polvos de cáscaras de piña y papaya con un tamaño de partícula  $<180 \mu\text{m}$  presentaron mejores características en el contenido de cenizas, proteína, extracto etéreo, sacarosa, fructosa, glucosa y FDS, así como mayor porcentaje de solubilidad y acidez. Sin embargo, dichos polvos también presentaron diferencias por el proceso de deshidratación utilizado, presentando mayor porcentaje de solubilidad, FDS y azúcares simples los que fueron liofilizados, estos resultados coinciden con los reportados por Pratiwi et al., (2018). El alto contenido de proteína en los subproductos de papaya principalmente podría ser una fuente alternativa de fortificación de proteínas en alimentos y bebidas. Es relevante tener en cuenta que estos polvos no funcionarían como espesantes de alimentos debido a su incapacidad para retener agua y aceite, pero podrían usarse para aumentar la calidad nutritiva de los alimentos con mínimo impacto en el comportamiento reológico.

### **1.5.5 Análisis de Compuestos Bioactivos**

#### **1.5.5.1 Capacidad antioxidante equivalente a Trolox**

Se determinó la capacidad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC) utilizando DPPH y ABTS como radicales libres de los polvos de cáscaras de piña y papaya, por medio una curvas patrón con ajuste  $R^2=0.998$  y  $0.995$  respectivamente. En la Tabla 1. 8, se pueden observar los miligramos equivalentes a Trolox por 100 g de muestra seca, de los polvos de ambos tipos de cáscaras producidos. Mediante esta determinación se pudo establecer que existen diferencias significativas ( $p>0.05$ ) entre los métodos de deshidratación y los tamaños de partícula en ambos subproductos, presentando mayor capacidad antioxidante los polvos liofilizados con el tamaño de partícula más pequeño. Lo que indica que el tratamiento puede alterar el contenido de antioxidantes. Sin embargo, esto podría estar ligado a un buen proceso de extracción de las muestras.

Valores similares fueron reportados por Morais et al., (2015) utilizando la misma técnica de miligramos eq. de Trolox con DPPH, reportando un contenido de  $407.15 \pm 21.09$  en cáscaras de piña deshidratadas en horno con aire caliente, y  $556.72 \pm 25.58$  por liofilización, los mismos autores reportaron para cáscaras de papaya deshidratadas por



medio de aire caliente valores de  $328.46 \pm 10.18$ , y  $265.25 \pm 9.08$  mg eq. de Trolox/100 g muestra para cáscaras liofilizadas, reportan valores similares a los reportados por Morais, (2014).

**Tabla 1. 8.** Capacidad antioxidante equivalente a Trolox por DPPH y ABTS de polvos de cáscaras de piña y papaya

Muestra	DPPH	ABTS
	(mg ETrolox/100 g BS)	(mg ETrolox/100 g BS)
Pi-AC-1	$364.00 \pm 0.03^a$	$35.10 \pm 0.03^{ab}$
Pi-AC-2	$365.20 \pm 0.02^a$	$34.50 \pm 0.03^a$
Pi-AC-3	$367.80 \pm 0.07^b$	$34.20 \pm 0.04^a$
Pi-LIO-1	$367.60 \pm 0.04^b$	$35.80 \pm 0.04^{bc}$
Pi-LIO-2	$367.70 \pm 0.04^b$	$35.90 \pm 0.05^{bc}$
Pi-LIO-3	$367.80 \pm 0.02^b$	$36.20 \pm 0.03^c$
<b>AVONA</b>	<i>0.0001</i>	<i>0.0001</i>
Pa-AC-1	$684.60 \pm 0.06^a$	$45.30 \pm 0.03^a$
Pa-AC-2	$686.40 \pm 0.08^{ab}$	$45.30 \pm 0.04^a$
Pa-LIO-1	$688.90 \pm 0.08^b$	$46.20 \pm 0.02^b$
Pa-LIO-2	$689.30 \pm 0.07^b$	$47.00 \pm 0.04^{ab}$
<b>AVONA</b>	<i>0.0003</i>	<i>0.0089</i>

Medias de las tres mediciones por triplicado  $\pm$  SD. DPPH= método utilizando 2,2-difenil-1-picrilhidrazilo; ABTS=método utilizando 2,2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid); mg=miligramos, ETrolox=equivalentes a Trolox; BS=base seca.

<sup>a-b</sup> Literales diferentes por columna en cada tipo de fruta presentan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), prueba de Tukey.

### 1.5.5.2 Contenido de compuestos fenólicos solubles totales

Se determinó el contenido de compuesto fenólicos solubles totales en los polvos de cáscaras de piña y papaya, los resultados obtenidos se pueden observar en la Tabla 1. 9. La que nos muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos de deshidratación y el tamaño de la partícula de los polvos de cáscaras de papaya, se puede observar un menor contenido de los compuestos fenólicos en las muestras que fueron

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

deshidratadas por medio de flujo de aire caliente, lo cual indica que dichos compuestos, sufren una transformación por la aplicación del calor. Ribeiro et al., (2014), reporto valores más altos para cáscaras de piña  $2787.09 \pm 225.50$ , y para cáscaras de papaya  $12697.09 \pm 225.50$ .

Ramírez (2011), reporto un valor más bajo para compuestos fenólicos en cáscaras de piña  $8,91 \pm 0,260$ . Mientras que Quiros (2012) reportó valores un poco mayores para ambos tipos de subproductos: piña (77.59 EAG/100 g de peso fresco) y papaya (51.01 EAG/100g de peso fresco), a los reportados en este estudio. Rosas (2011) reporto para piña (82.31 mg EAG/100 g de peso fresco), y Corralet al.(2008) para papaya (53.1 mg EAG/100 g de peso fresco).

#### **1.5.5.2 Contenido de ácido ascórbico**

En la Tabla 1. 9, también se pueden observar los resultados obtenidos de la determinación del contenido de ácido ascórbico en los polvos de piña y papaya. Donde, se muestra que existen diferencias significativas entre los tratamientos de deshidratación y el tamaño de la partícula de los polvos de ambos tipos de cascarás, en ambos casos se observa que el contenido de este ácido es mayor en los polvos que presentan el menor tamaño de partícula y que fueron liofilizados, lo cual indica que el contenido de ácido ascórbico sufre una transformación por la aplicación del calor.

Valores un poco más bajos para piña fueron reportados por Ribeiro et al., (2015), que reporto para piña deshidratada por aire caliente un contenido de  $4.06 \pm 1.68$  mg/100 g de muestra seca y  $8.34 \pm 3.4$  mg/100 g de muestra seca para piña deshidratada por liofilización. Nieto et al., (2016), reporto valores para papaya deshidrata por aire caliente y liofilizada de  $14.2 \pm 1.0$  y  $32.0 \pm 3.0$  respectivamente.

**Tabla 1. 9.** Contenido de compuestos fenólicos solubles totales y ácido ascórbico en polvos de cáscaras de piña y papaya

<b>Muestra</b>	<b>Fenoles Solubles(mgEAG/100 g BS)</b>	<b>Ácido ascórbico (mg EAA/100 g BS)</b>
<b>Pi-AC-1</b>	54.10 ± 0.03 <sup>b</sup>	7.91 ± 1.05 <sup>a</sup>
<b>Pi-AC-2</b>	55.70 ± 0.03 <sup>b</sup>	8.51 ± 0.91 <sup>a</sup>
<b>Pi-AC-3</b>	56.50 ± 0.04 <sup>b</sup>	8.92 ± 1.05 <sup>a</sup>
<b>Pi-LIO-1</b>	44.10 ± 0.04 <sup>ab</sup>	7.93 ± 1.07 <sup>a</sup>
<b>Pi-LIO-2</b>	44.10 ± 0.05 <sup>ab</sup>	9.36 ± 1.05 <sup>ab</sup>
<b>Pi-LIO-3</b>	34.10 ± 0.03 <sup>a</sup>	13.36 ± 1.03 <sup>b</sup>
<b>AVONA</b>	0.0001	0.0001
<b>Pa-AC-1</b>	16.70 ± 0.32 <sup>a</sup>	24.29 ± 1.05 <sup>a</sup>
<b>Pa-AC-2</b>	18.10 ± 0.14 <sup>a</sup>	27.193 ± 1.04 <sup>b</sup>
<b>Pa-LIO-1</b>	32.90 ± 0.32 <sup>b</sup>	28.54 ± 1.05 <sup>b</sup>
<b>Pa-LIO-2</b>	40.70 ± 0.40 <sup>b</sup>	32.18 ± 1.05 <sup>c</sup>
<b>AVONA</b>	0.0001	0.0001

Medias de las tres mediciones por triplicado ± SD. EAG= equivalentes a ácido gálico; EAA= equivalentes a ácido ascórbico; BS=base seca.

<sup>a-c</sup>Literales diferentes por columna en cada tipo de fruta presentan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), prueba de Tukey.

## 1.6 CONCLUSIONES

Se puede concluir que tanto los procesos de deshidratación como los tamaños de partícula de los polvos cáscaras de piña y de papaya, influyen sobre sus características fisicoquímicas y químico proximales, afectando principalmente en el color, CRA, CRAC, FDI y la solubilidad de los polvos. Sin embargo no se puede reducir el uso de dichos polvos, ya que los mismos pueden ser utilizados dependiendo de la aplicación que se le quiera dar. Se puede observar que el contenido de los compuestos fenólicos y la actividad antioxidante se ve afectado por la aplicación de los tratamientos, mostrando mejores características los polvos liofilizados y de tamaño de partícula pequeño

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

## **CAPÍTULO II**

### **POLVOS DE CÁSCARAS DE PIÑA Y PAPAYA COMO INGREDIENTES ALIMENTICIOS ACTIVOS EN LA PRODUCCIÓN DE GOLOSINAS GELIFICADAS: ANÁLISIS DE CALIDAD**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

En la actualidad la eliminación de los subproductos resultantes del procesamiento de las frutas, representa un problema creciente, ya que suelen ser propensos a la descomposición microbiana y causan serios problemas ambientales, al no ser tratados adecuadamente. Por lo que, sin duda alguna, la utilización de estos subproductos dentro de la industria procesadora de alimentos como ingredientes, es una innovación para manejar la gran cantidad de residuos generados por su procesamiento (Ketnawa, Chaiwut & Rawdkuen, 2012), así como para enriquecer los alimentos procesados.

Sin embargo, hoy en día, existen pocas investigaciones en las que se utilizan los subproductos de la piña y la papaya sin la descomposición de algunos de sus componentes, por lo general los residuos se descomponen para obtener fibra dietaria, bromelina, papaína, antioxidantes, aceites esenciales o ácido cítrico (Vriesmann et al., 2012, Levigne et al., 2002, Ketnawa & Rawdkuen, 2011, Lako et al., 2007, Conde & Guerrero, 2009, Yepes et al., 2008), lo que sigue siendo un problema ya que son pequeños porcentajes de los subproductos los que realmente son aprovechados, aparte de que los procesos de obtención de algunos de estos componentes son poco económicos y los rendimientos no son altos, generando así productos, con un valor algo elevado y que además siguen produciendo residuos.

Es por ello, que en el presente capítulo del trabajo se plantea el uso de polvos de subproductos (cáscaras) de piña y de papaya, como ingredientes alimentarios, en la producción de golosinas gelificadas modificadas, para que aporten diversas propiedades nutricionales, tales como: aporte de fibra dietética antioxidante, vitaminas y minerales, ayudando de esta manera a disminuir el contenido calórico, el uso de colorantes y

saborizantes artificiales de dichas golosinas.

## **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Elaborar golosinas gelificadas, mediante la sustitución de un porcentaje de azúcares, colorantes y saborizantes, por los polvos de cáscaras de piña y papaya, para evaluar su uso como ingredientes alimenticios en este tipo de productos.

Evaluar la calidad de las golosinas gelificadas producidas, mediante análisis microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales, para garantizar la inocuidad, calidad y aceptación global frente a un grupo de consumidores habituales de este tipo de productos.

## **2.3 MARCO TEÓRICO**

Actualmente existen tres grupos de tecnologías para la recuperación de recursos agroindustriales: valoración biológica y química, valoración bioquímica y la valoración térmica. La valoración biológica y química, se caracteriza por llevar a cabo la obtención de compostas (Yepes, 2008), lombricultura (Legall, 2017), pectinas (Levigne et al., 2002; Vriesmann et al., 2012; Jitpukdeebodindra, & Jangwang, 2009), aceites esenciales (Ketnawa & Rawdkuen, 2011), antioxidantes (Fennema, 1993; Lako et al., 2007; Conde & Guerrero, 2009) y fibra dietaria (Yepes et al., 2008), a través de diferentes procesos biológicos y químicos que tienen un alto impacto económico y ambiental.

La valoración bioquímica (obtención de combustibles); la actividad agroindustrial y el manejo adecuado de residuos rurales pueden contribuir significativamente a la producción y conversión de subproductos vegetales (biomasa) en distintas formas de energía. Durante la digestión anaeróbica de la biomasa, mediante una serie de reacciones bioquímicas, se genera el biogás, el cual, está constituido principalmente por metano (50-60 %), dióxido de carbono (35-45 %) y trazas de hidrógeno y nitrógeno (Peters, 2003). Es

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

incoloro, inodoro e insípido, por lo que es difícil detectarlo. Este biogás puede ser capturado y usado como combustible y/o electricidad.

Y por último, se encuentran los procesos térmicos tales como la incineración y la pirolisis. Las tecnologías que procesan térmicamente los residuos buscan la reducción de su volumen y la recuperación de energía a partir de los gases, líquidos y sólidos que se generan. Estos procesos térmicos pueden clasificarse según los requerimientos de oxígeno. Los que requieren de oxígeno se conocen como calderas o incineradores. Los que no, se conocen como pirolisis y termólisis (Yepes et al., 2008). Sin embargo esta es una de las alternativas menos recomendadas.

Como ya se ha mencionado en el Capítulo I, los subproductos de la piña y la papaya tienen múltiples propiedades, tanto nutricionales como funcionales, lo que les confiere ser aprovechados por diversos sectores agroindustriales, entre los más importantes se encuentra el compostaje, ensilaje y la extracción u obtención de compuestos bioactivos.

### **2.3.1 Alternativas de Aprovechamiento de los Subproductos de la Piña y la Papaya en la Agricultura y la Ganadería**

Los subproductos de la piña tienen importantes usos, como materias primas que pueden convertirse en diversos productos de valor agregado. En la agricultura, estos subproductos se utilizan ocasionalmente como fertilizante o mejoradores del contenido de materia orgánica en los suelos, en la ganadería son utilizados como pienso para animales sin embargo no se consideran atractivos como un alimento para animales, ya que contienen sobre una base de materia seca, un alto contenido de fibra y carbohidratos solubles, así como bajo contenido de proteína (Correia et al, 2004). Los desechos de la papaya en la agricultura, son utilizados ocasionalmente como fertilizante o mejoradores del contenido de materia orgánica en los suelos y en la ganadería son utilizados como alimento para animales (Koubala et al., 2014).

### **2.3.2 Alternativas de Aprovechamiento de los Subproductos de la Piña y la Papaya en Biotecnología**

Dado que los subproductos de la piña son una fuente rica en celulosa, hemicelulosas y otros carbohidratos, se ha utilizado para producir papel, billetes de banco y tela (Ketnawa et al., 2012). Además, se han utilizado como sustancia nutritiva en caldo de cultivo y producción de celulosa (Omojasola et al., 2008). Por otro lado también son utilizados como sustratos para la producción de metano y etanol, esto principalmente relacionado con la presencia de la enzima bromelina en dichos subproductos.

Los subproductos de la piña también son utilizados como materias primas para obtener productos de valor agregado entre ellos se encuentra la extracción de ácido cítrico y vinagre, puesto que son ricos en hidratos de carbono y otros nutrientes, que pueden servir como sustrato para la producción de ácido cítrico usando fermentación en estado sólido (Imandi et al., 2008); también son utilizados para la producción y extracción de compuestos fenólicos (Correia et al., 2004). La cáscara de piña contiene altos niveles de fibra insoluble en agua (~ 42% de cáscara en peso seco), esta fibra tiene características distintivas que pueden ser aplicados en la industria alimentaria (Huang, Tsai & Chow, 2014).

La utilización de subproductos de piña como fuente de extracción de enzimas proteolíticas, es también un medio alternativo. La bromelina y otras cisteína-proteasas son enzimas bien conocidas presentes en diferentes partes de la piña (Ketnawa et al., 2012). La bromelina se ha utilizado comercialmente en la industria alimentaria, en ciertos cosméticos y en suplementos dietéticos. Se utiliza para el ablandamiento de la carne, la elaboración de la cerveza, la cocción, así como para la producción de hidrolizados de proteínas (Ketnawa & Rawdkuen, 2011). Otras aplicaciones son el bronceado, para las industrias del cuero y del textil, la depilación, la lana, el reblandecimiento de la piel y las formulaciones detergentes (Subhabrata & Mayura, 2006). Además, la bromelina se ha utilizado como medicina popular, curador de heridas, antiinflamatorio, antidiarrea y de ayuda digestiva (Bitange et al., 2008).

Los subproductos de la papaya son utilizados para producir la pectina acida metilesterasa por medio de fermentación en estado sólido con *Aspergillus tubingensis*, ya que es una de las pectinas más importantes industrialmente (Patidar et al., 2016) utilizadas para la clarificación de jugos de fruta. La piel de la papaya y las semillas también contienen una gran variedad de fitoquímicos, incluidos carotenoides, polifenoles y la vitamina C que tienen propiedades antioxidantes. La *Carica Papaya* contiene dos importantes compuestos enzimáticamente activos, la quimopapaína y la papaína, que son extraídas a nivel industrial ya que son ampliamente utilizadas para los trastornos digestivos (Khan et al., 2012).

Se ha demostrado que los derivados de la papaya tales como la papaína, caricain, chymopain, glicerina y la endopeptidasa, pueden mejorar las condiciones de pH ácido y la degradación de la pepsina. Otros enzimas importantes de la *Carica Papaya* es la lipasa o CPL, una hidrolasa, que está estrechamente unida a la fracción insoluble en agua de la papaína en bruto y por lo tanto se considera como un biocatalizador “inmovilizado naturalmente” (Domínguez et al., 2006).

### **2.3.3 Usos de los Subproductos de la Piña y la Papaya en la Producción de Matrices Alimenticias**

Una alternativa del aprovechamiento de los subproductos de la piña es usarlos como ingredientes en el procesamiento de alimentos. Estos subproductos contienen valiosas fuentes de fibra dietética, que pueden usarse como un posible ingrediente alimentario para mejorar la calidad nutricional de los alimentos. Además, las fibras tienen propiedades tecnológicas, como capacidad de retención de agua (CRA), capacidad de retención de aceite (CRAC), que pueden ser útiles en productos que requieren hidratación, para evitar la sinéresis, mejorar el rendimiento, estabilizar productos alimenticios altos en grasa y emulsiones, y también para modificar la textura y la viscosidad (Selani et al. 2014).

Larrauri et al., en 1995, reportaron el uso de los subproductos de la piña, para obtener concentrados de cáscara de piña y a partir de ellos se han producido bebidas en polvo con un contenido de 25% de fibra dietética. Selani et al. (2014), utilizaron subproductos



de piña para llevar a cabo la elaboración de un producto extruido, argumentando que el uso de este subproducto en la extrusión sería una opción interesante así como el enriquecimiento de fibra. Además, beneficiaría las operaciones de procesamiento de la piña haciendo las económicamente más sostenibles.

Sah et al., (2015), evaluaron el efecto del almacenamiento en refrigeración sobre la viabilidad probiótica y la producción y estabilidad de péptidos antimutagénicos y antioxidantes en yogurt suplementado con cáscara de piña. Selani et al, en 2016, evaluaron los efectos del subproducto de la piña y del aceite de canola como sustitutos de la grasa en las cualidades fisicoquímicas y sensoriales de la carne para hamburguesa de ternera baja en grasa.

En algunos de los países de la región tropical, las cáscaras de la papaya se utilizan para cocinar como un platillo, lo que se refleja como un aprovechamiento del producto de forma culinaria. Otra de las alternativas de aprovechamiento de los subproductos de la papaya es la extracción de la fibra dietaria, que puede ser utilizada en la producción de nuevos productos alimenticios (Nieto et al, 2016).

## **2.4 MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente Capítulo del estudio se llevó a cabo en los laboratorios del Departamento de Tecnología de Alimentos de la Universidad Autónoma de Aguascalientes.

### **2.4.1 Materiales**

Para llevar a cabo esta parte de la investigación se utilizaron los polvos producidos a partir de las cáscaras de piña y papaya como ingredientes alimenticios (Capítulo I). Azúcar refinada a granel, glucosa de almidón de maíz (45 Globe/Gloria 2534, Ingredion México SA de CV), grenetina en polvo sin sabor de 290 °Bloom (Coloidales Duche SA de CV), ácido cítrico (MABI), Capol 3073A (Capol GmbH), saborizantes de piña y chamoy (Deiman SA de CV) y almidón a granel se obtuvieron del mercado local.

### 2.4.1.1 Formulación

En la Tabla 2.1, se pueden observar las formulaciones que se utilizaron para la producción de las golosinas gelificadas utilizando Grenetina como gelificante, para la elaboración de las golosinas gelificadas etiquetadas como control, se siguió el protocolo establecido por Ramírez & Orozco (2014). Para la formulación de las golosinas gelificadas modificadas por la inclusión de los polvos de cáscaras de piña o papaya como ingredientes alimenticios, se realizó una adaptación al método de Ramírez & Orozco (2014). Donde, se sustituyó 5% y 6% de sacarosa por los polvos de subproductos de piña y papaya respectivamente, y se eliminó por completo el uso de colorantes y saborizantes artificiales en las golosinas de piña, para las golosinas de papaya se utilizó solo un 30% de saborizante artificial ya que los polvos de los subproductos de papaya tienen un sabor astringente que no es agradable para el posible consumidor, también se disminuyó el porcentaje de ácido cítrico ya que los polvos también otorgan acidez.

**Tabla 2. 1.** Formulaciones de las golosinas gelificadas control y modificadas con polvos de cáscaras de piña o papaya

<b>Ingrediente</b>	<b>Formulación Control (%)</b>	<b>Formulación de Piña (%)</b>	<b>Formulación de papaya (%)</b>
<b>Grenetina (290° Bloom)</b>	5.30	5.30	5.3
<b>Agua</b>	23.38	23.38	23.38
<b>Sacarosa</b>	33.20	28.82	27.82
<b>Glucosa</b>	36.50	36.50	36.50
<b>Ac. Cítrico</b>	1.28	1.00	1.00
<b>Colorante</b>	0.04	-	-
<b>Saborizante</b>	0.30	-	0.1
<b>Subproductos de piña</b>	-	5	-
<b>Subproductos de papaya</b>	-	-	6

Fuente: Adaptado de Ramírez-Gómez y Orozco-Sánchez, 2014.

#### **2.4.1.2 Proceso de elaboración de golosinas gelificadas**

Para llevar a cabo la elaboración de las golosinas gelificadas (Figura 2.1) la gretina se hidrató con 45.33% del agua total de la formulación y se dejó reposar por 30 min. Se disolvió la sacarosa con el 54.67% restante del agua a una temperatura de 70 °C, posteriormente se adicionó la glucosa y se concentró a 82 °Brix por medio de cocción hasta alcanzar una temperatura de 105 °C, a las golosinas control inmediatamente se les adicionó la gretina hidratada y se homogeneizaron los ingredientes, posteriormente se les adicionó el ácido cítrico previamente disuelto en agua, 0.30% de sabor y 0.04% de color amarillo para el control de piña, naranja para el control de papaya.

Para las golosinas gelificadas modificadas, después de concentrar el jarabe, se agregaron los polvos de piña o de papaya y se mezclaron, posteriormente se agregó la gelatina hidratada y se mezcló para homogeneizar los ingredientes, se añadió el ácido cítrico previamente disuelto en agua y se añadió saborizante de chamoy solo en las golosinas de papaya.

Los geles obtenidos de las formulaciones se depositaron en embudos dosificadores y posteriormente se moldearon en cofres de almidón, previamente impresos con moldes de hemisferio y un diámetro de 1.5 cm, se gelificaron a una temperatura de 23 °C por 24 h. Posteriormente las golosinas gelificadas se desmoldaron, se retiró el exceso de almidón por medio de cepillado y se enceraron con capol (aditivo utilizado en confitería para dar brillo a los caramelos). Se almacenaron en bolsas de polipropileno para su posterior análisis microbiológico, fisicoquímico y sensorial.

Se obtuvieron así las golosinas de piña etiquetadas como: Control-Pi, G-Pi-AC-1, G-Pi-AC-2, G-Pi-AC-3, G-Pi-LIO-1, G-Pi-LIO-2 y G-Pi-LIO-3; y de papaya con chamoy etiquetadas como: Control-Pa, G-Pa-AC-1, G-Pa-AC-2, G-Pa-LIO-1 y G-Pa-LIO-2. De esta manera se lograron establecer los diseños experimentales completamente al azar con 7 tratamientos para las golosinas de piña y con 5 tratamientos para las golosinas de papaya. Este diseño será utilizado para la evaluación de las propiedades microbiológicas y fisicoquímicas de las golosinas producidas



Figura 2. 1. Diagrama del proceso de elaboración de las golosinas gelificadas

## 2.4.2 Métodos

### 2.4.2.1 Análisis microbiológico

Para el análisis microbiológico de las golosinas gelificadas se utilizó el método de vaciado en placa, se utilizaron los métodos y normas mencionados en el Capítulo I del presente trabajo.

### 2.4.2.2 Análisis de propiedades fisicoquímicas

#### 2.4.2.2.1 Sólidos solubles ( $^{\circ}\text{Bx}$ )

El contenido de sólidos solubles, se determinó a una temperatura de 20 °C en cada una de las golosinas producidas, por medio de un refractómetro de mano (Atago, H-93, USA), la medición se realizó por triplicado en todas las muestras.

#### 2.4.2.2.2 pH

El pH de las golosinas gelificadas se determinó a una temperatura de 25 °C con un potenciómetro (Hanna Instruments, HI99163, USA) previamente calibrado con dos soluciones tampón de pH = 7 y pH = 4. La medición se realizó por triplicado en todas las muestras.

#### 2.4.2.2.3 Actividad de agua ( $a_w$ )

La actividad del agua de las golosinas gelificadas se determinó a una temperatura de 25 °C, se siguió el principio de equilibrio de presión de vapor mediante la utilización del método de Punto de Rocío. Dicha medición se realizó con un higrómetro (Decagon Devices, Inc., AquaLab Series 3TE, USA), previamente calibrado con estándares de verificación:  $a_w = 0.250$  (LiCl 13.4 molal en H<sub>2</sub>O),  $a_w = 0.5$  (LiCl 8,57 molal en H<sub>2</sub>O) y  $a_w =$

0,984 (KCl 0,5 molal en H<sub>2</sub>O). Las determinaciones se realizaron a 10 golosinas por formulación.

#### **2.4.2.2.4 Color**

La determinación del color se realizó colocando las muestras sobre un fondo blanco, y posteriormente se midieron con un colorímetro (Konica Minolta Sensing Americas, Inc, CR-400, Japón), y por medio del software SpectraQC (Konica Minolta Sensing Americas, Inc, CyberChrome, Inc versión 1996-2001, Japón) se obtuvieron los valores de las coordenadas cilíndricas CIE-L\*C\*h\*. Donde L\* es la diferencia entre la luz (L\*=100) y la oscuridad (L\*=0); C\* es la coordenada croma, que es la distancia perpendicular desde la luminosidad; y h\* es el ángulo de tono expresado en grados. Las determinaciones se realizaron a 10 golosinas por formulación.

#### **2.4.2.2.5 Propiedades mecánicas**

El análisis de la textura instrumental se llevó a cabo el día después de la elaboración de las golosinas gelificadas (forma: hemisferio, diámetro: 1,5 cm y altura: 1,5 cm), a una temperatura de 20 °C utilizando un texturómetro (Stable Micro System, TA-XTplus, UK), que interactuó con una computadora de escritorio a través de un software específico (Stable Micro System, Texture Exponent TEE32 3.0.4.0, UK). Para ello, se realizaron dos pruebas.

La primera prueba se realizó mediante una adaptación a la *Gummy Confectionery Test* disponible en el software del texturómetro. Para ello se utilizó una placa de compresión (P / 75, diámetro: 75 mm), una plataforma de trabajo pesado ajustada con una placa plana (HDP / 90) y una fuerza de disparo de 0.05 N. Antes de realizar la prueba, la sonda se calibró para reconocer la superficie de prueba del analizador (100% de voltaje) y la distancia (20 mm) de la sonda después de que se realizó la compresión. Cada golosina se

comprimió al 20% de su altura original, a una velocidad de 1.0 mm/s, la celda se mantuvo a esta distancia durante 60 segundos y luego se retiró a su posición inicial a una velocidad de 10.0 mm/s. Se ejecutó la MACRO de la curva de fuerza-distancia resultante y se registraron las siguientes propiedades de textura: firmeza (corresponde a la resistencia total de la goma gomosa, N) y elasticidad (corresponde a la altura que recupera el caramelo después de la compresión, %).

La segunda prueba se llevó a cabo mediante una adaptación al estándar de pruebas del Gelatin Manufacturers Institute of America (GMIA, 2013). Se usó una sonda cilíndrica de derlin (P/0.5R, diámetro: 0.5 pulgadas), una plataforma de trabajo pesado ajustada con una placa plana (HDP/90) y una fuerza de disparo de 0.05 N. Las golosinas gelificadas se colocaron centralmente debajo de la sonda en la base de trabajo, la prueba de penetración se realizó a una velocidad de 1.0 mm/s y a una profundidad de 4 mm (fuerza máxima), se ejecutó la MACRO de la curva de fuerza-distancia resultante, y se expresó como el “valor de potencia/floración del gel” (g) de gel de las golosinas gelificadas. Las determinaciones se realizaron a 10 golosinas por formulación.

#### **2.4.2.3 Análisis sensorial**

Se realizaron dos análisis sensoriales, el primero de ellos para seleccionar el tamaño de partícula que era de preferencia para los jueces, esto por medio de una prueba afectiva de preferencia. Una vez seleccionado el tamaño de partícula de preferencia, se realizó un segundo análisis sensorial, para evaluar en base a dos pruebas de grado de satisfacción de sus atributos y una de preferencia de las golosinas gelificadas elaboradas con polvos de subproductos de piña y de papaya deshidratados por flujo de aire caliente o liofilización con dicho tamaño de partícula y un control.

#### **2.4.2.3.1 Selección de tamaño de partícula: prueba afectiva de preferencia**

Se utilizó una prueba afectiva de preferencia con un nivel de significancia del 5%, con el fin de seleccionar el tamaño de partícula de los polvos de cáscaras de piña y de papaya presentes en las golosinas gelificas de preferencia para los jueces. Para la selección de los jueces se realizó una encuesta de hábitos para descartar personas alérgicas al producto, así como a los consumidores frecuentes de alcohol y cigarro, y de esta manera se seleccionó un panel no entrenado de 50 consumidores habituales del producto en un rango de edad de 18-25 años, con igualdad en el número de personas por género. Para llevar a cabo la prueba se utilizaron las golosinas elaboradas con los polvos de cáscaras de piña(G-Pi-LIO-1, G-Pi-LIO-2 y G-Pi-LIO-3) y papaya liofilizados (G-Pa-LIO-1 y G-Pa-LIO-2) con diferentes tamaños de partícula, dichas golosinas tenían forma de hemisferio y un diámetro de 1.5 cm.

La preparación de las muestras se realizó mediante la asignación de códigos completamente al azar a cada una de las muestras, posteriormente se colocaron en charolas previamente codificadas, el ordenamiento de los códigos de las muestras se realizó utilizando el número de combinaciones posibles para cada tipo de muestra (6 combinaciones para golosinas de piña y 2 combinaciones para las de papaya), posteriormente se les presentaron a los jueces dos charolas por separado, una para cada sabor de golosina y sobre dichas charolas se colocó una sola unidad por cada tipo de formulación, y se les pidió que seleccionaran la golosina de su preferencia de las tres muestras entregadas de piña, así como de las dos muestras entregadas de papaya.

#### **2.4.2.3.2 Selección de método de deshidratación: pruebas afectivas de grado de satisfacción y de preferencia**

El segundo análisis sensorial se realizó en base a los resultados obtenidos del primer análisis sensorial, del cual se logró establecer que el tamaño de partícula de preferencia de los jueces, para los polvos de cáscaras de piña fue el de  $<180 \mu\text{m}$  y para los polvos de cáscaras de papaya fue el de  $250 \mu\text{m}$  a  $<180 \mu\text{m}$ . De esta manera, en el segundo análisis



sensorial, se utilizaron las muestras de golosinas de piña control y las elaboradas con los polvos de tamaño de partícula  $<180 \mu\text{m}$  (Control-Pi, G-Pi-AC-3 y G-Pi-LIO-3); así como las muestras de golosinas de papaya control y las elaboradas con los polvos de tamaño de partícula de  $250 \mu\text{m}$  a  $<180 \mu\text{m}$  (Control-Pa, G-Pa-AC-2 y G-Pa-LIO-2), todas ellas con forma de hemisferio y un diámetro de 1.5 cm.

En dicho análisis se evaluó a cada una de las golosinas gelificadas mencionadas anteriormente, por medio de dos pruebas afectivas de grado de satisfacción de sus atributos, así como por una prueba afectiva de preferencia; la selección de los jueces se realizó de la misma manera que en el primer análisis sensorial realizado (25 mujeres y 25 hombres consumidores habituales en un rango de edad de 18-25 años).

La preparación de las muestras se realizó mediante la asignación de códigos completamente al azar a cada una de las muestras, posteriormente se colocaron en charolas previamente codificadas, el ordenamiento de los códigos de las muestras se realizó utilizando el número de combinaciones posibles para cada tipo de muestra (6 combinaciones para golosinas de piña y 6 combinaciones para las de papaya), posteriormente se les presentaron a los jueces dos charolas por separado, una para cada sabor de golosina y sobre dichas charolas se colocó una sola unidad por cada tipo de formulación.

En la primera prueba de grado de satisfacción se evaluaron los siguientes tributos: aceptación global, apariencia, aroma, sabor y textura, y se realizó utilizando una escala hedónica de 9 puntos, donde:

- 1= Me disgusta muchísimo
- 2= Me disgusta mucho
- 3= Me disgusta moderadamente
- 4= Me disgusta un poco
- 5= Ni me gusta ni me disgusta
- 6= Me gusta un poco
- 7= Me gusta moderadamente
- 8= Me gusta mucho

9= Me gusta muchísimo

Para la segunda prueba se utilizó una escala hedónica de 5 puntos, en la cual los jueces expresaron que tan parecido era el producto a lo que normalmente les gusta de este tipo de productos, donde:

1= demasiado débil

2= un poco débil

3= justo como me gusta

4= un poco fuerte

5= demasiado fuerte

En esta prueba se evaluaron los siguientes atributos específicos: intensidad del color, firmeza, elasticidad, sabor a piña o papaya/chamoy, dulzor y acidez, durante el análisis se les explico a los jueces en qué consistía cada uno de los atributos a evaluar.

Al final se realizó una prueba afectiva de preferencia con un nivel de significancia del 5%, donde se les pidió a los jueces que ordenaran según su preferencia las tres muestras que probo, siendo:

1= muestra que más me ha gustado

2= muestra que me ha gustado en segundo lugar

3= Muestra que menos me ha gustado.

En todos los casos se utilizaron cuestionarios digitales, por lo que se les pidió a los jueces que asistieran al análisis con su teléfono móvil para poder acceder a los mismos, en el anexo del presente trabajo se pueden encontrar los links de dichos cuestionarios.

### **2.4.3 Análisis Estadístico**

Los resultados obtenidos del análisis fisicoquímico y de las pruebas de satisfacción de las golosinas gelificadas se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar ( $n=3$ ) y fueron sometidos al análisis de normalidad y homoscedasticidad. Se utilizó el análisis unidireccional de varianza (ANOVA); aplicando análisis de Tukey ( $p<0.05$ ) para medias

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

con diferencias significativas en los análisis fisicoquímicos y LSD Fisher para las pruebas de satisfacción. Los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico SPSS 11.5 e InfoStat para Windows.

Los resultados obtenidos de las pruebas de preferencia fueron expresados como frecuencia del número de juicios emitidos por los jueces, para cada tipo de muestra, se utilizaron tablas de significancia a un nivel de confianza del 5%.

## **2.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

Se logró llevar a cabo la fabricación de las golosinas gelificadas modificadas con la incorporación de un 5% depolvos de subproductos de cascara de piña y papaya como ingredientes, los que según Saura et al., (2010), argumentaron que son fuente de fibra dietética antioxidante.

De igual manera, se logró determinar algunos de los parámetros de calidad de las golosinas gelificadas, ya que, Ramírez & Orozco (2014) aseguran que para tener un producto gelificado con grenetina de buena calidad y con las características adecuadas al tipo de golosina gelificada que se quiera fabricar, se deben de checar de manera meticulosa, ciertos parámetros de composición, tales como: el Bloom de la grenetina y el porcentaje que se utilice de la misma (textura), así como el pH, los °Bx y la actividad de agua.

Sin embargo, la calidad del producto no está dada solo por el control de dichos parámetros, sino que también depende de sus atributos sensoriales, así como de la inocuidad que los mismos presenten, ya que esto garantiza seguridad al posible consumidor, ya que como argumento Godfray et al.,(2010) a medida que el comercio de alimentos se expande en todo el mundo, la seguridad alimentaria se ha convertido en una preocupación común entre los países desarrollados y en desarrollo, es por esta razón que también se realizaron dichos análisis para de esta manera evaluar la calidad global del producto.

## 2.5.1 Análisis Microbiológico

En la Tabla 2. 2, se pueden observar los resultados obtenidos del conteo de las UFC/g de las golosinas gelificadas modificadas con polvos de cáscaras de piña y papaya, donde se puede observar que todas cumplen con las especificaciones del Codex Alimentarius (CAC/GL-21(1997), así como con las de la Comisión Internacional de Especificaciones Microbiológicas para Alimentos (ICMSF), ya que establecen un límite máximo permitido de  $10^4$  UFC/g de muestra para mesófilos aerobios, y  $3 \times 10^2$  UFC/g de muestra para hongos y levaduras, en caramelos blandos, semiblandos y duros con relleno, goma de mascar, bombones y otros productos de confitería con o sin relleno.

Por lo que se pueden garantizar como productos aptos para el consumo humano ya que ninguna de las golosinas sobrepasa los límites máximos permitidos por la norma, pero tampoco los mínimos que son de  $10^2$  UFC/g de muestra para mesófilos aerobios y 50 UFC/g de muestra para hongos y levaduras.

**Tabla 2. 2.** Calidad microbiológica de las golosinas gelificadas modificadas producidas

Muestra	Coliformes totales (UFC/g)	Mesófilos aerobios (UFC/g)	Hongos y levaduras (UFC/g)	Calidad
<b>Control-Pi</b>	<10	$2 \times 10$	<10	Apta
<b>G-Pi-AC-1</b>	<10	$3 \times 10$	$1 \times 10$	Apta
<b>G-Pi-AC-2</b>	<10	$3 \times 10$	$3 \times 10$	Apta
<b>G-Pi-AC-3</b>	<10	$2 \times 10$	$2 \times 10$	Apta
<b>G-Pi-LIO-1</b>	<10	$2 \times 10$	<10	Apta
<b>G-Pi-LIO-2</b>	<10	$9 \times 10$	$4 \times 10$	Apta
<b>G-Pi-LIO-3</b>	<10	$2 \times 10$	$5 \times 10$	Apta
<b>Control-Pa</b>	$6 \times 10$	$3 \times 10$	<10	Apta
<b>G-Pa-AC-1</b>	$1 \times 10$	$3 \times 10$	$2 \times 10$	Apta
<b>G-Pa-AC-2</b>	$3 \times 10$	$5 \times 10$	$1 \times 10$	Apta
<b>G-Pa-LIO-1</b>	$1 \times 10$	$4 \times 10$	$2 \times 10$	Apta
<b>G-Pa-LIO-2</b>	$2 \times 10$	$2 \times 10$	$1 \times 10$	Apta

UFC, Unidades formadoras de colonias. g, gramo.

## **2.5.2 Análisis de Propiedades Fisicoquímicas**

### **2.5.2.1 Sólidos solubles (°Bx)**

En la elaboración de golosinas gelificadas el contenido de los °Bx, es uno de los parámetros más importantes a controlar en el proceso, ya que de los °Bx depende la calidad del producto así como la concentración final de los sólidos solubles que se quieran tener en las golosinas gelificadas (Edwards, 2000).

En la Tabla 2. 3, se pueden observar los resultados obtenidos de la determinación de este parámetro el cual fue igual para todas las golosinas producidas, menos para las muestras control, sin embargo, no se lograron observar diferencias significativas, lo cual es bueno porque se garantiza una estandarización en la producción de las golosinas.

### **2.5.2.2 pH**

Otro de los parámetros importantes de calidad de las golosinas gelificadas es el pH, ya que cuando se encuentra presente un hidrocóide, el pH del producto debe ser crítico, un pH muy bajo en el producto no es deseable porque no será estable o puede no llegar a gelificar. Si se mantiene un hidrocóide en su punto isoeléctrico, esto es el pH al cual su carga neta es cero, entonces es probable que el colóide deje de ser soluble (Edwards, 2000), por estas razones Ramírez y Orozco (2014), recomiendan para elaborar este tipo de golosinas mantener un pH= 3- 4.5, las variaciones en este parámetro dependen de los °Bloom que tenga la gredina a utilizar, entre más elevado sea este grado mayor acidez podrá tener la golosina.

En este sentido, los resultados obtenidos de la medición del pH de las golosinas gelificadas se pueden observar en la Tabla 2. 3, donde, aquellas que fueron elaboradas con subproductos de cáscaras de piña presentaron un pH más bajo, lo cual está relacionado con la composición de los polvos que otorgan acidez al producto, de dicho análisis se obtuvieron diferencias significativas solo con respecto al control que tuvo un pH=3.6, mientras que las golosinas modificadas presentaron un pH=3.5.

**Tabla 2. 3.** Propiedades fisicoquímicas de las golosinas gelificadas control y modificadas con polvos de subproductos de piña y papaya.

<b>Muestra</b>	<b>°Bx</b>	<b>pH</b>	<b>aw</b>
<b>Control</b>	72 ± 0.0	3.60 ± 0.01 <sup>a</sup>	0.544 ± 0.002 <sup>a</sup>
<b>G-Pi-AC-1</b>	70 ± 0.0	3.5 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.600 ± 0.023 <sup>ab</sup>
<b>G-Pi-AC-2</b>	70 ± 0.0	3.6 ± 0.17 <sup>b</sup>	0.570 ± 0.010 <sup>b</sup>
<b>G-Pi-AC-3</b>	70 ± 0.0	3.6 ± 0.02 <sup>b</sup>	0.600 ± 0.012 <sup>b</sup>
<b>G-Pi-LIO-1</b>	70 ± 0.0	3.5 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.550 ± 0.009 <sup>a</sup>
<b>G-Pi-LIO-2</b>	70 ± 0.0	3.5 ± 0.00 <sup>b</sup>	0.540 ± 0.006 <sup>a</sup>
<b>G-Pi-LIO-3</b>	70 ± 0.0	3.5 ± 0.07 <sup>b</sup>	0.560 ± 0.015 <sup>a</sup>
<b>ANOVA</b>	1.0000	0.0002	0.0003
<b>Control</b>	72 ± 0.0	3.6 ± 0.00 <sup>a</sup>	0.544 ± 0.002 <sup>a</sup>
<b>G-Pa-AC-1</b>	70 ± 0.0	3.8 ± 0.08 <sup>b</sup>	0.647 ± 0.032 <sup>b</sup>
<b>G-Pa-AC-2</b>	70 ± 0.0	3.8 ± 0.03 <sup>b</sup>	0.631 ± 0.054 <sup>b</sup>
<b>G-Pa-LIO-1</b>	70 ± 0.0	3.8 ± 0.01 <sup>b</sup>	0.635 ± 0.054 <sup>b</sup>
<b>G-Pa-LIO-2</b>	70 ± 0.0	3.7 ± 0.04 <sup>b</sup>	0.584 ± 0.013 <sup>ab</sup>
<b>ANOVA</b>	1.0000	0.0001	0.0111

Medias ± SD. °Bx=grados Brix; a<sub>w</sub>=actividad de agua

<sup>a-d</sup>Literales diferentes por columna de cada sabor de golosina presentan diferencias significativas con un intervalo de confianza del 95%, prueba de Tukey.

En el caso de las golosinas modificadas con subproductos de cáscaras de papaya se logró observar que existen diferencias significativas entre estas presentando pH=3.8-3.9, y el control pH=3.6, esto vinculado de igual manera con la composición de las cáscaras de papaya que son menos ácidas, sin embargo dichas diferencias no son tan representativas y se puede decir que todas cumplen con los intervalos de pH recomendados para este tipo de producto. La adaptación del porcentaje de ácido cítrico se realizó en base a estos fundamentos y al conocimiento previo del pH que presentaron los polvos de los subproductos (Capítulo I).








### 2.5.2.3. Actividad de agua ( $a_w$ )

De la determinación de la actividad de agua presente en las golosinas producidas (Tabla 2. 3), se logró observar que existen diferencias significativas entre los tratamientos de las golosinas gelificadas modificadas con polvos de subproductos de piña, presentando mayor  $a_w$  aquellas que fueron elaboradas con los polvos deshidratados por medio de aire caliente y tamaño de partícula pequeño. Las golosinas gelificadas producidas con polvos de cáscaras de papaya también mostraron diferencias significativas en este parámetro con valores entre 0.584 a 0.647, lo cual está ligado con la composición de las cáscaras. Sin embargo todas las golosinas cumplen con el intervalo de actividad de agua que se recomienda para este tipo de productos de 0.54 a 0.68, un valor superior provocaría la degradación del producto, ya que son productos con alto contenido de azúcar y tener una  $a_w$  elevada provocaría la proliferación de microorganismos, así como de una importante pérdida de textura o presencia de sinéresis (Ramírez y Orozco, 2014).

### 2.5.2.4 Color

Cappa et al. (2015), argumentan que el color es un indicador importante de la calidad y aceptabilidad de los alimentos, es por dicha razón que se realizó la determinación del color de las golosinas gelificadas modificadas por incorporación de polvos de subproductos de piña y papaya, dicha determinación e interpretación se realizó por medio de las coordenadas polares CIEL\*C\*h°. En la Tabla 2. 4, se pueden observar los resultados obtenidos de la determinación del color de las golosinas gelificadas de piña, donde se observa, que existieron diferencias significativas para la luminosidad, el tono y el croma, entre el control y las golosinas modificadas por la adición de los polvos de las cáscaras de piña, ya que las golosinas modificadas presentaron menor luminosidad, una saturación más intensa y un color amarillo-marrón, sin embargo se logró determinar que la muestra G-Pi-LIO-3 es la que presenta parámetros más parecidos a los de la muestra control que presento una luminosidad más fuerte, un croma menos saturado ( $9.0 \pm 0.9$ ) y un tono amarillo ( $90.2 \pm 1.2$ ),

**Tabla 2. 4.** Coordenadas cilíndricas *CIE L\*C\* y h°* de golosinas modificadas con polvos de cáscaras de piña






Muestra	Parámetros de Color	Imagen
Control-Pi	L* = 60.20 ± 0.01 <sup>d</sup> C* = 8.14 ± 0.67 <sup>a</sup> h° = 90.41 ± 0.35 <sup>c</sup>	
G-Pi-AC-1	L* = 57.43 ± 1.59 <sup>b</sup> C* = 13.70 ± 0.64 <sup>b</sup> h° = 75.47 ± 1.10 <sup>ab</sup>	
G-Pi-AC-2	L* = 57.97 ± 1.16 <sup>b</sup> C* = 15.11 ± 0.62 <sup>c</sup> h° = 76.16 ± 0.43 <sup>ab</sup>	
G-Pi-AC-3	L* = 54.27 ± 0.64 <sup>a</sup> C* = 13.34 ± 0.72 <sup>b</sup> h° = 75.99 ± 0.51 <sup>ab</sup>	
G-Pi-LIO-1	L* = 57.99 ± 1.11 <sup>b</sup> C* = 23.45 ± 0.17 <sup>cd</sup> h° = 70.85 ± 0.52 <sup>a</sup>	
G-Pi-LIO-2	L* = 58.97 ± 0.65 <sup>c</sup> C* = 23.19 ± 0.52 <sup>d</sup> h° = 80.60 ± 0.72 <sup>abc</sup>	
G-Pi-LIO-3	L* = 59.78 ± 0.70 <sup>cd</sup> C* = 15.39 ± 0.69 <sup>e</sup> h° = 77.55 ± 1.07 <sup>bc</sup>	

<sup>a-b</sup> Literales con letra común por parámetro en cada tipo de muestra no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ), prueba de Tukey



Los parámetros determinados del color de las golosinas gelificadas modificadas con polvos subproductos de papaya (Tabla 2. 5), mostraron diferencias significativas con respecto a los tres parámetros determinados, donde, las golosinas control, G-Pa-AC-2 y G-Pa-LIO-2 presentaron mayor luminosidad con respecto a las golosinas G-Pa-AC-1 y G-Pa-LIO-1.

**Tabla 2. 5.** Coordenadas cilíndricas *CIE L\*C\* y h°* de golosinas modificadas con polvos de cáscaras de papaya

Muestra	Parámetros de Color	Imagen
Control-Pa	L* = 60.20 ± 0.01 <sup>d</sup> C* = 8.14 ± 0.67 <sup>a</sup> h° = 90.41 ± 0.35 <sup>c</sup>	
G-Pa-AC-1	L = 56.16 ± 0.82 <sup>a</sup> C* = 21.23 ± 0.59 <sup>b</sup> h° = 70.01 ± 0.66 <sup>a</sup>	
G-Pa-AC-2	L* = 57.88 ± 1.15 <sup>b</sup> C* = 23.20 ± 1.39 <sup>c</sup> h° = 71.77 ± 0.01 <sup>b</sup>	
G-Pa-LIO-1	L* = 56.42 ± 1.87 <sup>a</sup> C* = 20.45 ± 1.11 <sup>b</sup> h° = 70.98 ± 0.54 <sup>b</sup>	
G-Pa-LIO-2	L* = 58.93 ± 1.54 <sup>b</sup> C* = 24.64 ± 1.61 <sup>d</sup> h° = 71.83 ± 0.40 <sup>c</sup>	

<sup>a-b</sup> Literales con letra común por parámetro en cada tipo de muestra no son significativamente diferentes ( $p \leq 0.05$ ), prueba de Tukey

En cuanto al croma y el tono las golosinas gelificadas modificadas presentaron un color anaranjado más saturado con respecto al control que fue menos saturado y más anaranjado, sin embargo se logró determinar que la muestra G-Pa-LIO-2 es la que presenta parámetros más parecidos a los de la muestra control.

Los resultados obtenidos en ambos sabores de golosinas indican que los polvos de los subproductos interfieren en estos parámetros ya que el principal componente de los mismos es la fibra dietética insoluble (Selani et al., 2016; Huang et al., 2014) y por su estructura molecular no se disuelve completamente en el gel, es por ello que el tamaño de partícula de los polvos juega un papel importante en este parámetro. Ya que entre más pequeña es la partícula, existe una mayor distribución y homogeneidad de los polvos sobre la matriz alimenticia, dando un mejor color al producto.

#### **2.5.2.5 Propiedades mecánicas**

Las propiedades mecánicas tales como la firmeza (N) y la fuerza del gel están relacionadas con la fuerza máxima que resiste la golosina a la deformación, es decir la fuerza que debe imprimir el consumidor al realizar el primer mordisco a la golosina. La elasticidad (%) indica el comportamiento que tendrá en la cavidad bucal traducido como la fuerza necesaria para desintegrar la golosina.

En la Tabla 2. 6, se observa que existen diferencias significativas entre la firmeza de las golosinas modificadas con polvos de cáscaras de piña y de papaya con respecto a las muestras control, ya que las golosinas control presentaron menor firmeza ( $8.64 \pm 0.45$  N) y porcentaje de elasticidad ( $35.42 \pm 1.64$  %), mientras que las muestras de golosinas gelificadas modificadas con los polvos de los subproductos de cascara de piña y papaya, presentaron mayor firmeza y elasticidad. En cuanto a la fuerza del gel, se observó que las golosinas control presentaron un Bloom menor que las golosinas gelificadas modificadas, esto ocasionado por el aporte de fibra que tienen los polvos de cáscaras de la piña y papaya, ya que como lo reporta Huang, Tsai, y Chow (2014) las cáscara de piña y papaya son ricas en fibra insoluble y soluble: celulosa, hemicelulosa y pectinas, por lo que

contribuyena que se refuercen las moleculas de las golosinas otorgando de esta manera una mayor firmeza, pero tambien mayor elasticidad.

**Tabla 2. 6.**Propiedades mecánicas de las golosinas gelificadas control y modificadas con polvos de subproductos de piña y papaya

<b>Muestra</b>	<b>Firmeza (N)</b>	<b>Elasticidad (%)</b>	<b>Fuerza del gel/ Grados Bloom (g)</b>
<b>Control</b>	8.64 ± 0.45 <sup>a</sup>	35.42 ± 1.64 <sup>a</sup>	510.4 ± 39.1 <sup>a</sup>
<b>G-Pi-AC-1</b>	9.84 ± 0.07 <sup>b</sup>	56.07 ± 2.95 <sup>c</sup>	664.1 ± 37.4 <sup>b</sup>
<b>G-Pi-AC-2</b>	9.88 ± 0.09 <sup>bc</sup>	55.77 ± 2.66 <sup>c</sup>	679.6 ± 50.1 <sup>b</sup>
<b>G- Pi-AC-3</b>	9.98 ± 0.09 <sup>bcd</sup>	52.40 ± 2.38 <sup>b</sup>	687.8 ± 56.6 <sup>b</sup>
<b>G-Pi-LIO-1</b>	9.95 ± 0.17 <sup>bcd</sup>	52.31 ± 1.51 <sup>b</sup>	682.4 ± 32.0 <sup>b</sup>
<b>G-Pi-LIO-2</b>	10.14 ± 0.17 <sup>cd</sup>	51.86 ± 2.12 <sup>b</sup>	702.7 ± 18.9 <sup>b</sup>
<b>G-Pi-LIO-3</b>	10.23 ± 0.21 <sup>d</sup>	50.56 ± 0.92 <sup>b</sup>	713.1 ± 10.3 <sup>b</sup>
<b>ANOVA</b>	<i>0.0001</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.0001</i>
<b>Control</b>	8.54 ± 0.47 <sup>a</sup>	34.92 ± 2.46 <sup>a</sup>	490.7 ± 54.9 <sup>b</sup>
<b>G-Pa-AC-1</b>	9.55 ± 0.08 <sup>b</sup>	52.51 ± 1.49 <sup>b</sup>	529.5 ± 46.1 <sup>a</sup>
<b>G-Pa-AC-2</b>	9.57 ± 0.03 <sup>b</sup>	52.40 ± 2.38 <sup>b</sup>	534.9 ± 41.9 <sup>a</sup>
<b>G-Pa-LIO-1</b>	9.98 ± 0.02 <sup>c</sup>	52.56 ± 2.12 <sup>b</sup>	658.2 ± 25.7 <sup>c</sup>
<b>G-Pa-LIO-2</b>	10.09 ± 0.21 <sup>c</sup>	52.35 ± 0.92 <sup>b</sup>	673.3 ± 278 <sup>c</sup>
<b>ANOVA</b>	<i>0.0001</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.0001</i>

Medias ± SD. N=newton.

<sup>a-d</sup>Literales diferentes por columna de cada sabor de golosina presentan diferencias significativas con un intervalo de confianza del 95%, prueba de Tukey.

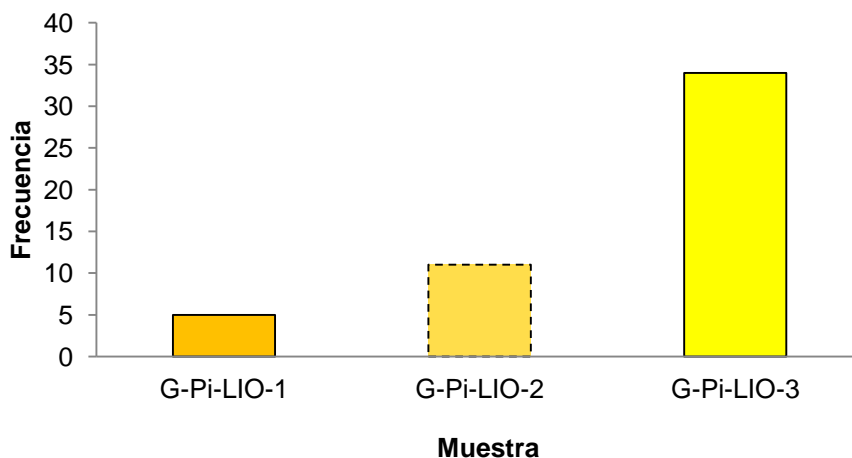
Estos resultados se puede comparar con los resultados reportados por Cappa et al. (2015), quienes desarrollaron golosinas gelificadas modificadas con polvos de cáscaras de uva de diferentes tamaños de partícula, y evidenciaron que tanto los polvos como el tamaño de partícula de los mismos interfieren en las propiedades de textura de las golosinas. Ya que al comparar a las golosinas elaboradas con los polvos de uva con una muestra control (sin polvo de uva), presentaron una modificación micro y macroestructural, donde requerían una mayor fuerza de energía ligando esto a que las fibras contenidas en los polvos de las golosinas modificadas son las que aportan dichas propiedades estructurales a los caramelos. Además, explican que el tamaño de partícula de los polvos juega un

papel importante en dichas propiedades, ya que cuanto mayor es el tamaño de las partículas, menor es la fuerza requerida para penetrar en la muestra

## 2.5.4 Análisis Sensorial

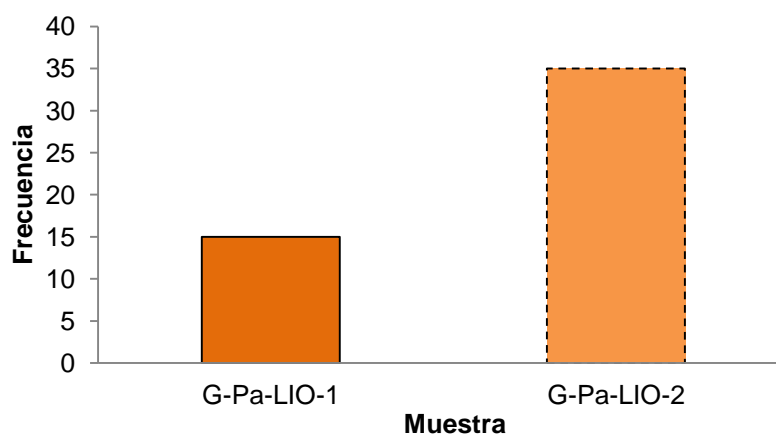
### 2.5.4.1 Selección de tamaño de partícula: prueba afectiva de preferencia

Los resultados obtenidos de la prueba de preferencia, para seleccionar el tamaño de partícula de preferencia para los jueces de los polvos de piña incorporados a las golosinas fueron expresados como frecuencia del número de juicios emitidos por los jueces, y se pueden observar en la Figura 2. 2, donde se observa que la muestra de preferencia para los jueces fue G-Pi-LIO-3, que era la golosina modificada con los polvos de cáscaras de piña liofilizados con un tamaño de partícula  $<180 \mu\text{m}$ . Según tablas de significancia a un nivel de significancia del 5%, para establecer la preferencia de los jueces era necesario que 24 de los 50 jueces que evaluaron las golosinas, marcaran a alguna de ellas como la de preferencia, en este sentido se puede establecer la preferencia de los jueces por el tamaño de partícula  $<180 \mu\text{m}$  de los polvos, ya que 34 de los 50 jueces marcaron a dicha muestra como la de su preferencia.



**Figura 2.2.** Análisis sensorial de preferencia de golosinas gelificadas de piña elaboradas con polvos de subproductos de piña con diferentes tamaños de partícula

Los resultados obtenidos de la prueba de preferencia, para seleccionar el tamaño de partícula de preferencia para los jueces de los polvos de papaya incorporados a las golosinas, fueron expresados como frecuencia del número de juicios emitidos por los jueces, y se pueden observar en la Figura 2. 3, donde se observa que la muestra de preferencia para los jueces fue G-Pa-LIO-2, que era la golosina modificada con los polvos de cáscaras de papaya liofilizados con un tamaño de partícula <math><180 \mu\text{m}</math>.



**Figura 2.3.** Análisis sensorial de preferencia de golosinas gelificadas de papaya elaboradas con polvos de subproductos de papaya con diferentes tamaños de partícula

Según tablas de significancia para pruebas bilaterales a un nivel de significancia del 5%, para establecer la preferencia de los jueces es necesario que 33 de los 50 jueces que evaluaron las golosinas, marquen a alguna de las golosinas como la de preferencia, en este sentido se puede establecer la preferencia de los jueces por el tamaño de partícula <math><180 \mu\text{m}</math> de los polvos, ya que 35 de los 50 jueces marcaron a dicha muestra como la de su preferencial.

#### **2.5.4.2 Selección de método de deshidratación: pruebas afectivas de grado de satisfacción y de preferencia**

En la Figura 2. 4, se pueden observar los resultados obtenidos de la prueba afectiva de grado de satisfacción de los atributos de las golosinas de piña utilizando una escala hedónica de 9 puntos, del análisis estadístico realizado se logró observar que existen

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

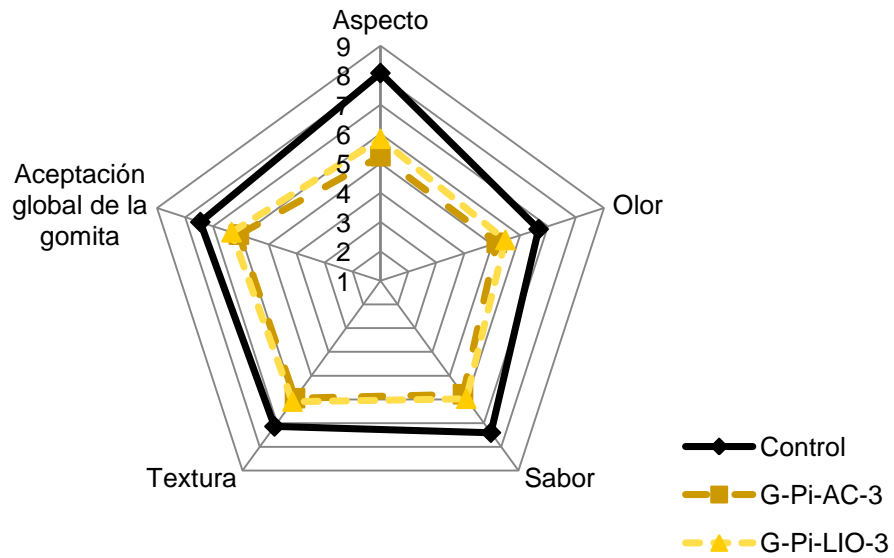
diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre la golosina control con respecto a las golosinas modificadas con polvos de piña G-Pi-AC-3 y G-Pi-LIO-3 para todos los atributos evaluados, los jueces establecieron que las golosinas modificadas no les gustan pero tampoco les disgustan.

En la Figura 2. 5, se pueden observar los resultados obtenidos de la prueba afectiva de grado de satisfacción de las golosinas gelificadas de piña utilizando una escalada hedónica de 5 puntos, esta se realizó con el fin de conocer en base a los atributos del producto que tan parecidas son las golosinas con respecto a los productos de la gama que normalmente consumen.

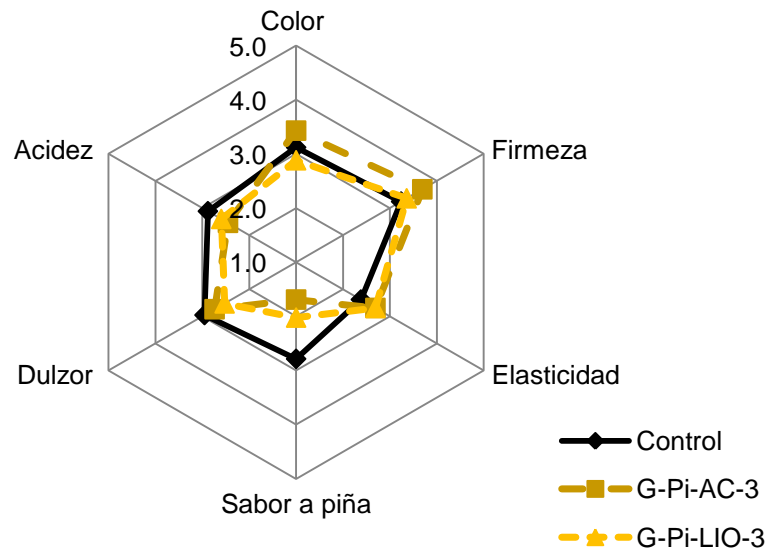
Del análisis estadístico realizado se logró observar que existen diferencias significativas entre el control y amabas golosinas gelificadas para los atributos de dulzor, acidez y sabor a piña ya que los jueces expresaron que las golosinas control en dichos atributos son tal como les gusta, mientras que las golosinas modificadas eran un poco menos acidas y dulces de lo que les gusta.

Para el atributo de color también se presentaron diferencias significativas, ya que los jueces determinaron que la muestra G-Pi-LIO-3 presenta un color un poco más débil de lo que les gusta y la muestra G-Pi-AC-3 un poco más fuerte de lo que les gusta, mientras que la muestra control era justo como les gusta.

En cuanto a la elasticidad y la firmeza los jueces expresaron que las maestras G-Pi-LIO-3 y G-Pi-AC-3 presentan una elasticidad tal como les gusta mientras que a la muestra control era un poco menos elástica de lo que les gusta, y que todas las muestras son más firmes de lo que les gusta, sin embargo las golosinas modificadas con los polvos presentaron una mayor firmeza.

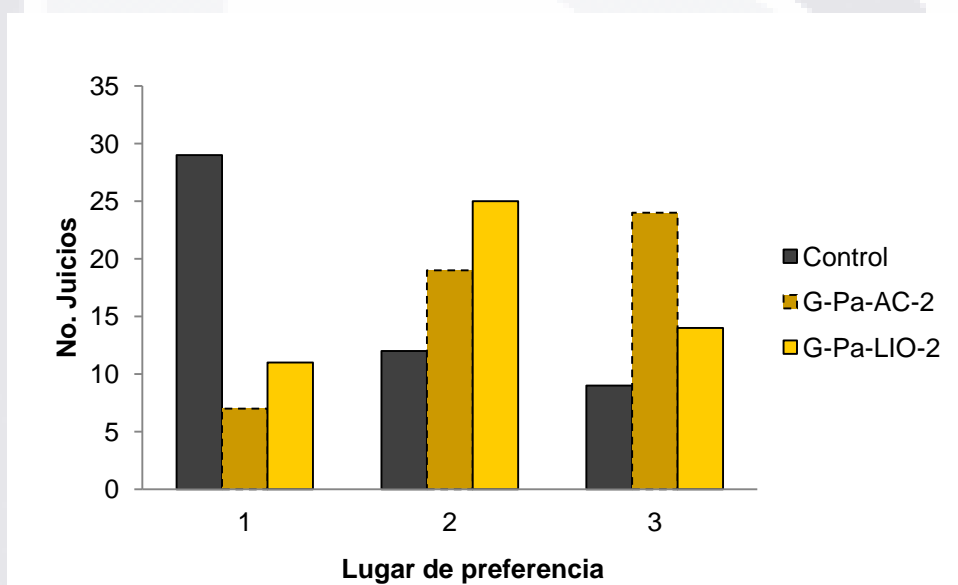


**Figura 2.4.** Análisis sensorial de golosinas gelificadas de piña utilizando una escala hedónica de 9 puntos.



**Figura 2.5.** Análisis sensorial de golosinas de piña utilizando una escala hedónica de 5 puntos

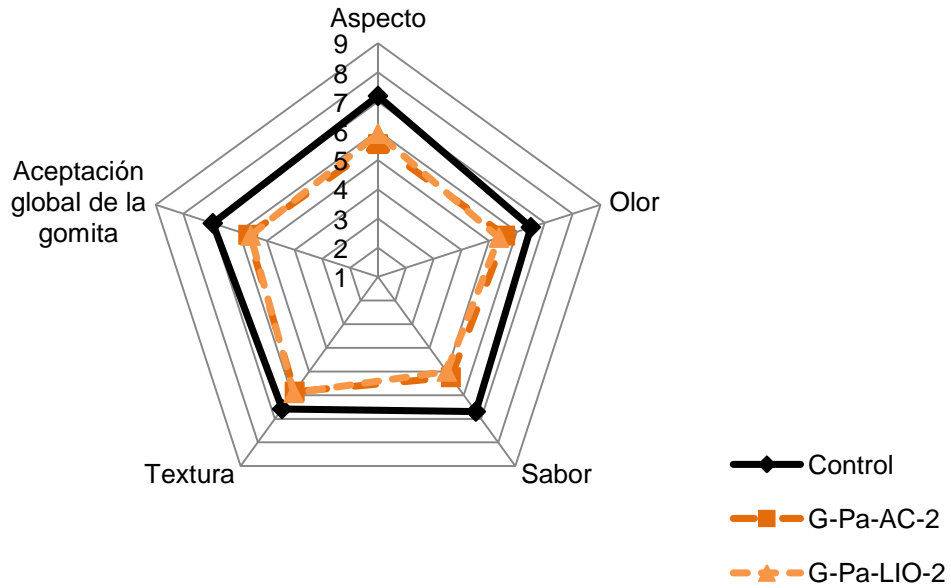
Los resultados obtenidos del ordenamiento de preferencia de las golosinas gelificadas, fueron expresados como frecuencia del número de juicios emitidos por los jueces (Figura 2. 6). Según tablas de significancia a un nivel de confianza del 5%, para establecer la preferencia de los jueces es necesario que 24 de los 50 jueces que evaluaron las golosinas, marquen a alguna de las golosinas como la de preferencia, en este sentido se puede establecer en primer lugar de a las golosinas control, ya que 30 de los 50 jueces marcaron a dicha muestra como la de su preferencia; en segundo lugar de a las golosinas G-Pi-LIO-2, ya que 24 de los 50 jueces marcaron a dicha muestra como la de su preferencia; y en tercer lugar de a las golosinas G-Pi-AC-2, ya que 26 de los 50 jueces marcaron a dicha muestra como la de su preferencia en dichos lugares.



**Figura 2.6.** Análisis sensorial de preferencia de golosinas gelificadas de piña

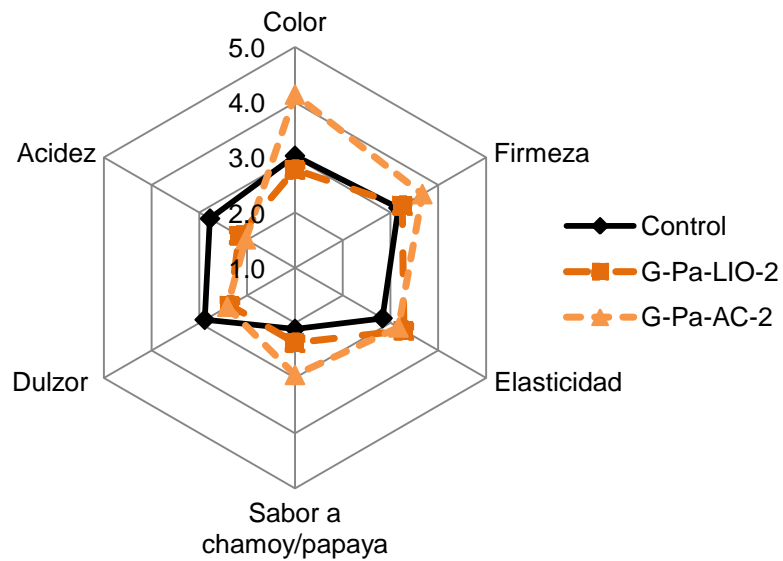
En la Figura 2.7, se pueden observar los resultados obtenidos de la prueba afectiva de grado de satisfacción de las golosinas de papaya utilizando una escala hedónica de 9 puntos; del análisis estadístico realizado se logró observar que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre la muestra control con respecto a las muestras de golosinas modificadas con polvos de papaya G-Pi-AC-2 y G-Pi-LIO-2 para todos los atributos menos para textura, de esta manera los jueces establecieron que las golosinas modificadas no les gustan pero tampoco les disgustan.





**Figura 2. 7.** Análisis sensorial de golosinas de papaya utilizando una escala hedónica de 9 puntos

En la Figura 2. 8, se pueden observar los resultados obtenidos de la prueba afectiva de grado de satisfacción de las golosinas gelificadas de papaya utilizando una escalada hedónica de 5 puntos. Del análisis estadístico realizado se logró observar que existen diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre el control y amabas golosinas gelificadas modificadas para los atributos de firmeza, dulzor, acidez y elasticidad ya que los jueces expresaron que las golosinas control en dichos parámetros son tal como les gusta, mientras que las golosinas modificadas fueron más elásticas y firmes, pero menos dulces y acidas de lo que les gusta.

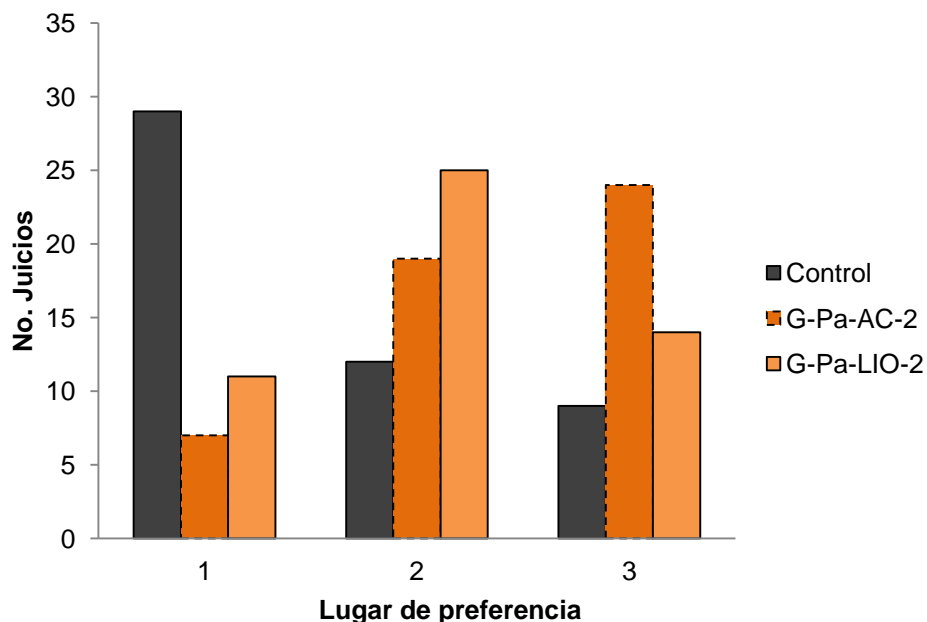


**Figura 2.8.** Análisis sensorial de golosinas de papaya utilizando una escala hedónica de 5 puntos

En cuanto a los parámetros de color, también existieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), ya que los jueces determinaron que la muestra control tenían un color tal como les gusta, mientras que las G-Pa-LIO-2 y G-Pa-AC-2 presentaron un color ligeramente más débil de lo que les gusta y más fuerte de lo que les gusta respectivamente. Y en cuanto al sabor a papaya con chamoy también existieron diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), ya que los jueces establecieron que el sabor de la muestra G-Pa-AC-2 era tal y como les gusta, mientras que las muestras control y G-Pa-LIO-2 presentaron un sabor ligeramente más débil de los que les gusta.

Los resultados obtenidos del ordenamiento o lugar de preferencia de las golosinas gelificadas, fueron expresados como frecuencia del número de juicios emitidos por los jueces (Figura 2. 9). Según tablas de significancia a un nivel de confianza del 5%, para establecer la preferencia de los jueces en este tipo de prueba es necesario que 24 de los 50 jueces que evaluaron las golosinas, marquen a alguna de las mismas como la de preferencia, en este sentido se puede establecer en primer lugar de preferencia a las golosinas control, ya que 30 de los 50 jueces marcaron a dicha muestra como la de su preferencia; en segundo lugar a las golosinas G-Pa-LIO-3, ya que 25 de los 50 jueces marcaron a dicha muestra como la de su preferencia, y en tercer lugar a las golosinas G-

Pa-AC-3, ya que 24 de los 50 jueces marcaron a dicha muestra como la de su preferencia.



**Figura 2. 9.** Análisis sensorial de preferencia de golosinas de papaya

## 2.6 CONCLUSIONES

Se logró establecer que es posible elaborar de manera inocua golosinas gelificadas utilizando 5% de los polvos de subproductos (cáscaras) de piña y papaya, los que aportaron propiedades funcionales fisicoquímicas tales como aporte de color y de textura firme. Se pudo deducir que todas las golosinas eran aptas para el consumo humano, ya que presentaban buenas características de calidad tanto microbiológica como fisicoquímica, ya que a pesar de existir diferencias significativas entre las formulaciones en la determinación de °Bx, pH y  $a_w$  todas se encuentran dentro de los valores establecidos para este tipo de producto.

Sin embargo las muestras G-Pi-LIO-3 y G-Pa-LIO-2, fueron las que presentaron mejores características fisicoquímicas de color y textura, presentando un color más homogéneo y

claro, así como mayor firmeza y elasticidad. Lo cual coincide con el análisis sensorial, ya que los jueces expresaron una marcada preferencia por las golosinas G-Pi-LIO-3 y G-Pa-LIO-2, ya presentaban mejor color, firmeza y elasticidad, sin embargo la preferencia fue más marcada por las golosinas control en todos sus atributos.



TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

## **CAPÍTULO III**

### **EVALUACIÓN NUTRICIONAL Y FUNCIONAL DE GOLOSINAS GELIFICADAS MODIFICADAS CON POLVOS DE SUBPRODUCTOS (CÁSCARAS) DE PIÑA Y PAPAYA**

#### **3.1 INTRODUCCIÓN**

Los alimentos funcionales se han desarrollado casi en todas las categorías de alimentos, incluso no se distribuyen homogéneamente por todas las categorías de la industria alimentaria. Entre todas las categorías de alimentos, los alimentos funcionales se han puesto en marcha principalmente en el mercado de lácteos, confitería, bebidas no alcohólicas, panadería y alimentos para bebés (Menrad, 2003).

El mercado de la confitería en México ha tomado mucha importancia dentro de los alimentos funcionales, principalmente por el alto contenido de azúcares que presentan este tipo de productos (Jackson et al., 2004), lo que los vinculan de manera importante con el desarrollo de problemas nutricionales y de salud (Nambiar et al., 2018); y en segundo lugar porque en la actualidad existe un elevado consumo generacional de este tipo de productos principalmente por parte de niños y jóvenes, lo que ha generado que los índices de enfermedades vinculadas con la nutrición en este sector de la población hayan aumentado considerablemente en los últimos años (Portía et al., 2004). Es por estas razones que la industria de la confitería se ha encargado de innovar cada vez más el mercado de la confitería funcional, desarrollando diversos productos que son bajos en calorías, ricos en fibra, vitaminas o minerales

Las golosinas gelificadas son uno de los productos confitados más consumidos por los niños y jóvenes, por lo que, su modificación con el uso de polvos de cáscaras de piña y papaya que tienen un alto contenido de fibra, además compuestos fenólicos con actividad antioxidante sería una manera exitosa de entregar compuestos beneficiosos para la salud humana a un gran número de personas. Sin embargo, es necesario comprobar que

dichos componentes presentes en la matriz alimentaria cumplen con su función durante el proceso digestivo, es decir si son liberados de manera adecuada en el consumidor.

## **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Caracterizar nutricional y funcionalmente las golosinas gelificadas producidas, para determinar la efectividad de los polvos de subproductos de piña y papaya como ingredientes alimentarios funcionales.

## **3.3 MARCO TEÓRICO**

### **3.3.1 Importancia de los Alimentos Funcionales**

La oferta de nuevos alimentos que reportan algún beneficio para la salud aparece por primera vez en la década de los años 60's. Desde entonces surge en el mercado un nuevo tipo de alimentos diseñados para ser incluidos en dietas muy estrictas exentas de gluten, bajas en sodio, bajas en calorías, ricos en fibra, etc.

El destacado auge de los alimentos funcionales surgió en la década de los 90's, esta revolución de la industria de los alimentos se originó por diversas causas: consumidores preocupados por su salud que comienza a comprar alimentos con un valor agregado al nutricional; organizaciones legisladoras de alimentos comienzan a reconocer los beneficios de los alimentos funcionales en la salud pública; y el gobierno comienza a poner atención en este sector ya que prevé el potencial económico de estos productos como parte de las estrategias de prevención de la salud pública (Annunziata & Vecchio, 2011; Jones & Judio, 2007; Siro et al., 2008).

Los grandes avances tecnológicos, la biotecnología y la investigación científica, son factores que también contribuyeron y hasta el momento lo siguen haciendo en el desarrollo de los alimentos funcionales, ya que gracias a estos avances se ha logrado documentar los beneficios para la salud de estos alimentos.

ESÍ como los consumidores empezaron a ver a los alimentos como parte esencial para prevenir enfermedades, y es a raíz de ello que surge el fenómeno denominado de autocuidado (self-care) que es el principal factor de motivación para comprar alimentos saludables (Sloan, 2000); dicho self-care es el que rige el crecimiento de la industria de los alimentos funcionales. Según los expertos, muchas de las enfermedades crónicas tales como cáncer, obesidad, hipertensión y trastornos cardio-vasculares que afligen a la sociedad de un modo particular, se relacionan de un modo muy estrecho con la dieta alimenticia (Jones, 2002).

En la actualidad, existe una pronunciada preocupación en nuestra sociedad por la posible relación entre el estado de salud personal y la alimentación que se recibe. Incluso se acepta indudablemente que la salud es un bien preferentemente controlable a través de la alimentación, es por ello que en el mercado alimentario existe una destacada preferencia por los alimentos que se anuncian como beneficios para la salud. Diversos estudios científicos han destacado que ciertos ingredientes naturales de los alimentos proporcionan beneficios y resultan extraordinariamente útiles para la prevención de enfermedades e incluso para su tratamiento (Bello, 2002).

### **3.3.2 Confitería Funcional**

#### **3.3.2.1 Situación actual de la confitería**

En la actualidad México es el sexto mercado de confitería más importante en el mundo y el segundo en América Latina, el consumo per cápita de los mexicanos en cuanto a productos confitados es de 4.5 kg. Sin embargo, el consumo de productos confitados es tradicionalmente no recomendado, tanto por su alto contenido de azúcar como por su asociación a problemas nutricionales y de salud. El mayor obstáculo en el consumo de estos productos, es el sobrepeso que se presenta por el consumo excesivo, a raíz de esto desde 1980, la obesidad se ha más que doblado en todo el mundo, en 2014 el 39% de las personas adultas de 18 o más años tenían sobrepeso, y el 13% eran obesas, en 2015,

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

más de 42 millones de niños menores de cinco años tenían sobrepeso (Portía et al., 2004).

Es por ello que las tendencias hacia una alimentación saludable y a la reducción de alimentos de alto valor calórico han generado una oportunidad de mercado, para que las golosinas puedan ser vehículos de vitaminas, minerales y otros nutrientes indispensables. Este sector a nivel mundial busca ser creativo, además de que se ha caracterizado siempre por su gran dinamismo al momento de innovar en sabores, colores y productos que van desde nuevos tipos de texturas nunca antes vistos en la industria de alimentos, hasta productos funcionales con beneficios para la salud, y de esta manera destacar los aspectos positivos de una golosina para que el consumidor siga en la línea de mantener hábitos saludables en cualquier producto que adquiera (Portía et al., 2004).

Según la Asociación Nacional de Tiendas de Autoservicio y Departamentales A. C. de México (ANTAD), el nicho principal de la confitería son los menores de 20 años de edad, que representan el 52% de la población mexicana, de este grupo, el 60% son niños y el 40% son jóvenes, por dicha razón entre el 80 a 90% del mercado de las golosinas está orientado hacia el consumidor infantil (Chacon, 2014).

Sin embargo actualmente, existe un consumo generacional, en el cual se ha destacado que los Millenials tienen una clara preferencia por las golosinas, lo que nos da idea de saber que hay un nicho aún por explorar entre la población joven y adulta, ya que tradicionalmente los productos de confitería han sido elaborados pensando en los gustos de los niños y adolescentes, y no han tenido en cuenta a las personas mayores de 25 años, que cada día demandan más productos como bombones, gomas de mascar sin azúcar y pastillas refrescantes para el aliento, por otro lado los sabores ácidos y amargos quedan relegados a una minoría pero ganan aceptación conforme las personas se han convirtiendo en mayores.

Debido a que existe una amplia gama de compuestos nutrimentales aplicables a la industria de las golosinas, se tiene una buena oportunidad para reformular este tipo de productos, con el fin de obtener productos que promuevan beneficios a la salud de los



consumidores, teniendo en cuenta que es una forma muy agradable de llevar estos al consumo no solo infantil sino a la población en general (Chaudhari, 2010).

A raíz de esta oportunidad de innovación, los productos de confitería, ingresan al grupo de los alimentos funcionales donde las golosinas van más allá de la fortificación con vitaminas y minerales (Abete, 2008). Por ello, la industria alimentaria ha buscado crear dulces más saludables, ya sea con un menor contenido calórico (sustituyendo parte del azúcar por algún edulcorante no calórico), sin azúcar o con algún componente biológicamente activo como vitaminas, minerales, fibra o antioxidantes, o aquellos en los que se utilizan colorantes naturales.

La confitería mexicana se ha caracterizado por contar con un mercado interno fuerte y por ser activa en la exportación de dulces y chicles, segmentos que han presentado un vertiginoso crecimiento y ha logrado que México sea el segundo proveedor de confitería a Estados Unidos. Sin embargo la industria confitera nacional ha resentido los efectos del Impuesto Especial sobre Producción y Servicio (IEPS) con una baja de hasta 5% en sus ventas. Diciendo o creyendo que por el hecho de tener ya un IEPS o de subirlo, el tema de la obesidad se corrige, y lo que nos damos cuenta es que eso es mentira. No nada más por subir el impuesto a un producto de manera proporcional la obesidad baja en un país, sino partir de nuevas estrategias en el procesamiento de dichos productos.

Sn embargo, uno de los retos tecnológico más importante de este sector es el uso de compuestos bioactivos y/o nutricionales que son inestables a las condiciones de procesamiento de estos productos. Es necesario considerar el uso de procesos que además de generar las características físicas deseables para ser atractivas al consumidor tanto infantil, como adulto, mantengan la estabilidad química de los componentes y en consecuencia su biofuncionalidad.

### **3.3.2.2 Tendencias de innovación de la confitería**

Hoy día, el mercado de la confitería es una fuente de innovación, con novedades interesantes en sabores, texturas y aportes para la salud en general. Los reclamos “sin”,

orgánico, natural, comercio justo, sostenible y las etiquetas limpias cada vez son más comunes en la categoría. Porciones más pequeñas, uso de stevia, extra de proteína, la posibilidad que el consumidor personalice su producto y hasta la impresión 3D aparecen como aportes innovadores. A continuación se describirán las principales tendencias en la confitería:

*Colorantes naturales:* el uso de colorantes naturales actualmente ha generado un gran interés, esto en parte debido a la necesidad de aumentar la gama de colores y en parte debido a que por el hecho de ser naturales, son seguros de consumir (Soukuop & Moing, 1977). Ya que hoy en día el uso de colorantes artificiales está estrechamente relacionado con la capacidad de producir reacciones secundarias en personas alérgicas a la aspirina, y sin demasiado fundamento se les acusa de causar alteraciones en el comportamiento y el aprendizaje de los niños.

*Sabores a especias y frutales emergentes:* tanto los sabores frutales más conocidos como algunos emergentes siguen marcando un fuerte crecimiento en los nuevos lanzamientos de confitería. Los cinco sabores emergentes que marcan tendencia son: melón, arándano, lima, coco y grosella negra.

*Textura masticable “chewy”:* la textura también es un punto de innovación para la confitería y en los últimos años el lanzamiento de productos masticables (chewy) han aumentado considerablemente. El uso de esta textura se ha incrementado un 30% entre los años 2012 y 2016.

*Capas de sabor para máxima indulgencia:* mezcla de sabores y texturas. La innovación también busca sorprender el sentido del gusto con la ayuda de capas lo cual produce nuevas sensaciones pues los sabores se mezclan en la boca. Pera con chocolate, chiclets con mezclas de varios sabores y menta en “coulis” cubierta de chocolate negro son algunos ejemplos del mercado.

*Los reclamos saludables en confitería:* el aporte a la salud no deja de ser una búsqueda para el mercado. Llegar al consumidor aportando un beneficio saludable es una categoría

que también crece con fuerza. Es la búsqueda del placer pero con una clara recompensa. Los 5 reclamos más usuales son:

- Salud Oral: los clásicos chicles que ofrecen limpieza y reducción de placa
- Sistema inmune: con ingredientes naturales contra inflamación y fiebre
- Energía y atención: caramelos con alto contenido vitamínico
- Antioxidantes: empleo de coenzima Q10
- Fortificado con vitaminas y minerales: enriquecidos

*Etiqueta limpia:* en el mercado de la confitería el reclamo de la etiqueta limpia ha tenido un importante crecimiento entre 2013 y 2014. En este último año el incremento de productos sin aditivos ni conservantes creció cerca de un 9%, convirtiéndose en un reclamo más usado que natural que alcanzó un 6% y orgánico que alcanzó un 2%. El reclamo orgánico es el que más ha crecido entre 2012 y 2016, seguido por el reclamo natural.

*Confitería libre de alérgenos:* las marcas cada vez toman más en cuenta ese segmento del mercado con necesidades dietéticas específicas ya sea la necesidad de productos por ejemplo: sin gluten, sin lactosa o sin huevo, azúcar natural, añadida o retirada: en confitería los alimentos libres de azúcar son los más frecuentes en contraste con el reclamo “sin azúcar añadido”, sin embargo en los últimos años el tan usado reclamo “sin azúcar” se ha estabilizado y mantenido, pero el reclamo “sin azúcar añadida” ha crecido considerablemente en una comparativa entre los últimos años.

La confitería “reducida en azúcar” es una tendencia que crece cada día más ya que proporciona una satisfacción respecto al consumo de golosinas sin el elevado aporte calórico. Debido a que existe una amplia gama de compuestos nutrimentales aplicables a la industria de las golosinas, se tiene una buena oportunidad para reformular este tipo de productos, con el fin de obtener productos que promuevan beneficios a la salud (Beaver, 2010; Bogue, 2009). El uso de fibras tanto solubles como insolubles ayuda a la disminución del contenido calórico del producto además de ser beneficiosas para la salud.

Las gomitas de gretina es uno de los productos de la confitería de mayor aceptación por la población infantil y joven. Los gelificados son productos de confitería, comúnmente

denominados gomitas, gominolas o jaleas, son elaborados básicamente con sacarosa, jarabes de maíz y agentes de gelificación entre los que destacan la grenetina, los almidones modificados, la pectina, el agar-agar y la goma arábica, la elección de estos dependerá básicamente el costo, la textura final del producto y vida de anaquel (Ramírez y Orozco, 2011).

Los parámetros de calidad mayormente reconocidos en la elaboración de gomitas son la textura y color del producto, los cuales son modificables de acuerdo a los ingredientes y aditivos utilizados. La textura es una función sensorial y constituye un complejo de parámetros relacionados con propiedades reológicas (elasticidad y firmeza). El color es otro atributo de calidad importante en las gomitas, aunque no necesariamente refleja valores nutricionales, de sabor o funcionalidad, determina la aceptabilidad de un producto por parte de los consumidores (Serpil y Gulum, 2009).

### **3.3.4 Regulación y Normatividad de los Alimentos Funcionales**

Con el espectacular aumento que el mercado ha experimentado en la comercialización de alimentos fortificados, se hace cada vez más necesario un marco legislativo que proteja a los consumidores de las atribuciones de propiedades falsas o confusas. Las organizaciones encargadas de legislar en materia de alimentos, deben encontrar soporte científico que avale los beneficios a la salud de los supuestos alimentos funcionales.

En ese sentido, se encuentra encabezado estas organizaciones Japón que ha desarrollado un proceso para la aprobación de alimentos funcionales para permitir que se hagan declaraciones de propiedades saludables. Este proceso se aplica a los productos que se consumen únicamente como alimento. Las afirmaciones aprobadas, parecen ser modestas y se refieren al mantenimiento de la salud en lugar de la prevención o el tratamiento de enfermedades.

Todo ello mediante la legislación “Alimentos para Uso Específico de Salud” (FOSHU) la cual pone en rigor la ley de mejora de la nutrición No. 248, Julio 31 de 1952, enmendada

por la ley No 101 de 24 de 1995 y por la nueva ley de regulación de mejora nutricional según ordenanza ministerial No. 41, de julio de 1991, enmendada por la ordenanza ministerial No.33 de mayo 25 de 1996, establecida por el Ministerio Japonés de Salud y Bienestar (Mazza, 1998).

En Estados Unidos de América, a partir de 1993, se permite que se aleguen propiedades que reducen el riesgo de padecer enfermedades en ciertos alimentos, por medio de la autorización de declaración de beneficio que es regulada y autorizada por FDA (Mazza, 1998) , la cual establece como aprobada siempre que existen evidencias científicas públicamente disponibles que demuestren la validez de la relación descrita en esa declaración, por medio de las modificaciones a la Ley de Etiquetado y Educación Nutricional (NLEA) y la Ley de Suplementos Dietarios, Salud y Educación (DSHEA).

En la comunidad Europea, en la actualidad no existe una legislación armonizada sobre las alegaciones de salud, por lo tanto las cuestiones relativas a dichas alegaciones se resuelven a nivel nacional. La legislación europea relativa al etiquetado prohíbe atribuir a los alimentos propiedades preventivas, terapéuticas o curativas, y la referencia a dichas propiedades, con el fin de tener una unificación del marco regulador en los estados miembros de la Unión Europea (Mazza, 1998). Sin embargo hoy en día en México no existen leyes ni organismos que reglamenten específicamente el uso de estos alimentos

### **3.4 MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.4.1 Materiales**

Se utilizaron las golosinas gelificadas: Control-Pi, G-Pi-AC-3, G-Pi-LIO-3, Control-Pa, G-Pa-AC-2 y G-Pi-LIO-2, producidas como se mencionó en el Capítulo II del presente trabajo.

## **3.4.2 Métodos**

### **3.4.2.1 Análisis de composición nutrimental**

Para determinar la composición nutrimental de las golosinas gelificadas control y las enriquecidas con polvos de subproductos de piña y de papaya (Control-Pi, G-Pi-AC-3, G-Pi-LIO-3, Control-Pa, G-Pa-AC-2 y G-Pi-LIO-2) se siguió lo establecido por la NOM-051-SSA1-2010, para ello se realizó un análisis químico proximal, donde se determinó el contenido de: humedad, azúcares libres, extracto etéreo, proteína, y fibra dietética, dichas determinaciones se realizaron en base a los métodos, técnicas y materiales utilizados en el Capítulo I.

### **3.4.2.2 Análisis de propiedades funcionales**

#### **3.4.2.2.1 Extracción de compuestos bioactivos**

##### **3.4.2.2.1.1 Extracción acuosa-orgánica**

La extracción acuosa-orgánica de los compuestos bioactivos se realizó siguiendo el método establecido por Hassan et al. (2011). En tubos cónicos (Falcon) de 15 mL se pesó 1 g de muestra de las golosinas y se siguió el mismo procedimiento que en el apartado 1.4.2.4, del Capítulo I del presente trabajo.

##### **3.4.2.2.1.2 Extracción fisiológica total *in vitro***

Para realizar las digestiones fisiológicas totales *in vitro* de las golosinas gelificadas, realizó una adaptación a las técnicas de Hollebeeck et al., (2013) y Edwards et al., (2009). Las muestras fueron sucesivamente incubadas con enzimas digestivas para simular el proceso de la digestión en el intestino delgado. Para ello se llevaron a cabo tres fases: salival, duodenal y gástrica.

*Fase salival:* sobre un tubo cónico (Falcon) se pesaron 1.2 g de muestra y se le añadieron 7 mL de agua desionizada, se ajustó el pH a 6.9 con NaOH 0.1M (Vol. final= 9.5 mL). Posteriormente se le añadieron 0.433 mL de  $\alpha$ -amilasa ([ ]=90 U/mL PBS), y se incubo a 37 °C con agitación cte. a 350 rpm por 5 min, transcurrido el tiempo se detuvo la reacción con 250  $\mu$ L HCl 1M (Vol. final= 10.25 mL).

*Fase gástrica:* se ajustó el pH=2 con HCl 1M (Vol. final= 12.9 mL). Posteriormente se añadieron 62.4  $\mu$ L de pepsina ([ ]=5 mg/mL HCl 0.1M), y se incubo a 37 °C con agitación cte. a 350 rpm por 90 min, transcurrido el tiempo de la reacción esta se detuvo con 250  $\mu$ L NaHCO<sub>3</sub> 1M (Vol. final= 13.24 mL).

*Fase duodenal:* se ajustó el pH=7 con NaHCO<sub>3</sub> 1 M (Vol. final= 15 mL). Posteriormente se añadieron 147.2 mg de pancreatina/1 mL agua desionizada y 883.2 mg sales biliares, se incubo a 37 °C con agitación cte. a 350 rpm por 150 min (Vol. final= 16 mL). Posteriormente las muestras se centrifugaron a 5000 rpm a una temperatura de 4 °C por 20 min, para separar las fracciones digestibles. A dichas fracciones se les añadió 1.6 g de colestiramina activada y se colocaron en agitación cte. a 350 rpm por 1 h a temperatura ambiente, transcurrido el tiempo se retira la colestiramina por centrifugación a 5000 rpm por 15 min, los digeridos fueron filtrados gravimétricamente.

#### **3.4.2.2 Determinación de capacidad antioxidante**

Tanto a los extractos obtenidos por extracción acuosa-orgánica, como a los digeridos obtenidos de la extracción fisiológica *in vitro*, se les determinó la actividad antioxidante equivalente a Trolox (TEAC), utilizando dos radicales libres diferentes.

*Método TEAC-DPPH* (Brand-Williams y col., 1995; Fukumoto y Mazza, 2000): sobre un microtubo de 1 mL se tomaron 100  $\mu$ L del extracto y se les agrego 600  $\mu$ L de DPPH 0.13mM, se dejaron reaccionar en total oscuridad por 20 min a temperatura ambiente y la absorbancia se midió a 515 nm frente a un blanco de metanol usando un espectrofotómetro (Cintra-6 GBC).

*Método TEAC-ABTS* (Re et al., 1999): se colocaron 100  $\mu$ L de muestra sobre un microtubo de 1 mL y se le agregó 1.90 mL de solución de trabajo de ABTS, se dejó reaccionar por 20 minutos en oscuridad a temperatura ambiente se midió la absorbancia a 750 nm usando un espectrofotómetro (Cintra-6 GBC). Los valores de TEAC-DPPH y TEAC-ABTS se expresaron como microgramos equivalentes de Trolox (TE) por gramo de muestra seca. Las determinaciones se realizaron por triplicado tanto para la curva patrón como para las diferentes muestras.

#### **3.4.2.2.3 Determinación de compuestos fenólicos solubles totales**

Los compuestos fenólicos solubles totales se determinaron mediante el método espectrofotométrico descrito por Singleton et al. (1999), que emplea el reactivo Folin-Ciocalteu. La curva de calibración se preparó usando ácido gálico como material de referencia. Para el análisis de las muestras se tomó 1 mL de los extractos y se les añadió a cada uno 125  $\mu$ L de reactivo de fenol de Folin-Ciocalteu 2 N, se agitaron y posteriormente se dejaron reaccionar en oscuridad por 6 min, transcurrido el tiempo se les añadió a cada tubo 1.25 mL de carbonato de sodio al 7.5%; se agitaron y se agregaron 625  $\mu$ L de agua destilada a cada tubo, para completar la mezcla final de reacción a 3.0 mL; se agitaron y se dejaron reaccionar en la oscuridad por 90 min evitando agitar los tubos para no perturbar los precipitados. Transcurrido el tiempo de reacción en la oscuridad, se leyó la absorbancia a 757 nm usando un espectrofotómetro (Cintra-6 GBC), se calcularon y reportaron los microgramos de equivalentes de ácido gálico/gramo de muestra seca. Las determinaciones se realizaron por triplicado tanto para la curva patrón como para las diferentes muestras.

#### **3.4.3. Análisis Estadístico**

Todos los resultados se expresaron como media  $\pm$  desviación estándar ( $n=3$ ) y fueron sometidos a un análisis de normalidad y homoscedasticidad. Se utilizó el análisis unidireccional de la varianza (ANOVA); aplicando análisis de Tukey ( $p<0.05$ ) para medias



con diferencias significativas. Los datos se analizaron utilizando el paquete estadístico InfoStat para Windows.

### **3.5 RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **3.5.1 Análisis de Composición Nutricional**

Se logró determinar el contenido calórico por 100 g de las GG producidas, de acuerdo con lo establecido por la NOM-051-SSA1-2010. En la Tabla 3.1, se observa que las golosinas gelificadas sustituidas tienen menor contenido energético en comparación con las golosinas control, así como un buen aporte de fibra. La FDA (2013), estableció que para que un alimento sea una "alta fuente de fibra", "buena fuente de fibra" o "fuente de fibra" debe contener un 20%, 10-19% o más de 7%, respectivamente del valor diario recomendado de fibra equivalente a 25 g.

De esta manera; se logró determinar que al sustituir un 5% de sacarosa por los polvos de cáscaras de piña, se pueden producir golosinas gelificadas de piña clasificadas como una "buena fuente de fibra", ya que a esta concentración de los polvos se obtiene un aporte aproximado 3 g de fibra equivalente a un 12% de la dosis diaria recomendada de fibra, y con este aporte se logró reducir el contenido calórico de las golosinas gelificadas en un 10.3%.

En las golosinas papaya, se logró determinar que al sustituir un 6% de sacarosa por los polvos de cáscaras de papaya, se pueden producir golosinas gelificadas de papaya clasificadas como una "fuente de fibra", ya que a esta concentración de los polvos se obtiene un aporte 2 g de fibra equivalente a un 8% de la dosis diaria recomendada de fibra, y con este aporte se logró reducir el contenido calórico de las golosinas gelificadas en un 8.4%.

Además de ser golosinas libres colorantes y saborizantes artificiales, los que están ligados hoy en día a problemas de la conducta como déficit de la atención en niños (Nambiar et al., 2018; Silva et al., 2007). De esta manera con la adición de los polvos sobre las golosinas gelificadas no solo se logra disminuir el contenido energético y añadir

**Tabla 3. 1.** Información nutrimental en 100 g de golosinas gelificadas producidas

Parámetro	Control-Pi	G-Pi-AC-3	G-Pi-LIO-3	Control-Pa	G-Pa-AC-2	G-Pa-LIO-2
<b>Contenido energético (kcal)</b>	370	332	332	370	339	339
<b>Proteínas (g)</b>	6	6	6	6	7	7
<b>Grasas totales (g)</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Carbohidratos disponibles (g)</b>	83	75	75	83	76	76
Azúcares (g)	70	50	49	70	65	66
Fibra dietaria (g)	0	3	3	0	2	2
<b>Sodio (mg)</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Antioxidantes</b>						

**Tabla 3. 2.** Análisis de compuestos bioactivos totales en golosinas gelificadas(extracción orgánica-acuosa)

Muestra	DPPH	ABTS	Fenoles Solubles
	( $\mu\text{g ETrolox}/100\text{ g}$ )	( $\mu\text{g ETrolox}/100\text{ g}$ )	( $\mu\text{g EAG}/100\text{ g}$ )
<b>Control-Pi</b>	41.00 $\pm$ 0.1 <sup>a</sup>	10.10 $\pm$ 0.14 <sup>ab</sup>	105.90 $\pm$ 0.01 <sup>a</sup>
<b>G-Pi-AC-3</b>	322.20 $\pm$ 22.9 <sup>b</sup>	15.23 $\pm$ 0.34 <sup>a</sup>	279.61 $\pm$ 7.20 <sup>b</sup>
<b>G-Pi-LIO-3</b>	372.50 $\pm$ 54.3 <sup>b</sup>	21.12 $\pm$ 0.03 <sup>c</sup>	286.95 $\pm$ 1.00 <sup>b</sup>
<b>AVONA</b>	0.0001	0.0001	0.0001
<b>Control-Pa</b>	43.00 $\pm$ 1.20 <sup>a</sup>	10.18 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	102.07 $\pm$ 4.40 <sup>a</sup>
<b>G-Pa-AC-2</b>	315.90 $\pm$ 1.49 <sup>b</sup>	16.21 $\pm$ 0.02 <sup>b</sup>	396.52 $\pm$ 2.00 <sup>b</sup>
<b>G-Pa-LIO-2</b>	386.40 $\pm$ 3.26 <sup>b</sup>	17.87 $\pm$ 0.04 <sup>b</sup>	492.75 $\pm$ 4.20 <sup>c</sup>
<b>AVONA</b>	0.0001	0.0001	0.0001

Medias de las tres mediciones por triplicado  $\pm$  SD.

<sup>a-b</sup>Literales diferentes por columna en cada tipo de fruta presentan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), prueba de Tukey.

fibra tanto soluble como insoluble, sino que hay un total desplazamiento de aditivos artificiales que pueden generar problemas de salud.

### 3.5.2 Análisis de Compuestos Bioactivos Totales y Bioaccesibles *in vitro*

En la Tabla 3.2, se muestra la capacidad antioxidante asociada a las golosinas elaboradas con polvos de cáscaras de piña y de papaya con un tamaño de partícula menor a 250 µm, determinada en los sobrenadantes resultantes de la extracción acuoso-orgánica, por los métodos DPPH y ABTS, así como el contenido de compuestos fenólicos solubles totales determinados. Donde, se puede observar que existen diferencias significativas, entre las muestras, presentando una mayor capacidad antioxidante por ambos métodos (DPPH y ABTS) y contenido de compuestos fenólicos las golosinas gelificadas elaboradas con los polvos de cáscaras de piña y de papaya, esto en comparación con las muestras control que presentaron valores muy bajos.

**Tabla 3. 3.** Análisis de compuestos bioaccesibles *in vitro* en golosinas gelificadas

Muestra	DPPH (µg ETrolox/100 g)	ABTS (µg ETrolox/100 g)	Fenoles Solubles (µgEAG/100 g)
Control-Pi	288.33 ± 11.50 <sup>a</sup>	19.19 ± 1.74 <sup>ab</sup>	157.87 ± 20.48 <sup>a</sup>
G-Pi-AC-3	635.98 ± 11.40 <sup>b</sup>	22.4 ± 0.65 <sup>b</sup>	394.33 ± 30.34 <sup>b</sup>
G-Pi-LIO-3	699.66 ± 11.80 <sup>c</sup>	30.21 ± 0.87 <sup>c</sup>	465.76 ± 15.51 <sup>c</sup>
<b>AVONA</b>	<i>0.0001</i>	<i>0.0001</i>	<i>0.0001</i>
Control-Pa	285.38 ± 11.60 <sup>ab</sup>	19.21 ± 1.72 <sup>a</sup>	153.85 ± 23.70 <sup>a</sup>
G-Pa-AC-2	784.81 ± 20.10 <sup>b</sup>	34.26 ± 0.91 <sup>b</sup>	513.43 ± 10.71 <sup>b</sup>
G-Pa-LIO-2	849.93 ± 64.40 <sup>b</sup>	36.35 ± 1.41 <sup>b</sup>	587.54 ± 23.51 <sup>c</sup>
<b>AVONA</b>	<i>0.0001</i>	<i>0.0089</i>	<i>0.0001</i>

Medias de las tres mediciones por triplicado ± SD.

<sup>a-b</sup> Literales diferentes por columna en cada tipo de fruta presentan diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), prueba de Tukey.

TESIS TESIS TESIS TESIS TESIS

Sin embargo, en la Tabla 3. 3 aparecen los valores de la capacidad antioxidante (métodos DPPH y ABTS) y de los compuestos fenólicos solubles totales determinados en los sobrenadantes de las digestiones *in vitro*, mejor conocido como compuestos bioaccesibles *in vitro*. Donde, claramente se puede observar que el comportamiento es el mismo que en la extracción orgánico-acuosa, presentando mayor capacidad antioxidante y contenido de compuestos fenólicos solubles las golosinas que fueron elaboradas con los polvos de ambas frutas, en este sentido las diferencias también se pueden observar entre los tratamientos, presentando valores más altos las golosinas elaboradas con polvos liofilizados.

De los resultados obtenidos y mencionados anteriormente, es importante resaltar que si se comparan los valores de DPPH, ABTS y de los compuestos fenólicos en la extracción acuoso-orgánica y la extracción con enzimas digestivas, se puede observar que la capacidad antioxidante de las golosinas gelificadas es mayor en la extracción con enzimas digestivas que cuando se someten a una extracción acuoso-orgánica.

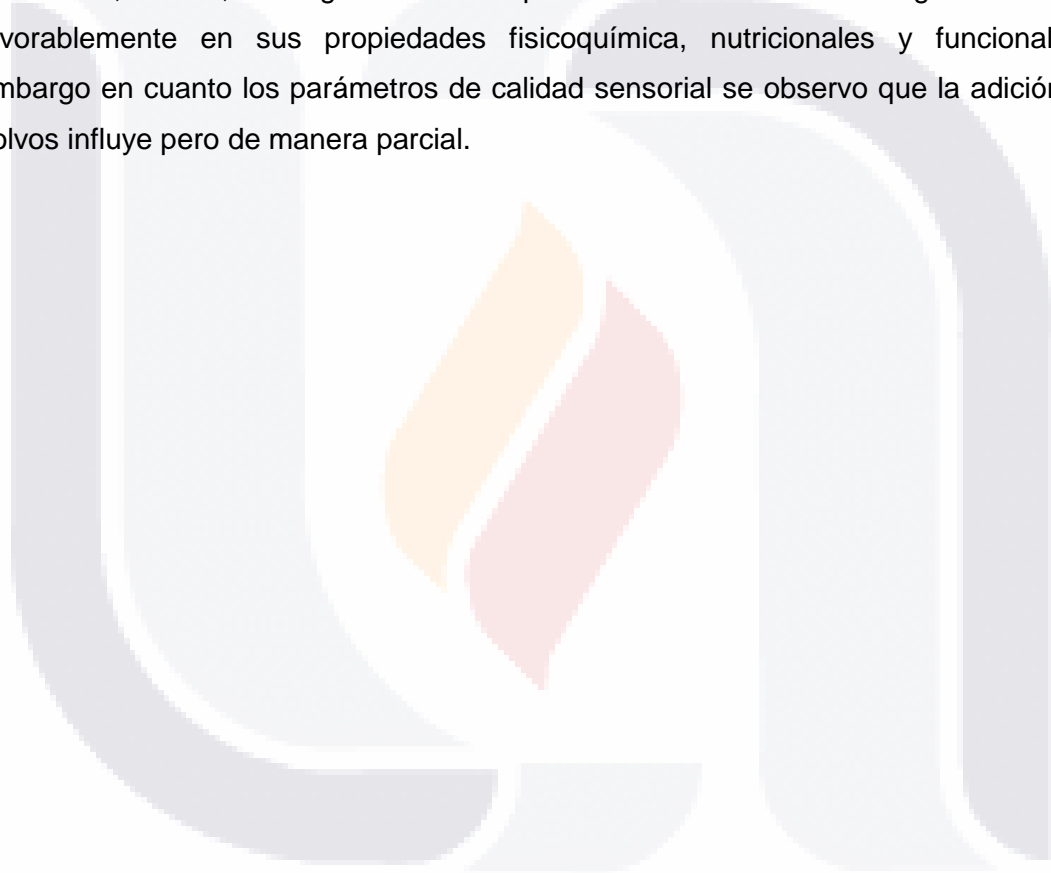
En este sentido, es interesante destacar cómo las extracciones químicas habitualmente efectuadas pueden llevar a una subestimación de la capacidad antioxidante (Serrano, Goñi & Saura-Calixto, 2007). Igualmente, otro trabajo efectuó un tratamiento enzimático en distintos cereales, observando también una mayor liberación de compuestos polifenólicos y, por tanto, de capacidad antioxidante (Napolitano et al., 2006)

### **3.6 CONCLUSIONES**

Es posible el enriquecimiento de las golosinas gelificadas con polvos de cáscaras de piña y papaya, los cuales aportan propiedades funcionales y contribuyen a la reducción calórica de las golosinas, de igual manera es importante resaltar que el uso de los polvos permitió añadir fibra a las mismas, así como eliminar el uso de colorantes y saborizantes artificiales. En cuanto a la actividad antioxidante y contenido de compuestos fenolicos de las golosinas gelificadas, se logro observar que el método de extracción que utilizado interfiere de manera importante en estos valores, ya que se podría estar subestimando la verdadera capacidad antioxidante del alimento.

## CONCLUSIONES GENERALES

De manera general se logro determinar que los procesos de deshidratación y los tamaños de partícula en la producción de polvos de cáscaras de piña y papaya si interfieren en sus propiedades bromatológicas, fisicoquímicas y en el contenido de los compuestos bioactivos. De igual manera se logro incluir dichos polvos en la producción de golosinas gelificadas, donde, se logro observar que dicha inclusión como ingredientes influye favorablemente en sus propiedades fisicoquímica, nutricionales y funcionales, sin embargo en cuanto los parámetros de calidad sensorial se observo que la adición de los polvos influye pero de manera parcial.



## REFERENCIAS

- A.O.A.C. (1984). Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. 14a Ed. Washington DC
- AACC. (1984). Método (08-01.01). Approved Methods of Analysis. 11a Ed. Washington DC.
- Abete, E. (2008). "El mercado de la confitería en México" Oficina Económica y Comercial de la Embajada de España en México, Instituto Español de Comercio Exterior (ICEX) 15-25. Recuperado de: <https://correo.uat.edu.mx/owa/reditaspx?C=57ifd8e96boo42d29ab24f2e91df9ffo&URL=http%030021102fwwwicex.esTo2ficex%02fcmacY02fcontentTypes%2fcommon%02frecord002fmostrarDocument%02f%03fdoc%03d4259978>. Fecha de consulta: abril de 2017
- Abraham, E. R., Ramachandran, S., & Ramalingam, V. (2007). Biogas: Can it be an important source of energy?. *Env. Sci. Pollut. Res*, **14** (1): 67-71.
- Ajila, C., Aalami, M., Leelavathi, K., & Rao U. (2010). Mango peel powder: A potential source of antioxidant and dietary fiber in macaroni preparations. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **11**(1): 219-224
- Annunziata, A., & Vicchio, R. (2011). Functional foods development in the European market: A consumer perspective. *Functional Foods*, **3**(3): 223-228
- Arias, C. J., & Toledo, J. (2000). Manuel de manejo postcosecha de frutas tropicales (papaya, paña, plátano, cítricos). Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Recuperado de: <http://www.fao.org/3/a-ac304s.pdf>
- Ayala, A., Serna, C., & Mosquera, E. (2010). Liofilización de pitahaya amarilla (*Selenicereusmegalanthus*). *Revista de la Facultad de química Farmacéutica*, **17**, 121–127.
- Beaver, M. (2010). "Confectionery for healthylifestyles". Confectionay, Cereal 8 (Snack Division, Baker Perkins Ltd, 6 Pp. [En línea]. Recuperado de: <http://www.bakerperkinsadvantage.com/processexpo/whiteT2opaper170205%02oSF X 3.pdf>. Fecha de consulta: marzo 2017.

- Bello, J. (2000). Alimentos con propiedades saludables especiales. En Alimentos composición y propiedades. Ed. Mc.Graw-Hill.
- Benerjee, J., Singh, R., Vijayaraghavan, R., MacFarlane, D., Patti, A. F., & Arora, A. (2017). Bioactives from fruit processing wastes: Green approaches to valuable chemicals. *Food Chemistry*, **225**, 10–22. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.12.093>
- Berk, Seki. (2013). Capítulo 23: liofilización (liofilización) y concentración de congelación *Ingeniería y Tecnología de Procesos de Alimentos*, **2**, 567-581
- Bitange, N.T., Zhang, W., Shi, Y.X., & Wenbin, Z. (2008). Therapeutic application of pineapple protease (bromelain). *Pakistan J. Nutr*, **7**, 513–520
- Bogue, J., Sorenson, D., y O'Keefe, M. (2009). "Cross-category innovativeness as a source of new products ideas. Consumer perceptions of over-the counter pharmaceutical beverages". *Food Quality and Preference*, **20**(5), 363-371.
- Botelho, L., Conceição, Da A.; y Carvalho, De V. (2002). Caracterização de fibras alimentares da casca e Cilindro central do abacaxi 'smooth cayenne. *Ciênc. Agrotec*, **26**, 362-367.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., y Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, **28**(1), 25-30.
- Brown, A. C. (2015). Understanding food principles and preparation (5th ed.). Stamford: Cengage Learning.
- Calixto F. (2010a). Dietary Fiber as a Carrier of Dietary Antioxidants: An Essential Physiological Function. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **59**(1), 43-49.
- Cano, M., Stringheta, P., Ramos, A., Cal, J. (2005). Effect of the carriers on the microstructure of mango powder obtained by spray drying and its functional characterization. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **6**(4), 420–428.
- Cappa, C., Lavelli, V., y Mariotti, M. (2015). Fruit candies enriched with grape skin powders: physicochemical properties. *LWT - Food Science and Technology*, **62**, 569-575
- Cardona, M. & Rios L. A. (2006). Extracción del carotenoide Licopeno del tomate Chonto (*Lycopersicum esculentum*), **5**, 1-4.
- Cattell, R. B. (1966). The Scree test for the number of factors. *Multivariate Behavioral Research*, **1**, 245–276.

- Ceballos, A., Giraldo, G. & Orrego, C. (2012). Effect of freezing rate on quality parameters of freeze dried soursop fruit pulp. *Journal of Food Engineering*, **111** (2), 360–365
- Cerdas, M. & Montero, M. (2005). Guías técnicas del manejo poscosecha para el mercado fresco Piña (Ananas comosus). *Ministerio de Agricultura y Ganadería. Costa Rica*: 5-15.
- Chacon, L. (2014). México de los países más dulces del mundo. Sitio web “Manufactura, información estratégica para la industria” [En línea]. Recuperado de: <http://www.manufactura.mx/industria/2014/08/15/mexico-de-los-paises-mas-dulces-del-mundo>. Fecha de consulta: Abril de 2017.
- Chaparro A., S. A., Gil G., J. H., Aristizábal T., I. D. (2011). Effect of hydration and baking on the physical and functional properties of vitabosa flour (*McunaDeeringiana*) vitae. *Revista de la Facultad de Química*, **18** (2), 133-143.
- Chaudhari, R (2010). "Golosinas Funcionales: Satisfacción Saludable para los Golosos", en *Mundo Alimentario*, Mayo/Junio. [En línea]. Disponible en: [http://www.alimentariaonline.com/media/mao36\\_golo.pdf](http://www.alimentariaonline.com/media/mao36_golo.pdf). Fecha de consulta: abril de 2017.
- Conde Hernandez, L. A. & Gerrero Beltran J. A. (2009). Extracción supercrítica de antioxidantes naturales a partir de hierbas y especias. *Temas selectos de Ingeniería de alimentos*, **3**(1), 96-110
- Corral-Aguayo, D. R., Yahia, M. E., Carrillo-Lopez, A., & Gonzalez-Aguilar, G. (2008). Correlation between some nutritional components and the total antioxidant capacity measured with six different assays in eight horticultural crops. *JournalAgricultural of Food Chemistry*, **56**, 10498–10504.
- Correia, R. T. P., McCue, P., Magalhães, M. M. A., Macêdo, G. R., & Shetty, K. (2004). Production of phenolic antioxidants by the solid-state bioconversion of pineapple waste mixed with soy flour using *Rhizopus oligosporus*. *Process Biochemistry*, **39**(12), 2167–2172. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2003.11.034>
- Costa, R. G., Correia, M. X. C., Silva, J. H. V. da, Medeiros, A. N. de, Carvalho, F. F. R. de. (2007). Effect of different levels of dehydrated pineapple by-products on intake, digestibility and performance of growing goats. *Small Rumin. Res.*, **71** (1-3), 138-143
- Cuq, B., Gaiani, C., Turchiuli, C., Galet, L., Scher, L., Jeantet, R., Mandato, S., Petit, J., Murrieta, I., Barkouti, A., Schuck, P., Rondet, E., Delalone, M., Dumoulin, G.



- Delaplace, G., Ruiz, T. (2013). Chapter Two – Advances in Food Powder Agglomeration Engineering. *Advances in Food and Nutrition Research*, **69**, 41–103.
- Cuq, B., Rondet, E. & Abecassis, J. (2011). Food powders engineering, between knowhow and science: Constraints, stakes and opportunities. *Powder Technology*, **208**(2), 244–251.
- Dhanasekaran, D., Lawanya, S., Saha, S.N., Thajuddin, & Panneerselvam. A. (2011). Production of single cell protein from pineapple waste using yeast. *Innovat. Rom. Food Biotechnol*, **8**, 26-32.
- Di Criscio, T., Fratianni, A., Mignogna, R., Cinquanta, L., Coppola, R., Díaz-Rubio M.E., Pérez-Jiménez, & Saura-Calixto, F. (2008). Dietary fiber and antioxidant capacity in *Fucusvesiculosus* products. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, **60**(S2): 23-34
- Dina, A., Nassima, C., Meriem, B., Karima, A., Hakima, L., & Hania, B. (2009). Antioxidant capacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chemistry*, **112**, 303–309.
- Dominguez, P., Sinistera, J. B., Tsai, S. W., & Alcantara, A. R. (2006). Carica papaya lipasa (CPL), un biocatalizador emergente y versátil. *Biotechnol. Adv.*, **24**(5), 493-499
- Edwards, A. D., & Slater, N. K. H. (2009). Protection of live bacteria from bile acid toxicity using bile acid adsorbing resins. *Vaccine*, **27**(29), 3897–3903. <https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2009.04.006>
- Edwards, W. P. (2001). La ciencia de las golosinas, Zaragoza, España. Acribia: 22-35.
- Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011). Dietary fibre and fibre-rich byproducts of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chem.*, **124**, 411–421.
- Escudero, E., & González, P. (2009). La fibra dietética. *Nutr. Hosp*, **21** (Supl. 2): 61-72.
- Falade, K., Semon, M., Fadaïro, O., Oladunjoye, A., & Orou, K. (2014). Functional and physico-chemical properties of flours and starches of African rice cultivars. *Food Hydrocolloids*, **39**, 41–50.
- Faulks, R.M., Southon, S. (2005). Desafíos para comprender y medir la biodisponibilidad de los carotenoides. *BBA-Mol BasisDis.*, **1740**(2), 95-100.
- Fennema, O. (1993). Química de los alimentos. Acribia, Zaragoza, España: 1092.

- Figuroa, F., Hurtado, M. L., Estévez, A. M., Chiffelle I., y Asenjo, F. (2005). Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment. *Food Chemistry*, **91**(3): 395-401
- Fukumoto, L.R., & Mazza, G. (2000). Assessing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **48**, 3597-3604.
- Gabriel, K. R. (1971). The biplot graphic display of matrices with application to principal component analysis. *Biometrika*, **58**, 453–467.
- García, O. E., Infante, R. B., & Rivera, C. J. (2008). Hacia una definición de fibra alimentaria. *Canales Venezolanos de Nutrición*, **21**(1), 25-30. Recuperado el 27 de marzo de 2017 en: [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S079807522008000100005&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S079807522008000100005&lng=es&tlng=es).
- Gelatin Manufacturers Institute of America (2013). Standard testing methods for edible gelatin [Internet document]. [http://www.gelatin-gmia.com/images/GMIA\\_Official\\_Methods\\_of\\_Gelatin\\_Revised\\_2013.pdf](http://www.gelatin-gmia.com/images/GMIA_Official_Methods_of_Gelatin_Revised_2013.pdf). Accessed 14/03/2018
- Gharras, H. (2009). Polyphenols: Food sources, properties and applications. A review. *International Journal of Food Science & Technology*, **44**(12), 251-518.
- Giraldo G. Germán A (2006). El efecto del tratamiento de impregnación a vacío en la respiración de frutas (manzana, fresa, melocotón y sandía) mínimamente procesadas. *Vitae*, **13**(2), 21-25.
- Giraldo, G.; Talens, P.; uChiralt A. (2004). Equilibrio osmótico del mango (*Mangifera indica*) en la deshidratación. *Vitae*; **11**(2):18-8
- GMIA. (2012). In G. M. I. O. America (Ed.), *Gelatin handbook*
- Godfray, Beddington, Crute I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., & Toulmin, C. (2010). Seguridad alimentaria: el desafío de alimentar a 9 mil millones de personas. *Science*, **327**(5967), 812-818.
- Hajar, N., Zainal, S., Nadzirah, K. Z., Roha, S., Atikah, O., & Elida, T. (2012). Physicochemical Properties Analysis of Three Indexes Pineapple (*Ananas Comosus*) Peel Extract Variety N36. *APCBEE Procedia*, **4**(4), 115–121. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2012.11.020>

- Hanlin, R.L., Hrmova, M., Harbertson, J.F., & Downey, M. O. (2010). Condensed tannins and grape cell wall interactions and their impact on tannins extractability into wine. *American Journal Grape Wine Res.*, **16**, 173-188.
- Hassan, F., Ismail, A., Hamid, A., & Al, S. (2011). Characterisation of fibre-rich powder and antioxidant capacity of Mangiferapajang K. fruit peels. *Food Chemistry*, **126** (1), 283–288.
- Herrera, E., Jimenez, R., Aruoma, O. I., Hercberg, S., Sanchez-Garcia, I., & Fraga, C. (2009). Aspects of antioxidant foods and supplements in health and disease. *Nutrition Rev.* 67, S140-S144.
- Horszwald, A., Julien, H., & Andlauer, W. (2013). Characterization of Aronia powders obtained by different drying processes. *Food Chem.*, **141**, 2858-2863
- Huang, Y. L., Tsai, Y. H., & Chow, C. J. (2014). Water-insoluble fiber-rich fraction from pineapple peel improves intestinal function in hamsters: evidence from cecal and fecal indicators. *Nutrition Research*, **34**, 346–354. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2014.03.001>
- Imandi, S. B., Bandaru, V. V. R., Somalanka, S. R., Bandaru, S. R., & Garapati, H. R. (2008). Application of statistical experimental designs for the optimization of medium constituents for the production of citric acid from pineapple waste. *Bioresource Technology*, **99**(10), 4445–4450. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.08.071>
- Isik, U., Boyacioglu, D., Capanoglu, E., & NiluferErdil, D. (2011). Frozen yogurt with added inulin and isomalt. *J. Dairy Sci.*, 94, 1647–1656.
- ISO 4121 (2003). Sensory analysis. Guidelines for the use of quantitative response scales. International Organization for Standardization.
- ISO 4121 (2003). Sensory analysis. Guidelines for the use of quantitative response scales. International Organization for Standardization.
- ISO 5492 (2008). Sensory analysis. Vocabulary. International Organization for Standardization.
- Jackson, P., Romo, M., Castillo, M., & Castillo-Durán, C. (2004). Las golosinas en la alimentación infantil. Análisis antropológico nutricional. *Revista Médica de Chile*, **132**, 1235–1242. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0034-98872004001000012>

- Jiménez-Escrig, A., Rincón, M.; Pulido, R., & Saura-Calixto, F. (2001). Guava fruit (*Psidium guajava* L.) as a new source of antioxidant dietary fiber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **49**(11), 5489-5493.
- Jitpukdeebodintra, S., & Jangwang, A. (2009). Instant noodles with pectin for weight reduction. *J. Food Agric. Environ.*, **7**, 126–129
- Jolliffe, I. T. (2002). *Principal component analysis* (2nd ed.). New York: Springer-Verlag.
- Jones, P.J. (2002). Clinical nutrition: 7 Functional foods more than just nutrition. *Can. Med. Assoc. J.*, **166** (12), 1555.
- Jones, P.J., & Jew, S. (2007). Functional food development: Concept to reality. *Trends in Food Science and Technology*, **18**, 387-390.
- Juliá, M. (2017). Caracterización de polvos deshidratados obtenidos a partir de bagazo de arándano y valoración de su utilización como ingrediente funcional. Universitario en Ciencia Y Tecnología de los Alimentos. Trabajo fin de Máster. 1-21.
- Ketnawa, S., Chaiwut, P., & Rawdkuen, S. (2012). Pineapple wastes: A potential source for bromelain extraction. *Food and Bioproducts Processing*, **90**(3), 385–391. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fbp.2011.12.006>
- Ketnawa, S., & Rawdkuen, S. (2011). Application of bromelain extract for muscle foods tenderization. *Food Nutri. Sci.*, **2**, 393–401.
- Khan, J.A., Yadav, J., Srivastava, Y., & Pal, P.K. (2012). La evaluación in vitro de propiedades antimicrobianas de Carica papaya. *Int.J. Biol.Pharm.Allied Sci.*, **1** (7), 933-945
- Kim, K. W., Lee, B. H., Kim, H. J., Siroth, K., & Dorgan, J. R. (2011). Thermal and mechanical properties of cassava and pineapple flours-filled PLA bio-composites. *J. Therm. Anal. Calorim.*, **108**, 1131-1139
- Koubala, B. B., Christiaens, S., Kansci, G., Van Loey, A. M., & Hendrickx, M. E. (2014). Isolation and structural characterisation of papaya peel pectin. *Food Research International*, **55**, 215–221. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.11.009>
- Lako, J., Trenerry, V.C., Wahlqvist, M., Wattanapenpaiboon, N., Sotheeswaran S., y Premier, R. (2007). Phytochemical flavonols, carotenoids and the antioxidant properties of a wide selection of fijian fruit, vegetables and other readily available foods. *Food Chem.*, **101**(4): 1727–1741.

- Larrauri, J.A., Rupérez, P., & Saura-Calixto, F. (1997). Pineapple shell as a source of dietary fiber with associated polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **45**(10), 4028–4031.
- Legall, J.R., Dicoyskiy, L.E., & Valenzuela, Z.I. (2017). Manual básico de lombricultura para condiciones tropicales. Escuela de Agricultura y Ganadería de Estela "Francisco Luis Espinoza". Nicaragua. Recuperado de: <http://usuarios.rnet.com.ar/mmorra/libro2.htm>. Consulta: Marzo 2017.
- Levigne, M.S., Thomas, M.C., Quemener, B., & Thibault J-F. (2002). Determination of the degrees of methylation and acetylation of pectins using a C18 column and internal standards. *Food Hydrocolloids*, **16**, 547–550
- Maisarah, A., Nurul Amira, B., Asmah, R., & Fauziah, O. (2013). Antioxidant analysis of different parts of *Carica papaya*. *Int Food Res J*, **20** (3), 1043-1048.
- Marteau P. (2001). Prebiotic and probiotic for gastrointestinal health. *Clin Nutr*, **20** (1), 99-106.
- Martínez, R., Torres, P., Meneses, M. A., Figueroa, J. G., Pérez-Álvarez, J. A., & Viuda-Martos, M. (2012). Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food Chemistry*, **135**, 1520–1526. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.05.057>
- Mateu de Antonio, X. (2004) La fibra en la alimentación. Farmacia Hospitalaria. Edikamed, 3.
- Mazza, G. (1998). Alimentos funcionales: Aspectos bioquímicos y de procesamiento, ed. Lancaster, Pensilvania: Technomic Publishing Co., Inc., 437.
- Menrad, K. (2003). Market and marketing of functional food in Europe. *Journal of Food Engineering*, **56**, 181-188.
- Mokochinski, J. B., Bataglion, G. A., & Kiyota, E. (2015). A simple protocol to determine lignin S/G ratio in plants by UHPLC-MS. *Anal. Bioanal. Chem.*, **407**, 7221-7227.
- Mollet, B., & Rowland, I. (2002). Alimentos funcionales: en la frontera entre la alimentación y la industria farmacéutica. *Current Opinion in Biotechnology*, **13**(5), 483-485. DOI: 10.1016 / S0958-1669 (02) 00375-0
- Montero Calderón, M., Rojas Graü, M. A., & Martín Belloso, O. (2010). Aroma profile and volatiles odor activity along gold cultivar pineapple flesh. *Journal of Food Science*, **75**(5): 506-512.

- Moo-Huchin, V. M., Moo-Huchin, M. I., Estrada-León, R. J., Cuevas-Glory, L., Estrada-Mota, I. A., Ortiz-Vázquez, E., & Sauri-Duch, E. (2015). Antioxidant compounds, antioxidant activity and phenolic content in peel from three tropical fruits from Yucatan, Mexico. *Food Chemistry*, **166**, 17–22. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.05.127>
- Morais, D. R., Rotta, E. M, Sargi, S. C., Schmidt, E. M., Guntendorfer, E., Eberlin, M. N., Sawaya, A., Visentainer, J. V. (2015). Antioxidant activity, phenolics and UPLC–ESI(–)–MS of extracts from different tropical fruits parts and processed peels. *Food Research International*, **77**, 392–399. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2015.08.036>
- Nambiar, A. P., Sanyal, M., & Shrivastav, P. S. (2018). Simultaneous densitometric determination of eight food colors and four sweeteners in candies, jellies, beverages and pharmaceuticals by normal-phase high performance thin-layer chromatography using a single elution protocol. *Journal of Chromatography A*, **1572**, 152–161. <https://doi.org/10.1016/J.CHROMA.2018.08.05>
- Napolitano, A., Lanzuise, S., Ruocco, M., Arlotti, G., Rainieri, R., HalvorKnutsen, S., Lorito, M., & Fogliano, V. (2006). Treatment of cereal products with a tailored preparation of Trichoderma enzymes increases the amount of soluble dietary fiber. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, **54**, 7683-7689.
- Nieto Calvache, J., Cueto, M., Farroni, A., de Escalada Pla, M., & Gerschenson, L. N. (2016). Antioxidant characterization of new dietary fiber concentrates from papaya pulp and peel (*Carica papaya* L.). *Journal of Functional Foods*, **27**, 319–328. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2016.09.012>
- Nora, C., Müller, C., Bona, G., Rios, A., Hertz, P., Jablonski, A., Jong, E., Flôres, S. (2014) Effect of processing on the stability of bioactive compounds from red guava (*Psidium cattleianum* Sabine) and guabiju (*Myrcianthes pungens*). *Journal of Food Composition and Analysis*, **34**, 18–25.
- O’Shea, N., Arendt, E., & Gallagher, E. (2012). Dietary fibre and phytochemical characteristics of fruit and vegetable by-products and their recent applications as novel ingredients in food products. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, **16**, 1–10.

- Omojasola, P., Folakemi, J., Omowumi, P., & Ibiyemi, S.A. (2008). Cellulase production by some fungi cultured on pineapple waste. *Nat. Sci.*, **6**, 64–81.
- Ordoñez-Santos, L.E., Hurtado-Aguilar, P., Ríos-Solarte, O. D., Arias-Jaramillo, M. E. (2014). Concentración de carotenoides totales en residuos de frutas tropicales. *Producción + Limpia*, **9**(1), 91-98
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Ministerio de Energía, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, Global Environment (2011). Manual de Biogas.
- Ortega, E. (2008) Bulk Properties of Food Particulate Materials: An Appraisal of their Characterisation and Relevance in Processing. *Food Bioprocess Technology*, **2**, 28–44.
- Pacheco, E., Pérez, R., & Schnell, M. (2004). Evaluación nutricional y sensorial de polvos para bebidas a base de papaya, plátano verde y salvado de arroz. Índice glucémico. *Interciencia*, **29**(1), 46-51.
- Parada, J., & Aguilera, J.M. (2007). La microestructura de los alimentos afecta la biodisponibilidad de varios nutrientes. *J Food Sci.*, **72**(2), 21-32.
- Patidar, M. K., Nighojkar, S., Kumar, A., & Nighojkar, A. (2016). Papaya peel valorization for production of acidic pectin methylesterase by *Aspergillus tubingensis* and its application for fruit juice clarification. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, **6**, 58–67. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2016.02.008>
- Paull, R., Duarte, Odilo, & C.A.B. International. (2011). Tropical fruits (2nd ed., Crop production science in horticulture. Wallingford, UK ; Cambridge, MA: CABI.
- Peters, T. (2003). Optimización del aprovechamiento energético de biogás de vertederos. *Rev. Téc. Residuos*, **13** (70): 34-37.
- Porrini, M., & Riso, P. (2008). Factores que influyen en la biodisponibilidad de los antioxidantes en los alimentos: una evaluación crítica. *Nutr MetabCardiovas*, **18**(10), 647-650.
- Portía, J., Romo, M., & Castillo A. (2004). “Las golosinas en la alimentación infantil. Análisis antropológico nutricional”. *Revista Médica de Chile*, **132**, 1235-1242.
- Pratiwi-Masli, M. A., Rasco, B. A., & Ganjya, G. M. (2018). Composition and Physicochemical Characterization of Fiber-Rich Food Processing Byproducts. *Journal of Food Science*, **0**, 1-11. DOI: 10.1111/1750-3841.140

- Quek, S. Y., Chok, N. K., & Swedlund, P. (2007). The physicochemical properties of spray-dried watermelon powders. *Science direct. Chemical Engineering and Processing*, **46**: 386-392.
- Quirós-Sauceda, A. E., Palafox, H., Robles-Sánchez, R. M. & González-Aguilar, G. (2012). Interacción de compuestos fenólicos y fibra dietaria: capacidad antioxidante y biodisponibilidad. *Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud*, **8**(3), 3-11
- Ramírez, A., & Pacheco, E. (2011). Composición química y compuestos bioactivos presentes en pulpas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, **36** (1), 71-75
- Ramírez, M., & Orozco, N. (2014). Confitería: De lo artesanal a la tecnología. México, Editorial Universidad Autónoma de Aguascalientes: 60-93,106-109, 174-205.
- Ramsaroop, R. E. S., & Saulo, A. A. (2007). Comparative consumer and physicochemical analysis of del monte hawai'i gold and Smooth Cayenne pineapple cultivars. *Journal of Food Quality, Trumbull*, **30**, 135–159.
- Rani, D. S., & Nand, K. (2004). Ensilage of pineapple processing waste for methane generation. *Waste Management*, **24**, 523-528.
- Re, R., Pellegrinia, N., Proteggentea, A., Pannalaa, A., Yanga, M., Rice-Evansa, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, **26**, 1231-1237.
- Ribeiro, A.B., Bonafé, E.G., Silva, B.C., Montanher, P.F., Júnior, O.O.S., & Boeing, J.S. (2013). Antioxidant capacity, total phenolic content, fatty acids and correlation by principal component analysis of exotic and native fruits from Brazil. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, **24**, 797–804.
- Rodriguez, M. L., Ortiz, L. T., Alzueta, C., Rebole, A., & Trevino, J. (2005). Nutritive value of high-oleic acid sunflower seed for broiler chickens. *Poult. Sci.*, **84** (3), 395-402.
- Rosas-Domínguez C. (2011). Contenido de compuestos bioactivos y su contribución a la capacidad antioxidante durante la maduración de piña cv. "Esmeralda". Coordinación de Tecnología de Alimentos de Origen Vegetal. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.
- Sadler, G., Davis, J., & Dezman, D. (1990). Rapid extraction of lycopene and b-carotene from reconstituted tomato paste and pink grapefruit homogenates. *J. Food Sci.*, **55**, 1460–1461.



- Sah, B. N. P., Vasiljevic, T., McKechnie, S., & Donkor, O. N. (2016). Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. *LWT - Food Science and Technology*, **65**, 978–986. DOI: <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2015.09.027>
- Samson, J. (1986). Tropical fruits (2.nd ed., Tropical agriculture series). *New York: Langman Scientific & Technical*, **229**: 232- 233.
- Saura-Calixto F. (2010). Dietary Fiber as a Carrier of Dietary Antioxidants: An Essential Physiological Function. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **59**(1), 43-49.
- Saura-Calixto, F., Pérez-Jiménez, J., Touriño, S., Serrano, J., Fuguet, E., Torres, J. L. & Goñi, I. (2010). Proanthocyanidin metabolites associated with dietary fibre from in vitro colonic fermentation and proanthocyanidin metabolites in human plasma. *Mol. Nutr. Food Res*, **54**, 939–946. DOI: 10.1002/mnfr.200900276
- Saura-Calixto, F., Serrano, J., Goni, I. (2007). Intake and bioaccessibility of total polyphenols in a whole diet. *Food Chemistry*. **101**, 492-501.
- Saura-Calixto, F., Pérez-Jiménez, J., Touriño, S., Serrano, J., Fuguet, E., Torres, J.L., & Goñi, I. (2010). Proanthocyanidin metabolites associated with dietary fibre from in vitro colonic fermentation and proanthocyanidin metabolites in human plasma. *Molecular Nutrition & Food Research*, **54**(7), 939-946.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural y Pesca - SAGARPA. (2018). Lombricultura. México. Recuperado de: <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasaapt/Lombricultura.pdf>  
Fecha de Consulta: Marzo 2018.
- Secretaría de Salud. Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados. Norma Oficial Mexicana NOM-051-SSA1-2010. Diario Oficial de la Federación.
- Secretaría de Salud. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. Norma Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación, 29 de junio de 1995.
- Secretaría de Salud. Método para la cuenta de microorganismos de bacterias aerobias en placa. Norma Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación, 29 de junio de 1995.

- Secretaria de Salud. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. Norma Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación, 29 de junio de 1995.
- Secretaria de Salud. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación, 29 de junio de 1995.
- Secretaria de Salud. Preparación y dilución de muestras de alimentos para su análisis microbiológico. Norma Oficial Mexicana NOM-110-SSA1-1994. Diario Oficial de la Federación, 29 de junio de 1995
- Selani, M. M., Canniatti, S. G., Santos, C. T., Ratnayake W.S., Flores, R. A., Bianchini, A. (2014). Characterisation and potential application of pineapple pomace in an extruded product for fibre enhancement. *Food Chemistry*, **116**, 23–30.
- Selani, M. M., Shirado, G. A. N., Margiotta, G. B., Saldaña, E., Spada, F. P., Piedade, S. M. S., & Canniatti-Brazaca, S. G. (2016). Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. *Meat Science*, **112**, 69–76. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.10.020>
- Selani, M. M., Shirado, G. A. N., Margiotta, G. B., Saldaña, E., Spada, F. P., Piedade, S. M. S., & Canniatti-Brazaca, S.G. (2016). Effects of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory qualities of low-fat beef burger. *Meat Science*, **112**, 69–76.
- Selma, M. V., Espin, J. C., & Tomas Barberan, F. A. (2009). Interaction between phenolics and gut microbiota: role in human health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, **57**(15), 6485-6501.
- Serna, L., Torres, C., & Ayala, A. (2015). Evaluación de Polvos Alimentarios obtenidos de Cáscaras de Mango (*Mangifera indica*) como fuente de Ingredientes Funcionales. *SciELO, Información tecnológica*, **26**(2), 41-50
- Serpil, S., & Gulum, S. S. (2009). Propiedades Físicas de los Alimentos. Acriba
- Serrano, J., Goñi, I., & Saura-Calixto F. (2007). Food antioxidant capacity determined by chemical methods may underestimate the physiological antioxidant capacity. *Food Research Internacional*, **40**(1), 15-21.
- Servicio de información agroalimentaria y pesquera SAGARPA (SIAP). (2016). Atlas agroalimentario 2016: 126-127 y 134-135.

- Silva, M. L. S., Garcia, M. B. Q., Lima, J. L. F. C., & Barrado, E. (2007). Voltammetric determination of food colorants using a polyallylamine modified tubular electrode in a multicommutated flow system. *Talanta*, **72**(1), 282–288. <https://doi.org/10.1016/J.TALANTA.2006.10.032>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., Lamuela-Raventos, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of the Folin-Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, **299**:152-178.
- Sirò, I., Kapolna, E., Kapolna, B., & Lugasi A. (2008). Functional food. Product development, marketing and consumer acceptance. *Appetite*, **51**(3), 456-467
- Sloan, A.E. (2000). The top 10 functional food trends. *Food Technol.*, **54**, 33-62.
- Soning. ( 2007). Biohydrogen generation from mixed fruit peel waste using anaerobic contact filter. *Intl. J. Hydrogen*, **32**, 4754–4760.
- Soukoulis, C., Lebesi, D., & Tzia. C. (2009). Enrichment of ice cream with dietary fibre: Effects on rheological properties, ice crystallization and glass transition phenomena. *Food Chem.*, **115**, 665–671.
- Soukup, R. J., & Young, I. (1977). En: Current Aspects of food Colorant. *Furia, T. CRC Press Inc., Cleveland, USA.*: 77–84.
- Stefanello, C. L., & Rosa, C. S. (2012). Composición de las Cáscaras de Frutas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas*, **14**(17), 34-37.
- Subhabrata, S., & Mayura, D. (2006). Industrial and clinical applications excluding diagnostic clinical. *Enzymology*, **1**, 1–25.
- Sudha, M., Baskaran, V., & Leelavathi, K. (2007). Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chemistry*, **104**(2): 686-692.
- Tejeda, L., Tejeda, C., Villabona, A., Alvear, M., Castillo, C., Henao, D., Marimón, W., Madariaga, N., & Tarón, A. (2010). Producción de bioetanol a partir de la fermentación alcohólica de jarabes glucosados derivados de cáscaras de naranja y piña. *Revista Educación en Ingeniería*, **10**, 120-125.
- Vriesmann, L. C., Teofilo, R. F., & Oliveira Petkowicz C. L. (2012). Extraction and characterization of pectin from cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.) with citric acid. *LWT Food Sci. Technol.*, **49**, 108–116

- Yepes, S. M., Montoya, J. L., & Sánchez F. O. (2008). Valorización de residuos agroindustriales (frutas) en Medellín y el sur del valle de Aburrá, Colombia. *Fac.Nal.Agr.Medellin*, **61**(1), 4422–4431.
- Yi, Z., Yu, Y., Liang, Y., & Zeng, B. (2008). In vitro antioxidant and antimicrobial activities of the extract of *Pericarpium CitriReticulatae* of a new citrus cultivar and its main flavonoids. *LWT Food Sci. Tech.* **41**(3), 597–603.
- Zarzuelo, A., & Gálvez, J. (2010). Fibra dietética. En: Gil A., dir. Tratado de Nutrición, 2ª Ed. Madrid. Médica Panamericana.



## ANEXOS

Enlaces linkograficos de los cuestionarios utilizados para realizar la prueba afectiva de preferencia de las golosinas gelificadas, donde se selecciono el tamaño de partícula:

Piña: <https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeq70XY4BbZcJJOwwN3zMqZmAaWpxfXF0mbkd8ZiC1w3dMslw/viewform>

Papaya:

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScZlw96lzfgz61knsZhLxRTxTRDYWO\\_vp4fFNvwHUMl3yNjXg/viewform](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLScZlw96lzfgz61knsZhLxRTxTRDYWO_vp4fFNvwHUMl3yNjXg/viewform)

Enlaces linkograficos de los cuestionarios utilizados para realizar las pruebas afectivas de grado de satisfacción y de preferencia de las golosinas gelificadas, donde se selecciono el método de deshidratación.

Piña:

[https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfdjFln\\_aSVGbcLZxTOKM9C\\_I4h8BRpET8K6yKfVrWHzpEVQ/viewform](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfdjFln_aSVGbcLZxTOKM9C_I4h8BRpET8K6yKfVrWHzpEVQ/viewform)

Papaya:

<https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSfTmXiXNCmVaN4c9ltrSVxNfMJUwqX7DG3PUymoqOHOKiqrA/viewfor>