



S.E.P. TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

INSTITUTO TECNOLÓGICO de Tuxtepec

**"OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HARINA DE
PINA (*Ananascomosus* L) CON ALTO CONTENIDO DE
FIBRA DIETÉTICA Y SU APLICACIÓN EN UN PRODUCTO
DE PLANIFICACIÓN"**

TESIS

**Para Obtener el Grado de
MAESTRO EN CIENCIAS EN ALIMENTOS**

PRESENTA

L.B. FRANCISCO JAVIER ESPINOSA NIÑO

DIRECTORA:

DRA. ROSELIS CARMONA GARCÍA

CO-DIRECTORA:

DRA. CECILIA EUGENIA MARTÍNEZ SÁNCHEZ



MCA-2016/02

Tuxtepec, Oaxaca

Enero 2016

COMITE TUTORIAL

Dra. Roselis Carmona García

Dra. Cecilia Eugenia Martínez Sánchez

Dr. Erasmo Herman y Lara

Dra. María de los Ángeles Vivar Vera



S.E.P.

D.G.E.S.T.

S.N.E.S.T.

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTEPEC

OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HARINA DE PIÑA (*Ananas comosus* L.) CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA Y SU APLICACIÓN EN UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN

TESIS

**MAESTRÍA EN CIENCIAS
EN ALIMENTOS**

PRESENTA

BIOL. FRANCISCO JAVIER ESPINOSA NIÑO

DIRECTORA

DRA. ROSELIS CARMONA GARCÍA

CO-DIRECTORA

DRA. CECILIA EUGENIA MARTÍNEZ SÁNCHEZ

TUXTEPEC, OAX.

Febrero de 2016

SEP

SECRETARÍA DE
EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
Instituto Tecnológico de Tuxtepec

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
División de Estudios Profesionales

Procedimiento para la Titulación
Autorización de Presentación del Trabajo Profesional
Referencia a la Norma ISO 9001:2008 7.5.1

SUBDIRECCION ACADÉMICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
EXPEDIENTE: DEP-ñ/16
Tuxtepec, Oaxaca., 11 ENERO 2014
OFICIO: No. 0343

C. FRANCISCO JAVIER ESPINOSA NIÑO
EGRESADO DE LA MAESTRÍA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS
CON NÚMERO DE CONTROL M09350014
PRESENTE.

POR MEDIO DE LA PRESENTE ME PERMITO COMUNICARLE QUE LA COMISIÓN REVISORA INTEGRADA POR LOS C.C. DRA. ROSELÍS CARMONA GARCÍA, DRA. CECILIA EUGENIA MARTÍNEZ SANCHEZ, DR. ERASMO HERMAN Y LARA Y DRA. MARIA DE LOS ÁNGELES VIVAR VERA REVISÓ Y APROBÓ EN SU TOTALIDAD EL TRABAJO PROFESIONAL DENOMINADO "OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HARINA DE PIÑA (*Ananascomosus* L) CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA Y SU APLICACIÓN EN UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN" PRESENTADO POR USTED COMO PRODUCTO DE TESIS DEL LINEAMIENTO DE TITULACIÓN CORRESPONDIENTE, PARA OBTENER EL TÍTULO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN ALIMENTOS.

POR LO ANTERIOR Y DE ACUERDO A LOS LINEAMIENTOS INSTITUCIONALES, SE LE DA TRÁMITE LEGAL PARA QUE PROCEDA A LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO PROFESIONAL.

A T E N T A M E N T E
"CIENCIA Y TÉCNICA PRESENTES AL FUTURO"

M.E. JULIAN KURI MAR
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES.

C.c.p.-Coord. de titulación
JKM/has



Av. Dr. Víctor Bra C.P. 68350 Col. 5 de Mayo, Tuxtepec, Oaxaca
Teléfono: (287) 87 5 10 44 Ext. 103, Fax: (287) 87 5 18 80
e-mail: info@ittux.edu.mx



ISO 9001:2008
SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD
CERTIFICADO POR
PROMERCA
CERTIFICACIÓN DE CALIDAD
PROMERCA
CERTIFICACIÓN DE CALIDAD
PROMERCA

REGISTRO SGC
Código
PO-008-09
Revisión:
1
Fecha de Autorización:
19/Junio/2014

ITTUX-AC-

"2015, Año del Generalísimo José María Morelos y Pavón"

SUBDIRECCIÓN ACADÉMICA
División de Estudios Profesionales

Procedimiento para la Titulación
Liberación del Proyecto para la Titulación
Referencia a la Norma ISO 9001:2008 7.5.1

Tuxtepec, Oaxaca; 18/01/2016)

M.E. JULIÁN KURI MAR
JEFE DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E.

Por este medio le informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la Titulación:

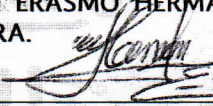
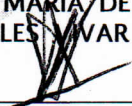
a) Nombre del Egresado:	L.B. FRANCISCO JAVIER ESPINOSA NIÑO
b) Carrera:	MAESTRIA EN CIENCIAS EN ALIMENTOS
c) No. de Control	M09350014
d) Nombre del proyecto	"OBTENCION Y CARACTERIZACIÓN DE HARINA DE PIÑA (<i>Ananas comosus</i> L.) CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA Y SU APLICACIÓN EN UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN".
e) Producto	TESIS UNICA

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

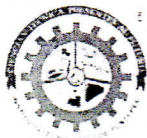
ATENTAMENTE
"CIENCIA Y TÉCNICA PRESENTES AL FUTURO"

M.C. JOSE MANUEL PINEDA PINEDA
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE ING. QUIMICA Y BIOQUIMICA.



DRA. ROSELIS CARMONA GARCIA. 	DRA. CECILIA EUGENIA MARTINEZ SANCHEZ. 	DR. ERASMO HERMAN Y LARA. 	DRA. MARIA DE LOS ANGELES VIVAR VERA. 
Nombre y firma del Asesor	Nombre y firma del Revisor	Nombre y firma del Revisor	Nombre y firma del Revisor

C.c.p. Expediente



Av. Dr. Víctor Bra C.P. 68350 Col. 5 de Mayo, Tuxtepec, Oaxaca
Teléfono: (287) 87 5 10 44 Ext. 103, Fax: (287) 87 5 18 80
e-mail: info@ittux.edu.mx



REGISTRO SGC
Código ITTUX-AC-PO-008-08
Revisión:
Fecha de Autorización: 19/Junio/2014

Proceso de Liberación del Proyecto para la Titulación
Registro de Liberación del Proyecto para la Titulación

Instituto Tecnológico de Tuxtepec-Maestría en Ciencias en Alimentos

**“OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HARINA DE PIÑA
(*Ananas comosus* L.) CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA
DIETÉTICA Y SU APLICACIÓN EN UN PRODUCTO DE
PANIFICACIÓN”**

POR:

BIOL. FRANCISCO JAVIER ESPINOSA NIÑO

TESIS

TESIS PROPUESTA A LA COORDINACIÓN DE POSGRADO E
INVESTIGACIÓN DEL

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTEPEC

COMO REQUERIMIENTO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE

MAESTRO EN CIENCIAS EN ALIMENTOS

FEBRERO, 2016.

DEDICATORIA

A mis padres

Tomasa y Humberto, que en todo momento me han brindado su apoyo para salir adelante y superar las adversidades que se han presentado. Han sido mi mayor inspiración para cumplir un objetivo y seguir creciendo desde al ámbito profesional como en el personal.

A mi familia

Que siempre han tenido disponibilidad para enseñarme grandes lecciones de vida y de superación, así mismo, por enseñarme a vivir la vida con buenos valores

A mis amigos

Todas aquellas personas que han significado algo importante en mi vida y que me han dejado grandes enseñanzas, todos mis amigos que me han alentado para culminar esta etapa en mi vida y con los cuales hemos compartido tantas experiencias agradables.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco con el más sincero respeto a la **Dra. Roselis Carmona García**, por todo el apoyo proporcionado para la culminación de éste proyecto. Por todas sus enseñanzas, su amistad y consejos que han hecho de este trabajo una realidad.

A la **Dra. Perla Osorio Díaz, Dra. Edith Agama Acevedo** y al **Dr. Luis Arturo Bello Pérez**, por su amistad y las facilidades proporcionadas para realizar el trabajo experimental de este proyecto. Al mismo tiempo, al Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI-IPN) por abrir las puertas y permitir la realización de la estancia de investigación.

A mi comité revisor, **Dra. Cecilia E. Martínez Sánchez, Dra. María de los Ángeles Vivar Vera y Dr. Erasmo Herman y Lara** por los consejos y las observaciones realizadas para mejorar el proyecto de investigación, así mismo, agradezco por brindarme su amistad.

A la **Dra. Araceli Pérez Silva, Dr. Juan G. Toruco Uco, Dr. Luis A. Ojeda Enciso, Dra. Leticia N. Ortega Silva**, por brindarme su amistad, apoyo y consejos a lo largo de mi trayectoria en la Maestría en Ciencias en Alimentos.

A mis amigos de generación, **Ivet, Mercedes, Joaquín** por la amistad y los consejos que me han brindado. Así como también a todos mis amigos que han estado conmigo en las buenas y en las malas, les agradezco de todo corazón que me han brindado su apoyo y su amistad.

RESUMEN

ESPINOSA NIÑO, FRANCISCO JAVIER. M. C. en Alimentos. Instituto Tecnológico de Tuxtepec. Febrero, 2016. **OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HARINA DE PIÑA (*Ananas comosus* L.) CON ALTO CONTENIDO DE FIBRA DIETÉTICA Y SU APLICACIÓN EN UN PRODUCTO DE PANIFICACIÓN** Director (a): Dra. Roselis Carmona García, Co-directora: Dra. Cecilia Eugenia Martínez Sánchez.

La fibra dietética (FD) principalmente se compone de carbohidratos complejos de las paredes celulares (celulosa, hemicelulosa, pectinas) y lignina, así como polisacáridos intracelulares como las gomas y mucílagos que no son hidrolizados por las enzimas digestivas de los humanos, condiciones que son asociadas con beneficios a la salud. Las actividades productivas generan una cantidad elevada de subproductos de origen vegetal que son aprovechados parcialmente, o son desechados. Tal es el caso del cultivo de piña, que los residuos que se generan no se aprovechan, situación que causa efectos negativos en el ambiente y en los lugares donde son liberados. Por tal motivo, el objetivo de la presente investigación fue determinar las características químicas, funcionales y de digestibilidad de las harinas de piña (*Ananas comosus* L) con alto contenido de fibra dietética y evaluar el efecto de su adición sobre las características de digestibilidad en un producto de panificación. Se obtuvieron cuatro harinas de los diferentes subproductos de piña generados, las cuales se codificaron de la siguiente manera, harina de piña completa (HPC), harina de pulpa (HP), harina de corazón (HCZ), harina de cáscara (HC). A las harinas obtenidas se les realizó la determinación de la composición químico proximal, contenido de fibra dietética total (FDT), insoluble (FDI) y soluble (FDS) que se determinó por diferencia. Se les realizó la caracterización funcional capacidad de retención de agua y aceite (CRA y CRAc), capacidad antioxidante (CA) por el método de ABTS•⁺. Por otro lado se evaluó el efecto de la adición de las harinas obtenidas sobre la composición químico proximal, fibra dietética, capacidad antioxidante y características de digestibilidad de un panqué. El contenido de FDT de las harinas osciló entre 72.62% a 88.45%, donde la fibra dietética insoluble representó la fracción principal registrando valores de 70.34% hasta 81.30%. Se observó que la CRA de las HPC,

HCZ y HP fue afectada al aumentar la temperatura, sin embargo la capacidad de retención de aceite (CRAc) no presentó ningún cambio con el aumento de la temperatura, ya que no presentaron diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$). Las harinas de piña, presentaron capacidades antioxidantes que fueron de 6.54, 5.84, 5.55 y 4.81 $\mu\text{mol TE/g}$ muestra b.s. en las HPC, HC, HCZ y HP, respectivamente. La adición de harinas de piña en la elaboración de panqués duplicó el contenido de FDT, presentando valores de 19.20% hasta 28.67%, en comparación con un panqué control (PCNTRL) 13.80%. Asimismo, los panqués se encontraron principalmente constituidos por la FDI, registrando valores de 18.26% hasta 24.02% representando del 76% al 96% de la FDT en los panqués. También se aumentó entre 8 y 31 veces la CA en relación al PCNTRL, registrando valores de 0.85 hasta 3.45 $\mu\text{mol TE/g}$ muestra b.s. Se disminuyó entre 15% al 30% el contenido de almidón total (AT), entre 21 y 44% la presencia de almidón de digestión rápida (ADR) y aumentó en un 2 a 4% el almidón de digestión lenta (ADL) en los panqués adicionados con harina de piña en comparación con el PCNTRL. Encontrando que los panqués elaborados pueden clasificarse como alimentos con índice glucémico (IG) medio ya que los valores de IG en los panqués variaron de 69.42% y 59.79% en PCNTRL y Panqué de harina de pulpa (PHP), respectivamente. El análisis sensorial presentó mayor aceptabilidad para los Panqués control (CNTRL) y Panqués de harina de corazón (PHCZ) con 6.84% y 6.72%, respectivamente y la menor aceptación para los panqués de harina de piña completa (PHPC) con 5.27% y panqué de harina de pulpa (PHP) con 5.42%.

ABSTRACT

ESPINOSA NIÑO, FRANCISCO JAVIER. Master in Food Science. Instituto Tecnológico de Tuxtepec. February, 2016. **PREPARATION AND CHARACTERIZATION OF PINEAPPLE FLOUR (*Ananas comosus* L.) WITH HIGH-FIBER DIET CONTENT AND ITS APPLICATION IN A BAKERY PRODUCT.** Advisor: Dra. Roselis Carmona García, Co-advisor: Dra. Cecilia Eugenia Martínez Sánchez.

Dietary fiber (FD) is composed mainly of complex cell wall carbohydrates (cellulose, hemicellulose, pectins) and lignin and intracellular polysaccharides such as gums and mucilages which are not hydrolysed by the digestive enzymes in humans, conditions that are associated with health benefits. Productive activities generate a large amount of products of plant origin that are underused or are discarded as in the case of pineapple, the waste generated are not used, a situation that causes negative effects on the environment and in place where they are released. Therefore, the objective of this research was to determine the chemical, functional and digestibility characteristics of flour pineapple (*Ananas comosus* L) high in dietary fiber and evaluate the effect of the addition on the digestibility characteristics of a bakery product. Four different pineapple flour products generated were obtained which were coded as follows: complete pineapple flour (CPF), flour pulp (FP), heart flour (HF), shell flour (SF). To flours obtained proximal chemical composition was determined, total dietary fiber (TDF), insoluble (IDF) and soluble (FDS) that was determined by difference. Functional characterization was determined as (water and oil holding capacity (WHC and OHC) and antioxidant capacity (AC) by ABTS^{•+} method. In addition, the effect of adding flour obtained was evaluated on the proximal chemical composition, dietary fiber, antioxidant capacity and digestibility characteristics of a pancake. The total dietary fiber flour ranged from 72.62% to 88.45%, where the insoluble dietary fiber was the main fraction recording values from 70.34% to 81.30%. It was observed that the WHC of the CPF, FP and HF was affected by increasing temperature, but the oil retention capacity (ORC) did not show any changes with increasing

temperature, not as presented statistically significant difference ($p < 0.05$). Pineapple flours showed antioxidant capacities of 6.54, 5.84, 5.55 and 4.81 mol TE / g sample d.m. in CPF, FP, HF and SF, respectively. The addition of pineapple flour to pancakes developed a doubled content of TDF, with values of 19.20% to 28.67%, compared to a pancake Control (PC) 13.80%. Also, the pancakes were found consisting mainly of the IDF, recording values of 18.26% to 24.02% accounting for 76% to 96% of the TDF in the muffins. Also increased between 8 and 31 times the AC in relation to PC, recording values of 0.85 to 3.45 mol TE / g sample d.m. It decreased from 15% to 30% total starch (TS) content, between 21% and 44% and the presence of rapidly digestible starch (RDS) increased 2% to 4% in the slowly digestible starch (SDS) pineapple flour pancakes added compared to PC. Finding that pancakes obtained can be classified as medium glycemic index (GI) foods since the GI values in pancakes ranged from 69.42% to 59.79% in control pancake (CP) and flour pulp pancake (FPP), respectively. Sensory analysis showed greater acceptability for CP and heart flour pancake (HFP) with 6.84% and 6.72% respectively and the lowest acceptance for complete pineapple flour pancake (CPFP) with 5.27% and flour pulp pancake (FPP) (5.42%).

CONTENIDO

RESUMEN	v
ABSTRACT	vii
LISTA DE TABLAS.....	xii
LISTA DE FIGURAS.....	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MARCO TEÓRICO.....	4
2.1. FIBRA DIETÉTICA (FD)	4
2.1.1. CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA DIETÉTICA	5
2.1.2. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DIETÉTICA.....	7
2.1.3. EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA FIBRA.....	9
2.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	10
2.2.1. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.....	11
2.3. PIÑA (<i>Ananas comosus</i> L.).....	12
2.3.1. PRODUCCIÓN DE PIÑA A NIVEL MUNDIAL Y NACIONAL	13
2.3.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PIÑA	15
2.4. EL PROCESO DE PANIFICACIÓN	16
2.5. ÍNDICE GLUCÉMICO (IG).....	18
2.6. ALIMENTOS FUNCIONALES.....	19
2.7. PRUEBAS SENSORIALES	20
2.7.1. PRUEBAS HEDÓNICAS	21
3. JUSTIFICACIÓN	22
4. OBJETIVOS	23
4.1. OBJETIVO GENERAL	23
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
5.1. MATERIA PRIMA	24
5.2. OBTENCIÓN DE LAS HARINAS DE PIÑA.....	24
5.3. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE LAS HARINAS DE PIÑA OBTENIDAS	24
5.3.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD.....	24
5.3.2. DETERMINACIÓN DE CENIZAS	25
5.3.3. DETERMINACIÓN DE LÍPIDOS.....	26

Instituto Tecnológico de Tuxtepec-Maestría en Ciencias en Alimentos

5.3.4.	DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS	26
5.4.	FIBRA DIETÉTICA TOTAL (FDT), INSOLUBLE (FDI) Y SOLUBLE (FDS).	27
5.5.	DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FUNCIONALES	29
5.5.1.	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)	29
5.5.2.	CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE ACEITE (CRAc).....	30
5.5.3.	CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO	30
5.6.	EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS POLIFENÓLICOS.....	30
5.7.	DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR LA INHIBICIÓN DEL RADICAL ABTS•+	31
5.8.	FRACCIÓN INDIGERIBLE TOTAL (FIT), SOLUBLE (FIS) E INSOLUBLE (FII). 31	
5.9.	ELABORACIÓN DE LOS PANQUÉS ADICIONADOS CON FIBRA.....	33
5.10.	TASA DE DIGESTIÓN IN VITRO DEL ALMIDÓN Y PREDICCIÓN DEL ÍNDICE GLUCÉMICO (IG) EN LOS PANQUÉS.	34
5.11.	DIGESTIBILIDAD DEL ALMIDÓN: ALMIDÓN DE RÁPIDA DIGESTIÓN (ARD) Y ALMIDÓN DE LENTA DIGESTIÓN (ALD).....	35
5.12.	DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ALMIDÓN TOTAL.....	36
5.13.	DETERMINACIÓN DE LA GLUCOSA LIBRE EN LOS PANQUÉS	37
5.14.	EVALUACIÓN SENSORIAL.....	38
6.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
6.1.	OBTENCIÓN DE HARINA DE LAS DIFERENTES SECCIONES DE PIÑA	39
6.2.	ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LAS HARINAS DE DIFERENTES SECCIONES DE PIÑA	40
6.3.	PROPIEDADES FUNCIONALES.....	43
6.5.	ANÁLISIS DE TEXTURA Y FORMULACIÓN DE LOS PANQUÉS.	¡Error! Marcador no definido.
6.6.	CARACTERIZACIÓN DE LOS PANQUÉS ADICIONADOS CON HARINA DE PIÑA.	48
6.7.	CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS PANQUÉS ADICIONADOS CON HARINA DE PIÑA	51
6.8.	FRACCIÓN INDIGERIBLE TOTAL (FIT), SOLUBLE (FIS) E INSOLUBLE (FII). 53	
6.9.	ALMIDÓN DE DIGESTIÓN RÁPIDA (ADR), DIGESTIÓN LENTA (ADL) Y ALMIDÓN TOTAL (AT)	55
6.10.	TASA DE DIGESTIÓN DEL ALMIDÓN <i>IN VITRO</i>	57
6.11.	PORCENTAJE DE HIDRÓLISIS Y PREDICCIÓN DEL ÍNDICE GLUCÉMICO. 59	

Instituto Tecnológico de Tuxtepec-Maestría en Ciencias en Alimentos

6.12.	ANÁLISIS SENSORIAL.....	61
7.	CONCLUSIÓN	64
8.	RECOMENDACIONES	66
9.	REFERENCIAS.....	67

LISTA DE TABLAS

Número	Título	Página
Tabla 1	Principales países productores de piña a nivel mundial.	19
Tabla 2	Composición química de la piña.	21
Tabla 3	Porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de piña y análisis de textura en los panqués elaborados	36
Tabla 4	Rendimiento obtenido de la extracción de harina de las diferentes secciones de piña	41
Tabla 5	Composición químico proximal (%) de las harinas de piña.	42
Tabla 6.	Capacidad antioxidante de las harinas de diferentes muestras de piña	49
Tabla 7	Formulación de los panques adicionados con harina de diferentes secciones de piña.	52
Tabla 8	Composición químico proximal (%) de los panqués adicionados con harinas de piña	53
Tabla 9	Capacidad antioxidante de los panqués adicionados con harinas de diferentes muestras de piña	55
Tabla 10	Fracción indigerible total (FIT) soluble (FIS) e insoluble (FII) de los panques adicionados con diferentes harinas de piña	57
Tabla 11	Almidón de digestión rápida (ADR), lenta (ADL), almidón total (AT) y glucosa libre (GL) de panques adicionados con 25% de harina de piña.	59
Tabla 12	Porcentaje de hidrólisis (%H) y predicción del índice glucémico (pIG) de panques adicionados con 25% de harina de piña alta en fibra	63
Tabla 13	Análisis sensorial de los panques adicionados con 25% de harina de diferentes secciones de piña.	65

LISTA DE FIGURAS

Número	Título	Página
Figura 1	Planta y fruto de piña.	11
Figura 2	Capacidad de retención de agua de harina de las diferentes secciones de piña.	20
Figura 3	Capacidad de retención de aceite en harina de diferentes secciones de piña.	46
Figura 4	Capacidad de hinchamiento registrada en las harinas de diferentes secciones de piña.	47
Figura 5	Curva de hidrólisis <i>in vitro</i> de los PCNTRL (▲), PHPC (x), PHCZ (●), PHP (◆) y PHC (■) con 25% de sustitución de harina de piña alta en fibra	48
Figura 6	Grado de aceptación de los panques adicionados con harina de diferentes secciones de piña.	61

1.INTRODUCCIÓN

El concepto tradicionalmente usado “Dieta saludable” ha cambiado en los últimos años. Esto se debe principalmente a la evidencia proporcionada por los diversos estudios científicos que ponen de manifiesto que los alimentos presentan características importantes para mantener un estilo de vida saludable, esto debido a que presentan compuestos fisiológicamente activos que contribuyen a reducir la incidencia de ciertas enfermedades crónicas y, por tanto, son necesarios para mantener una dieta saludable (Molina-López y Martín-Islan, 2007). Evidencias epidemiológicas y clínicas indican una asociación entre dietas ricas en frutas y vegetales y la disminución en el riesgo de morbilidad y mortalidad por enfermedades cardiovasculares, algunos tipos de cáncer y otras enfermedades degenerativas. La influencia positiva de tales dietas es atribuida a que estos alimentos pueden suministrar una mezcla óptima de fitoquímicos, tales como antioxidantes naturales, fibra dietética y otros compuestos bióticos (Kaur y Kapoor, 2001). Actualmente, los recursos más usados como fuentes de fibra dietética en tecnología de alimentos son los cereales. Sin embargo las fibras procedentes de legumbres y de frutas aunque menos estudiadas son consideradas en general como de mejor calidad nutricional y tecnológica (Perez-Hidalgo et al., 1997). Además las frutas y vegetales son la principal fuente de antioxidantes naturales ya que contienen compuestos fenólicos. Estos compuestos están estrechamente asociados con el color y sabor de los alimentos de origen vegetal, así como con su calidad nutricional por sus propiedades antioxidantes comprobadas (Martínez-Valverde et al., 2000).

La fibra dietética, está formada por polímeros de carbohidratos y polisacáridos no amiláceos que son los principales componentes de las paredes celulares vegetales. Estos incluyen a la celulosa, las hemicelulosas, los hemiglucanos y las pectinas, así como otros polisacáridos provenientes de vegetales y algas, como las gomas, los mucílagos y polisacáridos de reserva no digeribles, como la inulina y el almidón resistente (Gray, 2006). La fibra dietética tiene un papel importante en la prevención de ciertos tipos de enfermedades, tales como, el cáncer de

colon, arterioesclerosis, enfermedades coronarias, constipación, hemorroides y diverticulosis, así como también, ayuda a controlar la diabetes mellitus y la obesidad (Pak, 2000; Raghavendra et al., 2006). Esto ha motivado el incremento del consumo de productos de origen vegetal como frutas y verduras, así como recomendar a la industria de alimentos que enriquezca sus productos con fibra alimentaria o con algunos componentes de ella (García-Ochoa et al., 2008; Guzmán, 2008).

Por otro lado, existe una clara tendencia en estudiar materias primas no utilizadas en alimentación humana, tipo residuos y/o subproductos agroalimentarios como fuentes nuevas para la obtención de fibras dietéticas (Perez-Hidalgo et al., 1997). Además de que existe un gran interés por parte de la industria en el aprovechamiento de los subproductos alimentarios provenientes de las industrias alimenticias para obtener producciones sin residuos de alimentos, por representar una importante fuente de beneficio económico debido a las posibilidades de desarrollo de nuevos productos, como puede ser el caso de la industria de los jugos donde se producen grandes cantidades de residuos que pudieran ser utilizados para la obtención de subproductos que sirvan de materia prima para el desarrollo de nuevos productos alimenticios. Uno de los frutos utilizados para la producción de jugos es la piña.

La Piña (*Ananas comosus* L.) es una monocotiledonea perenne de la familia de las *bromeliaceae* (Ploetz et al., 1998). Es rica en ácido málico, cítrico y ascórbico; sales minerales de calcio, hierro y fósforo; glúcidos como sacarosa, glucosa y levulosa. La piña es la fruta que mayor industrialización puede desarrollar por ser transformada en jugo concentrado, trozos y rebanadas. Para su consumo en fresco es considerada como una buena alternativa, por ofrecer un sabor exótico y poseer un alto contenido en vitamina A y C, además de fibra y propiedades diuréticas (COVECA, 2002). Durante el procesamiento de la piña son desechados residuos como la cáscara, corazón y sólidos centrifugados de la producción de jugos que son usados para la alimentación animal y abono para las tierras de

cultivo (Cervantes-Zurita et al., 2010). Sin embargo, tanto la cáscara, corazón y bagazo (pulpa) presentan un fracción importante de fibra dietética, por lo que son una fuente potencial para la obtención de harinas con alto contenido de fibra dietética (FD) para ser adicionada en un producto de panificación y así aprovechar sus propiedades benéficas para la salud humana.

2. MARCO TEÓRICO

Los cambios en la alimentación de algunas poblaciones se debieron principalmente al abandono de las dietas tradicionales ricas en cereales, leguminosas, frutas y verduras, por dietas en las que predominan alimentos de origen animal, comidas rápidas ricas en hidratos de carbono simples, sodio, grasas saturadas y libres de fibra. Sin embargo, el interés del consumidor por mantener dietas saludables, su desconfianza hacia los alimentos procesados y el aumento en el mercado de los alimentos naturales ha creado un estado de revolución técnico-científica en la industria alimentaria (Molina-López y Martín-Islan, 2007).

2.1. FIBRA DIETÉTICA (FD)

La FD adquirió importancia en el ámbito de la nutrición y salud pública en la segunda mitad del siglo XX, ha sido un estímulo para una gran cantidad de investigaciones: epidemiológicas, fisiológicas, analíticas y técnicas. Ha sido empleado para el planteamiento de objetivos para una alimentación saludable tanto a nivel de gobiernos como de industria alimentaria (Cummings y Stephen, 2007).

La American Association of Cereal Chemists (AACC, 2000), define a la FD como la parte comestible de las plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado humano con completa o parcial fermentación en el intestino grueso. La FD incluye polisacáridos, oligosacáridos, lignina y sustancias asociadas a la planta; promueve efectos fisiológicos benéficos como laxante, atenuación de colesterol en sangre y/o atenuación de glucosa en sangre (McCleary, 2010). La FD más frecuentemente usada es proveniente de cereales. Sin embargo, la proveniente de las frutas está siendo considerada de mejor calidad debido a un mejor balance en el contenido de fibra dietética soluble e insoluble y también debido a su alta capacidad de retención de agua y aceite (Larrauri, 1999).

La FD presente en los alimentos está formada por una mezcla de sustancias de estructura química diferente.

Los típicos componentes de la fibra dietética incluyen:

- a) Componentes estructurales de las paredes celulares de los vegetales compuestos por polisacáridos (celulosa, hemicelulosa, sustancias pécticas) y lignina (polímero de fenilpropano).
- b) Componentes no estructurales que son polisacáridos naturales o usados como aditivos de alimentos (variedad de gomas y mucílagos, polisacáridos de algas y celulosa modificada) (Pak, 2000; Guzmán, 2008).

Además, existe una gran variedad de componentes no convencionales asociados a la FD como: compuestos fenólicos (taninos), ceras, glicoproteínas (extensina), minerales, ácido fítico, compuestos de Maillard, almidón resistente, quitina y quitosanos y formas confeccionadas por el hombre (polidextrosa, lactulosa, entre otros) (Morón et al., 1999).

2.1.1. CLASIFICACIÓN DE LA FIBRA DIETÉTICA

La FD ha sido clasificada de acuerdo a su grado de solubilidad en agua, esta clasificación es de interés desde el punto de vista biológico. Con este criterio se la puede dividir en fibra dietética insoluble (FDI) y fibra dietética soluble (FDS).

a) FDI

La fracción insoluble está constituida principalmente por celulosa, hemicelulosa insoluble y lignina, presentes principalmente en el trigo, en la mayoría de productos de grano y hortalizas, con el agua forman mezclas bajas en viscosidad. La fibra insoluble acorta el tiempo de tránsito intestinal, aumenta el peso de las heces y disminuye su consistencia. Alrededor del 75% de la fibra dietética presente en los alimentos se encuentra en la fracción insoluble (Dreher, 2001).

b) FDS

La porción soluble está compuesta por polisacáridos no celulósicos como la pectina, gomas y mucílagos, presentes principalmente en frutas, avena, cebada y legumbres, forman mezclas de consistencia viscosa cuyo grado depende de la fuente vegetal de procedencia (Pak, 2000; Dreher, 2001; Guzmán, 2008).

La fracción soluble de la fibra retrasa el vaciado gástrico, reduce la velocidad de absorción de la glucosa y reduce los niveles de colesterol sérico, es muy fermentable en el colon produciendo ácidos grasos de cadena corta (acético, propiónico, butírico), esto trae como consecuencia la acidificación del medio intestinal lo que protege de la flora patógena invasiva e induce a un mejoramiento del sistema inmune (Dreher, 2001; Guzmán, 2008).

La mayoría de la fibra dietética consumida proviene de las frutas, verduras, legumbres, frutos secos y granos enteros. Debido a su gran contenido de agua, las frutas y verduras proporcionan menos fibra dietética por gramo de producto consumido que los granos enteros. Las fuentes con mayor concentración de fibra dietética son el grano entero y salvado de cereales (Dreher, 2001). La estructura química y las propiedades fisicoquímicas de la fibra son importantes para los efectos nutricionales y funcionales. Por lo tanto, no solo se debe considerar la cantidad sino también el tipo de fibra (Femenia et al., 1997). La ingesta diaria debería proveer una relación de FDI/FDS igual a 3:1; y con respecto a la ingesta deseable para un adulto debería ser de 20-35 g/día (Pak, 2000; Guzmán, 2008).

Existen diferentes criterios para la valoración de un buen balance FDI/FDS de las fuentes naturales de FD. Para que una fuente de fibra sea considerada con un buen balance FDI/FDS sus contenidos deben ser como mínimo 70/30 (Sánchez-Guzmán, 2005), generalmente se acepta que un recurso de fibra es adecuado para su uso como ingrediente en alimentos cuando la relación FDI/FDS sea cercana a 2:1 (Figuerola et al., 2008) mientras que se considera fibras con

excelente balance aquellas que guardan una proporción 50/50 (Sánchez-Guzmán, 2005). El contenido y composición química de la fibra dietética varía en los diferentes alimentos, depende de una serie de factores, como: especie, madurez, parte de la planta de que se trate, incluso un mismo alimento puede diferir en su contenido de fibra, de acuerdo a su grado de madurez, refinación y tratamiento tecnológico (Pak, 2000; Dreher, 2001; Guzmán, 2008). Las proporciones de las diferentes fracciones de fibra dietética encontradas en las plantas dependen de su grado de madurez. En las paredes de las células típicas de las plantas adultas o maduras, el porcentaje de lignina, celulosa y cenizas tiende a ser mayor, mientras que el porcentaje de los no polisacáridos, ceras y proteínas tiende a ser más bajo (Braham y Bressani, 1989; Ross, 2005). La cuantificación analítica de la fibra dietética total incluye tanto la parte soluble como la insoluble en agua, es decir, sustancias que pueden ser fibrosas o no (Redondo-Márquez et al., 2008).

2.1.2. PROPIEDADES FUNCIONALES DE LA FIBRA DIETÉTICA.

La importancia del conocimiento de estas propiedades radica en que podemos predecir sus efectos en el organismo. Son denominadas de esta forma por los efectos deseables que provocan en los productos alimentarios así como los beneficios fisiológicos en el organismo de quien consume estos alimentos, dichos alimentos presentan una dependencia con la estructura química de la fibra y son influenciadas también por el tamaño de partícula, pH, temperatura y fuerza iónica (Fleury y Lahaye, 1991). La fibra insoluble presenta propiedades funcionales que son características fisicoquímicas que influyen de un modo específico sobre su apariencia y comportamiento (Badui, 2009).

Las principales propiedades funcionales son:

Capacidad de retención de agua: Está directamente relacionada con el balance hidrofílico-hidrofóbico de la fibra, del tamaño de partícula y poro de la matriz, y la reducción en la extensión antes de la fermentación colónica. La formación de gel de fibras solubles retiene más agua que las fibras insolubles. El procesamiento de

la comida incluyendo la masticación modifica la capacidad de retención de agua de la fibra (Schultz, 2010).

El agua en la fibra está presente en tres fases a través de su paso por el tracto intestinal: Agua en fase 1: indisponible, agua enlazada con la fracción hidrofílica; la cantidad depende de la estructura química. Agua en fase 2: en la matriz de la fibra; la cantidad depende del tamaño de poro de la matriz. Agua en fase 3: atrapada físicamente en la red de la fibra; la cantidad depende de la fuente de fibra y del procesamiento. La capacidad de retención de agua actúa en la formación de gel para prevenir la rápida difusión de nutrientes a través de la pared del intestino delgado y grueso. En el intestino grueso incrementa el volumen de las heces, reduce la densidad de las heces y disminuye el tiempo de tránsito en el intestino. La reducción del contenido intraluminal y bajos tiempos de tránsito limita la exposición de la mucosa a ácidos biliares secundarios, otros carcinógenos potenciales, patógenos y toxinas (Schultz, 2010).

Capacidad de retención de aceite: Teóricamente las partículas con gran superficie presentan mayor capacidad para absorber y atrapar componentes de naturaleza aceitosa; la grasa es atrapada en la superficie de la fibra principalmente por medios mecánicos. Se ha observado que las fibras insolubles presentan mayor absorción de grasa que las solubles sirviendo como emulsificantes. A esta propiedad se le relaciona con la composición química, el tamaño y el área de las partículas de fibra (Cruz, 2002). La retención elevada de aceite imparte jugosidad y mejora la textura de los productos cárnicos, en cambio una baja retención proporciona una textura no grasosa en productos fritos (Peraza, 2000).

Capacidad de hinchamiento: Se refiere a la capacidad del producto para aumentar su volumen en presencia de un exceso de agua (Tamayo y Bermúdez, 1998). En esta característica tiene influencia la cantidad de los componentes polisacáridos, porosidad y tamaño de partícula de la fibra (Femenia et al., 1997). A mayor capacidad de hinchamiento es adecuado para ser utilizado en la industria de panificación, soluciona problemas relacionados con la pérdida de volumen y humedad proporcionando mayor estabilidad durante la vida de anaquel, al

favorecer una apariencia de fresca dándole al producto una propiedad fisiológica para el organismo, ya que incrementa el volumen de la materia fecal, causando una mayor motilidad intestinal facilitando la evacuación (Cervantes-Zurita et al., 2010).

2.1.3. EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA FIBRA.

Las propiedades intrínsecas físicas y químicas de la fibra y los factores extrínsecos tales como el tiempo y duración de las comidas, el uso concomitante de agua, alcohol y tabaco, la temperatura, la cantidad absoluta y relativa de fibra, otros nutrientes y fluidos en el alimento, la velocidad y extensión de la masticación, digestión y absorción y en general el bienestar del consumidor, todo afecta la interacción y procesos interdependientes en el tracto alimentario que determina los efectos fisiológicos de la fibra ingerida (Schultz, 2010). La fibra dietética se ha relacionado con numerosas enfermedades y procesos que afectan al tubo digestivo, paso natural de los alimentos. Así, la fibra no solo guarda relación con los mecanismos de tránsito intestinal de los alimentos, sino con toda una serie de procesos fisiológicos, como es interferir en la absorción de ciertos nutrientes como la glucosa o el colesterol (Rubio, 2002). Las dietas con un contenido de fibra elevado requieren más tiempo de masticación por lo que enlentecen la velocidad de deglución y esto implica una mayor salivación que va a repercutir en la mejora de la higiene bucal (Escudero-Álvarez y González-Sánchez, 2006).

Las fibras solubles son fermentadas por las bacterias anaeróbicas en el colon, la velocidad, lugar y aumento de la fermentación depende del grado de solubilidad. La fuente y la estructura química de la fibra, la disponibilidad concomitante de fibras más rápidamente fermentables, el tipo y volumen de la flora microbiana y el tiempo de tránsito intestinal. Los principales productos finales de la fermentación son los ácidos grasos de cadena corta, butírico, propiónico y acético y los gases, dióxido de carbono, hidrógeno y metano. Los ácidos grasos de cadena corta mejoran la protección inmune por la promoción de la producción de células T ayudante de células, anticuerpos, leucocitos, y citoquinas, estimula los

mecanismos linfáticos y estabilizan los niveles de glucosa en sangre a través de su acción en la liberación de insulina pancreática (Schultz, 2010).

Los ácidos grasos de cadena corta disminuyen el pH colónico. El bajo pH incrementa la absorción de minerales. Inhibe la enzima que cataliza la formación de ácidos biliares secundarios implicados en la etiología de cáncer de colon y mejora su precipitación y subsecuente excreción. El bajo pH también protege contra la formación de pólipos colónicos, inhibe la adición de irritantes inflamatorios y mejora las propiedades de la barrera de la capa mucosa colónica, de ese modo contribuye a la inmunidad del intestino grueso (Schultz, 2010).

En este sentido, los subproductos de las frutas podrían ser de interés no solo por su contenido importante de fibra sino también por su capacidad antioxidante (Kang et al., 2006; Rehman, 2006). Debido a que tienen alto contenido de fibra y vitaminas así como otros compuestos bioactivos asociados tales como flavonoides y terpenos los cuales exhiben propiedades antioxidantes interesantes (Lario et al., 2004).

2.2. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

Las fibras dietéticas más difundidas en el mercado son las obtenidas a partir de los cereales. Sin embargo, en los últimos años se están desarrollando y comercializando fibras de frutas, que en general presentan una mayor calidad nutricional que los cereales debido a su composición más equilibrada y a la presencia de pequeñas cantidades de compuestos bioactivos asociados a la matriz de la fibra (vitaminas, tocoferoles, polifenoles, carotenoides y fitoesteroles). Algunos de estos compuestos bioactivos se caracterizan por tener capacidad antioxidante y secuestrante de radicales libres (Saura-calixto y Jiménez-Escrig, 2003). Un antioxidante es una molécula capaz de retardar o prevenir la oxidación de otras moléculas (Halliwell et al., 1995). Los antioxidantes actúan generalmente cediendo un electrón o hidrogenión a los radicales libres, transformándose a su vez en un radical libre de naturaleza no toxica y que en algunos casos puede ser regenerado por la acción de otros antioxidantes. De esta manera, los antioxidantes

pueden detener acciones de propagación e inhibir la oxidación de moléculas evitando la alteración en el funcionamiento normal de la célula (Tourinho-Eirin, 2009). Los polifenoles junto con los carotenoides son marcadores de la calidad nutricional de los alimentos. Los polifenoles son conocidos por su capacidad antioxidante como secuestrantes de radicales y su posible papel benéfico en la salud humana (Bravo, 1998; Hollman et al., 1996; Sellapan et al., 2002).

Las propiedades antioxidantes y cardioprotectoras de los polifenoles se deben principalmente a que sus propiedades óxido-reductoras les permiten actuar como agentes donadoras de hidrógenos y estabilizadores de radicales libres como oxígeno reactivo, hidroxilo y superóxido, implicados en la cadena de peroxidación lipídica, además de sus propiedades de quelación de hierro y metales de transición (Lee et al., 2004).

2.2.1. MÉTODOS DE EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE.

a) Ensayo del DPPH (2,2-Difenil-1-picrilhidracilo).

Este ensayo se basa en la reducción del radical DPPH por los antioxidantes de la muestra. La acción de antioxidantes puede ser medida por la señal del radical por resonancia paramagnética nuclear o por la disminución de la absorbancia que se observa a medida que el radical es reducido por el antioxidante (Prior et al., 2005). Se considera un método sencillo y fácil de aplicar, los resultados que se obtienen son altamente reproducibles y comparables con otros métodos que miden de la misma forma la capacidad secuestradora de radicales libres como es el caso del ABTS^{•+} (Gil et al., 2000). El DPPH es un buen método para medir la capacidad antioxidante en fracciones o alimentos. No obstante algunos antioxidantes que presentan un espectro de absorción similar al del radical, como es el caso de los carotenoides, pueden causar interferencia si son cuantificados por ultravioleta visible (UV-VIS 200-750nm) (Nomura et al., 1997).

b) Ensayo TEAC (Capacidad Antioxidante Equivalentes de Trolox).

El ensayo TEAC o ensayo ABTS^{•+}. (2,2-azinobis-(3-etilbenzotiazolin-6-sulfonato)) se basa en medir la capacidad de captación del radical catión ABTS^{•+}. En este ensayo, el ABTS^{•+}.es oxidado *in situ*, generalmente por peróxido de hidrógeno, hasta su forma de radical catión. El ABTS^{•+}.presenta una coloración verde-azulada muy intensa a una longitud de onda de 734 nm que disminuye a medida que los antioxidantes reducen el radical (Sanchez-Moreno, 2002). El ensayo TEAC presenta otras variaciones de protocolo que consisten en hacer reaccionar el ABTS^{•+}.con dióxido de manganeso, persulfato potásico o ABAP (2,2'-azo-bis-(2-amidinopropano), pero estas modificaciones presentan el inconveniente de que requieren largos tiempos de incubación a altas temperaturas (Prior et al., 2005).

A diferencia del DPPH, el radical catión ABTS^{•+}.presenta la ventaja de que es soluble tanto en medios acuosos como orgánicos, lo cual convierte el ensayo TEAC en un método apto para determinar la capacidad antioxidante en soluciones químicas y también en fluidos biológicos (Awika et al., 2003).

Durante esta última década ha habido un gran interés científico y tecnológico en el desarrollo de nuevos sistemas para la obtención de fibras para el consumo humano. Ramulu y Udayasekhara (2003) encontraron elevados contenidos de fibra en algunas frutas tropicales como la piña (20%), guanábana (23.61%) y guayaba (45.22%). Durante el procesamiento de varias frutas como guayaba, naranja, manzana, piña, entre otras, las cáscaras y residuos de pulpa que son obtenidas son ricas en compuestos bioactivos y fibra dietética que tienen beneficios a la salud humana (Ajila et al., 2007).

2.3. PIÑA (*Ananas comosus* L.)

La piña (*Ananas comosus* L.) pertenece a la familia Bromeliáceas, género Anna y especie Sativa, son no climatéricas, produciendo cantidades pequeñas de etileno (Somogyi et al., 1996).

Es una planta, con forma de roseta y de hojas largas, lanceoladas y rígidas que suelen presentar espinas en sus bordes. Bajo condiciones naturales produce a los

dos años para lo cual desarrolla un tallo central erecto sobre el que crece el pedúnculo floral que al madurar origina el fruto característico. La piña es clasificada como una de las frutas más finas de los trópicos y es conocida en todo el mundo, sin embargo su cultivo se reduce a las zonas tropicales y subtropicales. Se estima que la piña tropical fue cultivada por vez primera por los indígenas de Brasil y Paraguay antes de la llegada de los europeos a esas tierras. Por tratarse de una planta auto estéril, no produce semilla botánica, por lo que la reproducción comercial de la piña se hace en forma vegetativa.

2.3.1. PRODUCCIÓN DE PIÑA A NIVEL MUNDIAL Y NACIONAL

Actualmente, son muchos los países productores del fruto, destacando Brasil, Filipinas, Tailandia, Costa Rica, Indonesia, China, India, Nigeria y México, que en conjunto producen más de las dos terceras partes de la producción mundial como se observa en la tabla 1.

Tabla 1. Principales países productores de piña a nivel mundial.

País	Producción (Toneladas)	País	Producción (Toneladas)
Brasil	2,483,831	China	1,386,361
Filipinas	2,458,420	India	1,571,000
Tailandia	2,209,351	Nigeria	1,420,000
Costa Rica	2,685,131	México	771,942
Indonesia	1,837,155	Vietnam	585,120

Fuente: FAOSTAT (2013).

En el 2014 México contribuyó con una producción de 817, 462 toneladas. Los principales estados productores a nivel nacional son Veracruz y Oaxaca de las cuales el estado de Veracruz aportó 567,534.00 toneladas y el estado de Oaxaca aportó 107, 835.22 toneladas. De este último, el distrito de Tuxtepec presentó una producción de 107,373.00 toneladas, siendo representado por los municipios de Loma Bonita y San Juan Bautista Tuxtepec con una producción de 77,943 y 29,430 toneladas respectivamente (SIAP-SAGARPA, 2015).

Se conocen alrededor de quince especies del genero *Ananas*; *A. comosus* (L.) Merr. Es la especie más conocida como piña, no presenta semilla y se propaga por brotes laterales y el enraizado de las hojas que se encuentran arriba del fruto (Figura 1). La piña es la planta más conocida de las 2,700 especies agrupadas en 56 géneros de la familia de las Bromeliaceae. Es el único miembro de esta familia que es cultivado para alimento humano. Otras especies que se cultivan son: *Neoglaziovia vairegata* para la obtención de fibra y como plantas de ornato *Guzmania lingulata*, *Aechmea fasciata* y *Vreisia splendens*.

La familia Bromeliaceae crece en las regiones tropicales y subtropicales del Continente Americano (Neotropical). El mayor número de especies provienen de Sudamérica, siendo Brasil uno de los más ricos en esta zona (Smith y Downs, 1979).

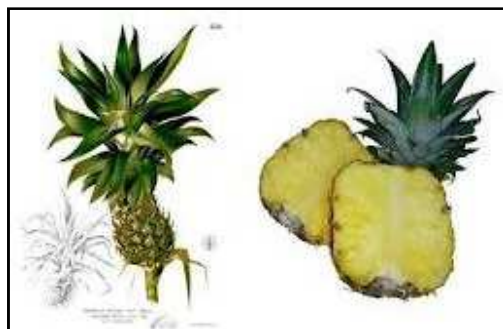


Figura 1. Planta y fruto de piña.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Ananas_comosus 2015

La piña es una planta perenne, monocotiledonea herbácea, se le llamo la fruta de los dioses, es una especie terrestre, nativa de Sudamérica posiblemente del Brasil, y domesticada en la parte central de este continente por su fibra antes de que los europeos la conocieran en el Caribe. Cristóbal Colon fue quien la llevo a España desde la Isla Guadalupe en 1493. Dependiendo de la región en donde se encuentre, recibe nombre diferentes, siendo los más comunes el de nana, ananas, mayzali, arana, piña tropical y piña de azúcar.

2.3.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA PIÑA

La composición de la parte comestible del fruto de la piña presenta variaciones relacionadas con el manejo de la plantación, ambiente y madurez. Tiene un contenido de agua del 81 a 86%, quedando el restante 14 a 19% como sólidos totales: de ellos la sacarosa, glucosa y fructosa son los principales componentes, con valores de 11 a 15 grados brix; en conjunto, los carbohidratos representan hasta el 85% de los sólidos totales y la fibra de 2 a 3%. Está libre de grasa y colesterol. Es rica en minerales tales como calcio, potasio, fósforo, silicio, magnesio y cobre. Entre sus componentes nutritivos importantes figuran su alto contenido en vitamina C, la vitamina A y el complejo B, cómo se muestran en la tabla 2. De los ácidos orgánicos, el cítrico es el más abundante, con cantidades que varían entre 0.4 a 1.2%. La pulpa se caracteriza por bajas cantidades de cenizas y compuestos nitrogenados en 0.1%. Del 25 a 30% de los compuestos nitrogenados corresponden a la proteína, de la que casi el 80% tiene actividad enzimática proteolítica y es conocida como bromelina, la cual entre otras cosas se utiliza como ablandadora de carnes (Rebolledo et al., 1998).

Tabla 2. Composición química de la piña.

ELEMENTO O COMPUESTO	TOTAL
Agua (%)	85.1
Proteínas (%)	0.1
Grasas (%)	0.1
Carbohidratos (%)	13.5
Fibras (Mg)	5.6
Cenizas (%)	0.1
Calcio (Mg)	21
Fósforo (Mg)	10
Hierro (Mg)	0.4
Vitamina C U.I	12
Calorías Kcal	61

Fuente: Corabastos-Santander (2002).

En cáscara de piña se ha encontrado valores de fibra dietética de 70.6%, asociada a un elevado contenido de mirecitina, principal polifenol identificado y que puede

ser el responsable de la actividad antioxidante encontrada en este subproducto (Larrauri et al., 1997).

En virtud del potencial terapéutico de la fibra dietética, están siendo desarrollados productos alimenticios con una mayor incorporación de fibra (Abdul y Luan, 2000). La fibra en los alimentos puede cambiar su consistencia, textura comportamiento reológico y características sensoriales en el producto final. Debido a esto, hasta hace poco, su uso en altas cantidades había sido limitado. La emergencia de nuevas fuentes de fibras, un mejor entendimiento y mejora de la funcionalidad de la fibra (todos los parámetros que hacen un alimento aceptable para el procesamiento y para el consumidor) ha ofrecido nuevas oportunidades de su uso en la industria alimenticia (industria panificadora). Además del propósito nutricional, la fibra puede ser usada para procesos económicos y tecnológicos (Guillon y Champ 2000).

2.4. EL PROCESO DE PANIFICACIÓN

La panificación es una rama importante de la industria alimentaria, la cual se remonta a los egipcios. El horneado es un proceso que se emplea en la mayoría de los productos de panificación. Para que un pan adquiriera las características tanto sensoriales como fisicoquímicas deseadas, es de suma importancia la selección de la harina de trigo. El esponjamiento que presenta el producto depende en su mayoría de la calidad de la harina de trigo. La formación de una masa panaria se da a partir de la mezcla de harina de trigo con otros ingredientes como sal, agua, grasa, levadura y azúcar, haciendo una dispersión de estos mediante el amasado. Posteriormente se deja reposar para que haya una interacción de los componentes químicos y se dé la fermentación produciendo anhídrido carbónico que es el responsable del aumento de volumen (Pyler, 1988).

Para formar una masa con consistencia, se mezcla el agua con la harina de trigo, dando origen al gluten, el cual se forma debido a la interacción entre las proteínas del trigo, a las que se le atribuyen cambios en las propiedades de viscoelasticidad y cohesividad. La cantidad de agua recomendada es de 60 partes por cada 100

partes de harina, aumentando proporcionalmente con el contenido de proteína y la interacción de estas con el almidón y los lípidos. El contenido de proteínas de la harina de trigo es de 10 a 12% y principalmente son glutelinas y prolaminas del citoplasma de las células del endospermo del grano. Las glutelinas del trigo también reciben el nombre de gluteninas y las prolaminas el de gliadina, ambas conforman casi el 85% de la fracción proteica (Badui, 1990).

El agua hidrata las proteínas de la harina para que se pueda formar el gluten y sea posible la gelatinización durante el horneado. El agua convertida en vapor de agua también sirve como agente leudante. El azúcar además de contribuir a la dulzura da suavidad al producto horneado, es un medio para la incorporación de aire durante el batido. Si esta es insuficiente la reacción de Maillard se reduce durante el horneado, resultando en un pan pálido y sin sabor. Interviene también en el color del producto al final y esto es atribuido a la acción de los azúcares reductores con las proteínas. La grasa se incluye en el batido y en la masa para ablandar el producto. En parte repele al agua de las partículas de harina facilitando la formación de gluten (Charley, 1988)

Estudios científicos con fibra dietética en la elaboración de pan se han enfocado a la variedad, proporción de uso y tamaño de partícula de la fibra. La presencia de fibra en productos de panificación incrementa su valor nutritivo, pero también influye en la calidad final (Anil, 2007; Poltorak y Zalewska, 2007). Además de las propiedades promotoras de salud, la fibra agregada a los productos alimenticios influye en sus propiedades físicas y tecnológicas: influye en la textura y consistencia, disminuye el contenido de grasa, facilita la formación de emulsiones, facilita el enlazamiento de agua, previene el apelmazamiento, y cambios en el color del producto (Poltorak y Zalewska, 2007).

También ha sido demostrado que diferentes fuentes de fibra pueden tener diferentes efectos metabólicos y fisiológicos. Las propiedades químicas y físicas y el destino durante el tránsito intestinal y la fermentación de la fibra dietética ha sido demostrado que determina su efecto fisiológico e impacto metabólico cuando son consumidos. Los alimentos ricos en fibra son usualmente recomendados para

diabéticos como se supone que reducen la respuesta glucémica de los alimentos y por consecuencia reduce la necesidad de insulina. De hecho la mayoría de los datos en el índice glucémico muestran que la mayoría de los alimentos no fraccionados exhibían tal efecto (Guillon y Champ, 2000).

2.5. ÍNDICE GLUCÉMICO (IG)

El índice glucémico categoriza los alimentos que contienen hidratos de carbono en relación a su capacidad de incrementar los niveles de glucemia (velocidad y magnitud). Se mide comparando el incremento de la glucemia inducido por un alimento aislado, en condiciones isoglucídicas (50 g de Hidratos de carbono), con el inducido por un alimento de referencia, siendo los más utilizados una solución de glucosa pura o el pan blanco. La comparación de las sumatorias de los valores de glicemia o el área bajo la curva en las dos horas siguientes a la ingesta del alimento estudiado con los cambios observados con el alimento elegido como referencia, define el IG. Los valores del IG se agrupan en tres categorías: IG alto (≥ 70), IG intermedio (59-69) y IG bajo (0-55).

El índice glucémico es el producto de una serie de factores físicos y químicos que interactúan en el alimento, entre los que destacan las técnicas de procesamiento (molienda y congelación), culinarias (calor, agua y tiempo de preparación), tipo de almidones (amilosa y amilopectina), contenido de fibra, tipos de hidratos de carbono, contenido de grasa y acidez (utilización de vinagre y jugo de limón) (Arteaga-Llona, 2006).

El concepto de índice glucémico es una extensión de la hipótesis de fibra, sugiriendo que el consumo de fibra reduce la velocidad de la entrada de los nutrientes al intestino. El índice glucémico tiene particular importancia para las enfermedades crónicas occidentales asociadas con la obesidad y resistencia a la insulina. Estudios anteriores han demostrado que los alimentos ricos en almidón tienen diferentes efectos en la glucosa sanguínea postprandial y respuesta a la insulina en sujetos saludables y diabéticos, dependiendo de la velocidad de digestión. Un rango de factores asociados con el consumo de alimentos demostró

que altera la velocidad de absorción de glucosa y subsecuentemente la glucemia e insulinemia. El índice glucémico es el índice de la respuesta glucémica de una cantidad fija de carbohidratos disponibles de un alimento evaluado a la misma cantidad de carbohidratos disponibles de un alimento estándar consumido por el mismo sujeto (Jenkins et al., 1981; Wolever et al., 1985). Respecto a estos beneficios en la última década se han realizado estudios de fibras de diferentes fuentes por ejemplo garbanzo, (Utrilla-Coello et al., 2007), inulina (Peressini y Sensidoni, 2009), subproductos de uva (Mildner-Szkudlarz et al., 2011), almidón resistente, pectina y mezclas de fibras (Rosell y Santos, 2010) para ser adicionados a distintos tipos de alimentos y así denominarlos como alimentos funcionales.

2.6. ALIMENTOS FUNCIONALES

En la actualidad, el concepto de nutrición ha evolucionado notablemente gracias a la investigación constante en ciertas áreas de interés. Las prioridades ya no se encuentran centradas en las carencias nutricionales, cara biológica de la pobreza; el interés actual radica en la relación entre alimentación y enfermedades crónicas no transmisibles, considerando los efectos de la nutrición sobre desarrollo cognitivo y psicomotor, inmunidad, crecimiento y composición corporal, entre otros.

Los consumidores, conscientes de sus necesidades buscan en el mercado aquellos productos que contribuyen a su salud y bienestar. Siguiendo esta tendencia, reciben abundante información sobre las propiedades saludables de los alimentos, en especial aquellos alimentos que ejercen una acción beneficiosa sobre algunos procesos fisiológicos y/o reducen el riesgo de padecer una enfermedad. Estos alimentos que promueven la salud han sido denominados Alimentos funcionales (AF) y las empresas que los producen presentan una rápida expansión mundial (Araya y Lutz, 2003).

Un alimento puede considerarse funcional si además de sus efectos nutricionales, presenta beneficios demostrados por una o más funciones del organismo humano, que mejora el estado de salud o reduce el riesgo de enfermedades (Martínez-Alvarez et al., 2003).

Aunque no se ha logrado una definición del término alimentos funcionales que se acepte globalmente, el concepto general es que son alimentos o componentes alimenticios cuyo consumo además de una nutrición básica, genera beneficios para la salud y/o reduce el riesgo de enfermedad. Un alimento o componente alimenticio funcional puede ser un macronutriente con un efecto fisiológico específico o un micronutriente esencial, pero también puede ser un componente alimenticio que aunque no tenga un alto valor nutritivo o no esencial, su consumo logre la modulación de alguna función en el organismo que reduzca el riesgo de enfermedad, como es el caso de la fibra y algunos microorganismos viables (Roberfroid 2000).

El consumo de carbohidratos de rápida digestión permite el aumento rápido de la glucosa en sangre e insulina. Por lo tanto, comidas altas en carbohidratos resulta en un rápido aumento de los niveles de glucosa en sangre (Menezes y Lajolo, 2006). Los biomarcadores conocidos como el índice glucémico (IG) y la carga glucémica (CG) clasifica la calidad de los carbohidratos y alimentos respectivamente, de acuerdo con la capacidad de aumentar la glucosa en sangre. Conociendo los alimentos que tienen un bajo índice glucémico o baja carga glucémica, puede facilitar la planificación dietaria y, esto, regular los niveles glucémicos (OMS/FAO, 2003).

2.7. PRUEBAS SENSORIALES

Las pruebas orientadas al consumidor incluyen las pruebas de preferencia, pruebas de aceptabilidad y pruebas hedónicas (grado en que gusta un producto). Estas pruebas se consideran pruebas del consumidor, ya que se llevan a cabo con paneles de consumidores no entrenados. Aunque los panelistas se les puede

pedir que indiquen directamente su satisfacción, preferencia o aceptación de un producto, a menudo se emplean pruebas hedónicas para medir indirectamente el grado de preferencia o aceptabilidad.

2.7.1. PRUEBAS HEDÓNICAS

Las pruebas hedónicas están destinadas a medir cuanto agrada o desagrade un producto. Para estas pruebas se utilizan escalas categorizadas, que pueden tener diferente número de categorías y que comúnmente van desde “me gusta muchísimo”, pasando por “no me gusta ni me disgusta”, hasta “me disgusta muchísimo”. Los panelistas indican el grado en que les agrada cada muestra, escogiendo la categoría apropiada (Watts et al., 1992).

3. JUSTIFICACIÓN

Durante algunos procesos industriales se generan subproductos que cuando no son reciclados causan diversos problemas ambientales, como en el caso de la piña, que de su industrialización se generan subproductos (residuos de pulpa, corazón, cáscara) que generalmente solo se utilizan como alimento para ganado y como materia para compostas. Estos residuos pueden ser tratados para obtener nuevas fuentes de fibra y ser adicionados a productos alimentarios, además de que en los últimos años, ha existido un creciente interés en el estudio de las propiedades de ciertas frutas y vegetales con alto poder antioxidante para potenciar su consumo debido a su efecto positivo sobre la salud. Por lo que ante las nuevas tendencias de alimentación, actualmente se desarrollan nuevos productos especiales por sus efectos sobre la salud y que proporcionan un concepto de vida más integral y confortable, estos son los productos nutracéuticos o funcionales. Con el uso de estos, se busca principalmente modificar formulaciones con ingredientes mejorados y crear con ellos opciones alimenticias para los consumidores.

El desarrollo de alimentos enriquecidos con fibra dietética ha tenido su origen en las encuestas alimentarias que han arrojado información acerca de la baja ingesta de fibra, por una parte y además, en las publicaciones que señalan un aumento en la prevalencia de patologías asociadas al bajo consumo de ésta, por lo tanto, se ha buscado su incorporación en productos de panificación (panqué) considerándose como un medio para aumentar el consumo de fibra insoluble y soluble para cubrir las cantidades recomendadas en la dieta habitual.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL.

- Obtener y determinar las características químicas, funcionales y de digestibilidad de las harinas de piña (*Ananas comosus* L.) con alto contenido de fibra dietética y evaluar el efecto de su adición sobre las características de digestibilidad en un producto de panificación.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obtener las harinas de las diferentes secciones de piña.
- Realizar la caracterización químico proximal de las harinas.
- Determinar el contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble de las harinas.
- Determinar las propiedades funcionales de las harinas obtenidas.
- Determinar la capacidad antioxidante presente en las harinas.
- Elaborar panques con la adición de diferentes porcentajes de harina de piña.
- Elegir la formulación más adecuada mediante un análisis de textura.
- Realizar la caracterización químico proximal de los panques elegidos.
- Determinar el contenido de fibra dietética total, soluble e insoluble de los panqués.
- Determinar la capacidad antioxidante presente en los panqués.
- Realizar el análisis de digestibilidad de los panqués.
- Realizar una prueba sensorial hedónica para evaluar el grado de aceptación por los consumidores.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. MATERIA PRIMA

Se utilizó la fruta de la piña (*Ananas comosus* L.) variedad MD2, que fueron proporcionados por productores de la región de la cuenca del Papaloapan en el municipio de Loma Bonita del Estado de Oaxaca.

5.2. OBTENCIÓN DE LAS HARINAS DE PIÑA

Las piñas obtenidas fueron lavadas completamente con agua y jabón, posteriormente fueron cortadas y separadas en diferentes secciones (pulpa, cáscara, corazón y piña entera), se prensaron y lavaron varias veces con agua caliente (alrededor de 40 °C), el residuo obtenido fue colocado en charolas de acero inoxidable y se secó en una estufa de gas artesanal durante 24 h a una temperatura de 40±2 °C. Ya secas las muestras se molieron con una licuadora marca Oster de 9 velocidades y después se hizo pasar a través de un tamiz de malla No. 40 (con un tamaño de partícula de 425 µm) para homogenizar el tamaño de partícula. La harina obtenida se almacenó en bolsas de plástico con cierre y colocadas en recipientes con tapas cerrados hasta su análisis.

5.3. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA PROXIMAL DE LAS HARINAS DE PIÑA OBTENIDAS

5.3.1. DETERMINACIÓN DE HUMEDAD

Se realizó de acuerdo al método No. 44-16, de la AACC, (2000) se utilizaron charolas de aluminio a peso constante. En las charolas se pesaron 3 g de muestra. Las charolas con la muestra fueron depositadas en un horno de secado marca FELISA modelo FE-291 a una temperatura de 110 °C durante 3 h. Posteriormente se dejaron enfriar en un desecador y finalmente fueron pesadas hasta que las dos últimas cifras decimales no variaron. El porcentaje de humedad se obtuvo por diferencia de peso, sustituyendo los datos en la ecuación 1.

$$\% \text{ Humedad} = \frac{PI-PF}{PI-PC} \times 100 \dots\dots\dots(1)$$

DONDE:

%Humedad = Porcentaje de humedad

PI= Peso de charola con muestra fresca (g)

PF= Peso de charola con muestra seca (g)

PC= Peso de charolas sin muestra (g)

5.3.2. DETERMINACIÓN DE CENIZAS

Se realizó mediante el método No. 08-14, AACC, (2000). Donde se pesaron 2 g de muestra en crisoles de porcelana que previamente fueron llevados a peso constante, la muestra se carbonizó sobre la flama de un mechero; posteriormente se colocó en una mufla de laboratorio marca FELISA modelo FE-340 a 550 °C durante 5 h. Finalmente se trasladaron a un desecador con sílica gel para enfriarse y pesarse. El contenido de cenizas se determinó por diferencia de peso sustituyendo los valores en la ecuación 2.

$$\%C = \frac{B-A}{M} \times 100 \dots\dots\dots(2)$$

DONDE:

% C= Porcentaje de cenizas

A= Peso del crisol vacío (g)

B= Peso del crisol con cenizas (g)

M= Peso de la muestra (g)

5.3.3. DETERMINACIÓN DE LÍPIDOS

Se pesaron 3 g de muestra en papel filtro y se colocaron en la trampa con sifón de vidrio. En un matraz a peso constante, se adicionaron 90 mL de éter de petróleo y este se sujetó junto con la trampa al extractor Soxhlet. Los lípidos fueron extraídos a reflujo durante 5 h a una velocidad de condensación de 2 a 3 gotas por segundo. Transcurrido este tiempo, la muestra fue retirada del equipo extractor. El contenido de lípidos fue determinado con la ecuación 3:

$$\% EE = \frac{B - A}{M} \times 100 \quad (3)$$

DONDE:

%EE= Porcentaje de extracto etéreo

A= Peso del matraz a peso constante (g)

B= Peso del matraz con extracto etéreo (g)

M= Peso de la muestra (g)

5.3.4. DETERMINACIÓN DE PROTEÍNAS

El porcentaje de proteínas se determinó indirectamente por la cuantificación de Nitrógeno total utilizando el método de Kjeldahl. Se pesó 1 g de muestra en un matraz de Kjeldahl, y se le agregó 1 g de sulfato de cobre, 10 g de sulfato de potasio y 15 mL de ácido sulfúrico. El matraz fue colocado en el digestor y se calentó lentamente, hasta que se observó que el contenido del matraz estuviera claro, se apagó y se dejó enfriar a temperatura ambiente. Por otro lado, en un matraz Erlenmeyer se adicionaron aproximadamente 50 mL de ácido bórico al 4%, agregándole 10 gotas de indicador de Wesslow para recibir el destilado. Se destiló hasta recolectar 100 mL en el matraz. Finalmente la muestra fue titulada con ácido clorhídrico 0.1N.

Instituto Tecnológico de Tuxtepec-Maestría en Ciencias en Alimentos

Se utilizaron las ecuaciones 4 y 5 para calcular el porcentaje de nitrógeno total y el porcentaje de proteína cruda presente en la muestra.

$$\%N = \frac{(V2 - V1)(eqN)N}{M} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

%N= Porcentaje de nitrógeno total

V1= Volumen de ácido clorhídrico (HCl) gastado en titular el blanco (ml).

V2= Volumen de ácido clorhídrico (HCl) gastado en titular la muestra (ml).

eqN= 14.007.

N= Normalidad de ácido clorhídrico (HCl).

M= peso de la muestra (mg)

(5)

$$\%P.C = \%N \times f$$

Donde:

% P.C.= Porcentaje de proteína cruda.

%N= Porcentaje de nitrógeno total.

f= Factor de corrección.

5.4. FIBRA DIETÉTICA TOTAL (FDT), INSOLUBLE (FDI) Y SOLUBLE (FDS).

La fibra dietética total se determinó por el método 32.05 de la AACC (2000), el cual se fundamenta en utilizar una combinación de enzimas: α -amilasa termoestable, amiloglucosidasa y proteasa, para digerir y eliminar almidón y proteínas; quedando el material no digerible (fibra) el cual se filtra y se pesa. El residuo fibroso se corrige por proteína residual y contaminación por las cenizas. Para ello se utilizaron cuatro crisoles a peso constante, los cuales primeramente se colocaron en una mufla de laboratorio marca FELISA modelo FE-340 durante 45 min a 550 °C (para eliminar todas las impurezas que pudieran tener), posteriormente se les agregó 0.5 g de celite (sigma C-8656) y se añadió 10 mL de

etanol al 78% que se eliminó utilizando vacío. Los crisoles se colocaron en un horno de secado marca FELISA modelo FE-291 a 130 °C durante 90 min, se dejaron enfriar en el desecador y se pesaron. Por otro lado, se pesó 1 g de muestra en vasos de precipitado tipo falcón de 600 mL, a los cuales se les adicionó 50 mL de regulador de fosfato pH 6.0 y 0.1 mL de α -amilasa termoestable (A3306, Sigma-Aldrich, USA). Los vasos se cubrieron con papel aluminio y se colocaron en un baño de agua a ebullición durante 15 minutos y se agitó cada 5 minutos, luego de que la temperatura interna de los vasos alcanzó los 95 °C. Se dejaron enfriar a temperatura ambiente y se ajustó el pH a 7.5 agregando 10 mL de NaOH 0.275 N.

Posteriormente se adicionó 0.1 mL de solución de proteasa de *Bacillus licheniformis* (P3910, Sigma, USA), a una concentración de 5 mg de proteasa/ 0.1 mL de regulador fosfatos pH 6., la cual fue preparada antes de ser usada y, se incubó en un baño de agua con agitación a 60 °C con agitación constante por 30 min. Se dejó enfriar y se agregó HCl 0.325 N para ajustar pH a 4.5. Se agregaron 0.1 mL de amiloglucosidasa de *Aspergillus niger* (A9913, Sigma-Aldrich, USA) y, se incubaron a 60 °C en agitación constante por 30 min, se adicionó 280 mL de alcohol al 95%, se precipitó toda la noche a temperatura ambiente. Se procedió a filtrar sobre el crisol previamente preparado. Se aplicó vacío y se lavó el precipitado sucesivamente 3 veces con 20 mL de alcohol etílico al 78%, 2 veces con 10 mL de alcohol etílico al 95% y 2 veces con 10 mL de acetona. El residuo obtenido se puso a peso constante en horno de secado marca FELISA modelo FE-291 a 60 °C/12 h. Los cálculos fueron realizados sustituyendo los valores en la ecuación 6.

$$\%FDT = \frac{R_{muestra} - P_{muestra} - C_{muestra}}{\text{Peso de la muestra (mg)}} \times 100 \quad (6)$$

Donde:

%FDT = Fibra dietética total (%).

R_{muestra} = peso del residuo (mg).

P_{muestra} = peso de la proteína (mg).

C_{muestra} = peso de la ceniza (mg).

El contenido de FDI se realizó con la misma técnica que para FDT, con la diferencia de que en éste análisis se elimina la adición del volumen de alcohol al 95%, de esta forma se evita el precipitado de ambas fracciones (fibra soluble e insoluble) y sólo se obtiene la fracción insoluble. Los lavados se hicieron con agua caliente (70 °C). Los cálculos del porcentaje de este componente se realizaron sustituyendo los valores en la ecuación 6. El contenido de FDS fue calculado restando el valor de FDI a la FDT (ecuación 7).

$$\%FDS = FDT - FDI \quad (7)$$

5.5. DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES FUNCIONALES

5.5.1. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE AGUA (CRA)

La propiedad de CRA se determinó mediante el método propuesto por Larrauri et al. (1996). Se pesó 250 mg de harina en tubos de polipropileno de 50 mL de capacidad marca Duran, se adicionó 25 mL de agua destilada y se mantuvo en agitación constante a tres diferentes temperaturas (40, 60 y 80 °C). Posteriormente se centrifugaron a 3000 x g/15 min, a 4 °C, se eliminó el sobrenadante y los residuos obtenidos se pesaron para calcular la retención de agua por diferencia de peso (ecuación 8).

$$CRA = (\text{peso del residuo con agua} / \text{peso del residuo seco}) \times 100 \quad (8)$$

5.5.2. CAPACIDAD DE RETENCIÓN DE ACEITE (CRAc)

Se utilizó el método planteado por Larrauri et al. (1996). Se pesaron 250 mg de muestra seca, se adicionaron 25 mL de aceite comercial (marca 123) de cártamo/girasol y se mantuvo en agitación constante en un multiagitador de 15 plazas Multi-stirrer marca VELP Scientific a 40, 60 y 80 °C durante 1 h. Posteriormente se centrifugaron a 3000 x g a 4 °C y los residuos se pesaron para calcular la CRAc de la siguiente manera (ecuación 9).

$$CRAc = (\text{peso del residuo con aceite} / \text{peso del residuo seco}) \times 100 \quad (9)$$

5.5.3. CAPACIDAD DE HINCHAMIENTO (CH)

Se pesaron 0.2 g de muestra en una probeta de 50 mL. Posteriormente se mide el volumen inicial (mL) ocupado por la muestra, se le adiciona un exceso de agua (5 mL) y se agitó vigorosamente. Se dejó reposar durante 24 h, transcurrido el tiempo se midió el volumen final (mL) ocupado por la muestra. Los resultados se expresaron en mL de agua/g muestra y se calculó mediante la ecuación 10.

$$CH = \frac{V_{final} - V_{inicial}}{\text{Peso de la muestra}} \quad (10)$$

5.6. EXTRACCIÓN DE COMPUESTOS POLIFENÓLICOS.

Se pesó 1 gramo de muestra en tubos con tapa de rosca con volumen de 50 mL, al cual se le agregaron 10 mL de metanol grado HPLC y se dejó reposando a temperatura ambiente durante 24 h y con agitación constante. Posteriormente se introdujeron en una centrifuga marca Rotanta 460 R DE HETTICH a 1500 x g por 10 min. El sobrenadante fue recuperado y almacenado en refrigeración y en recipientes color ámbar para su posterior análisis.

5.7. DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD ANTIOXIDANTE POR LA INHIBICIÓN DEL RADICAL ABTS^{•+}

Para este caso se utilizó la metodología propuesta por Nenandis et al. (2004) la cual se describe a continuación: el radical ABTS^{•+} se preparó haciendo reaccionar 5 mL de una solución acuosa de ABTS^{•+} 7nM y 88 µL de una solución de persulfato de potasio 140 mM. La mezcla fue almacenada en la obscuridad por 16 h en agitación constante en un multiagitador de 15 plazas Multi-stirrer marca VELP Scientific, la solución del radical catiónico fue diluida con metanol hasta obtener una absorbancia inicial de 0.7 ± 0.05 a 734 nm. La solución de estudio fue preparada en una celda con 3.9 mL del radical ABTS^{•+} y 0.1 mL de muestra, después se agito hasta que la mezcla fue homogénea y se leyó en un espectrofotómetro (espectronic Genesys 5, Spectronic Instruments, Inc. Rochester, N. Y. USA) a una longitud de onda de 734 nm. La disminución de la absorbancia fue monitoreada cada minuto en un periodo de 0 a 6 minutos.

La capacidad antioxidante fue medida en términos de equivalencias de Trolox (TEAC, por sus siglas en inglés) y se preparó una curva estándar en una concentración de 30 a 1000 µM. Por lo tanto los resultados fueron reportados como micromoles de equivalentes de Trolox / gramo de muestra (µmol eq Trol/g).

5.8. FRACCIÓN INDIGERIBLE TOTAL (FIT), SOLUBLE (FIS) E INSOLUBLE (FII)

Se empleó el método propuesto por Saura-Calixto et al. (2000). Un día antes de llevar a cabo el análisis, se colocaron tubos de vidrio para centrifuga de 50 mL a peso constante. Posteriormente se pesó 300 mg de muestra en base seca dentro de los tubos, se agregó 10 mL de regulador KCl-HCl y se ajustó el pH a 1.5. Posteriormente se añadió 0.2 mL de solución de pepsina (P7000, Sigma-Aldrich, USA; 60 mg de pepsina/0.2 mL de solución tampón pH 1.5) a cada tubo. Se incubó a 40 °C durante 1 h con agitación constante. Se agregaron 5 mL de solución tampón de fosfatos y se ajustó el pH a 7.5, se adicionó pancreatina (P1750, Sigma-Aldrich, USA; 5 mg/mL), lipasa (L3126, Sigma-Aldrich, USA; 7 mg/

2 mL), extracto biliar (B86316, Sigma-Aldrich, USA; 17.5 mg/ 2 mL), por tubo. Las enzimas fueron mezcladas con regulador de fosfatos a pH 7.5. Los tubos se incubaron a una temperatura de 37 °C en baño de agua caliente durante 1 h, después, se adicionó 9 mL de regulador de trismaleato a cada tubo y ajustó el pH a 6.9. Se agregó 1 mL de α -amilasa pancreática porcina (P1750, Sigma-Aldrich, USA; 120 mg/mL de regulador de trismaleato). Posteriormente se incubó a 37 °C por 16 h. Se introdujo a una centrifuga marca Rotanta 460 R DE HETTICH a 2500 x g/15 min a 4 °C. Se recogió el sobrenadante y lavó el precipitado con 10 mL de agua destilada (al menos dos veces). Se secaron los tubos con residuos en la estufa a 100 °C por 16 h. Después, los tubos fueron enfriados en un desecador para ser pesados.

Los sobrenadantes se traspasaron a bolsas de diálisis (D9652, Sigma-Aldrich, tamaño de poro para moléculas de 12000 Da). Las bolsas de diálisis fueron colocadas en un baño de agua a 25 °C con un flujo de agua de 30 mL/15 s durante 48 h. Transcurrido el tiempo, el contenido de las bolsas de diálisis se transfirió a un matraz aforado de 100 mL aforando con agua destilada. En un matraz Erlenmeyer de 250 mL se adicionaron 17 mL de muestra y 1 mL de H₂SO₄ concentrado. Enseguida, la muestra fue calentada en un baño a ebullición durante 90 min y después enfriada a temperatura ambiente. De la muestra se tomó 1 mL el cual fue colocado en un tubo que contenía 1 mL de DNS (ácido dinitrosalicílico). El pH fue ajustado con NaOH concentrado; aproximadamente se adicionaron 0.5 mL para obtener un pH neutro.

Nuevamente las muestras fueron calentadas en un baño de agua a ebullición durante 15 min y después fueron enfriadas a temperatura ambiente, posteriormente se agregaron 15 mL de agua destilada. Por último, se leyeron las absorbancias en un espectrofotómetro (Spectronic Genesys 5, Spectronic Instruments, Inc. Rochester, N. Y. USA), a una longitud de onda de 530 nm.

5.9. ELABORACIÓN DE LOS PANQUÉS ADICIONADOS CON FIBRA.

Tomando en consideración los resultados obtenidos en la caracterización físico-química de las harinas y la evaluación de las propiedades funcionales, se elaboraron panqués con diferentes formulaciones variando el porcentaje de sustitución de la harina de trigo por harina de piña como se muestra en la tabla 3. Así mismo se realizó el análisis de textura mediante el texturómetro TAX2HDi mediante la fuerza de punción y compresión los cuales se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de piña y análisis de textura en los panqués elaborados.

Tipo de panqué	Porcentaje de sustitución	Fuerza de punción (N)	Fuerza de compresión (N)
Pan control	0	95.07	1119.80
HPC	25/75	104.24	1151.40
	30/70	162.45	1590.15
	35/65	180.74	2184.00
	40/60	218.03	2103.60
HCZ	10/90	92.00	801.05
	15/85	81.60	814.50
	20/80	122.12	821.00
	25/75	162.42	1181.80
HP	25/75	147.20	823.00
	30/70	218.90	1236.35
	35/65	230.53	1315.85
	40/60	235.90	1354.63
HC	20/80	146.78	989.05
	25/75	143.83	1130.00
	30/70	174.83	1205.80
	35/65	183.70	1372.85

HT: Harina de trigo, HPC: harina piña completa, HCZ: harina corazón, HP: harina pulpa. HC: harina cáscara.

Para elegir la formulación más apropiada para elaborar los panqués, se procedió a llevar a cabo una evaluación de textura determinando la fuerza de punción y la fuerza de compresión presente en los panqués.

5.10. TASA DE DIGESTIÓN *IN VITRO* DEL ALMIDÓN Y PREDICCIÓN DEL ÍNDICE GLUCÉMICO (IG) EN LOS PANQUÉS.

Se empleó el método propuesto por Holm et al., (1985). Se pesaron 500 mg de almidón potencialmente disponible en matraces Erlenmeyer de 125 mL. Posteriormente se adicionaron 50 mL de regulador de fosfatos, se incubaron a 37 °C por 30 min, antes de agregar la enzima se tomaron alícuotas de 0.2 mL de cada matraz para medir el tiempo cero, las alícuotas fueron colocadas en tubos de ensaye con 0.8 mL de agua destilada y 1 mL de ácido (3,5-dinitrosalicílico) (DNS). En intervalos de 30 s, se adicionó 1 mL de una solución de α -amilasa pancreática porcina (P1750, Sigma, USA; 40 mg de α -amilasa/mL) por matraz, se incubaron en un baño de agua a 37 °C/90 min con agitación constante. Cada 15 min, se tomaron alícuotas de 0.2 mL, hasta completar 90 minutos, las alícuotas se colocaron en tubos de ensaye con agua destilada y DNS, como en el tiempo cero. Las alícuotas fueron tomadas en el orden en que fue agregada la enzima en los matraces, respetando los 30 s entre matraz y matraz. Los tubos se colocaron en un baño con agua a ebullición por 15 min. Se dejaron enfriar y se les agregaron 15 mL de agua destilada. Se leyeron las absorbancias a 530 nm. Previamente se preparó una curva patrón de maltosa. Para realizar los cálculos se utilizó la ecuación 11.

$$\% \text{Hidrólisis} = \frac{\text{mg de maltosa} * 0.95 * 100}{0.2 * \text{peso de la muestra (mg)}} \quad (11)$$

Para obtener la predicción del índice glucémico (pIG) se utilizó el valor del porcentaje de hidrólisis a los 90 minutos y se sustituyó en la ecuación propuesta por Goñi et al., (1997) donde se aplicó la ecuación 12.

$$\text{pIG} = 39.21 + 0.803 (\% \text{H } 90) \quad (12)$$

5.11. DIGESTIBILIDAD DEL ALMIDÓN: ALMIDÓN DE RÁPIDA DIGESTIÓN (ARD) Y ALMIDÓN DE LENTA DIGESTIÓN (ALD)

Se realizó mediante la metodología propuesta por Englyst et al., (1992). Su método involucra la digestión de una muestra con enzimas y la detección de la glucosa liberada utilizando un procedimiento colorimétrico usando un mecanismo de glucosa oxidasa. La cantidad de glucosa liberada como resultado de la digestión fue reportada como almidón de rápida digestión (ARD), almidón de lenta digestión (ALD), y almidón total (AT). Se pesaron 400 mg de muestra y 25 mg de goma guar en matraces de 250 mL a los cuales se les agregó 5 canicas pequeñas y 10 mL de HCl 0.05 M. Posteriormente se agregó 5 mL de una solución de pepsina (P7000, Sigma-Aldrich, USA; 26.1 mg de pepsina/5 mL de HCl 0.05 M) y se incubaron con agitación orbital (160 strokes/min) a 37 °C por 30 minutos. Se agregó 5 mL de acetato de sodio 0.25 M a cada muestra y se continuó mezclado en un baño de agua a 37 °C. Posteriormente se preparó una mezcla enzimática con 0.5 g de pancreatina (P1750, Sigma, USA) en un tubo tipo falcón y se le adicionaron 3.4 mL de agua destilada y se agitó por 10 min después se centrifugo a 1500 g durante 5 min. Se tomó una alícuota de 2.3 mL del sobrenadante y se mezcló con las soluciones de invertasa grado VII (14504, Sigma-Aldrich, USA) y amiloglucosidasa (A7095, Sigma-Aldrich, USA), (se pesó 7.5 mg/mL de invertasa y diluyó con 0.33 mL de agua destilada (hacer el cálculo para 0.33 mL). Se midieron 230 μ L de amiloglucosidasa (140 UAG/mL) y se diluyeron con 270 μ L de agua destilada (cálculo para una muestra). Se agregó 2.5 mL de la mezcla enzimática a cada muestra en intervalos de 1 minuto entre matraz y matraz.

Se incubaron en un baño a 37 °C/ 120 min, con agitación constante. En los primeros 20 min (G20) se tomaron alícuotas de 0.5 mL respetando los tiempos en que fue adicionada la enzima, las cuales fueron colocadas en tubos de centrifuga de 50 mL de capacidad con 4 mL de etanol puro y 16 mL de agua destilada, los tubos fueron tapados y mezclados en un agitador modelo vortex marca thermo scientific. Se tomó una segunda alícuota a los 120 min (G120) y se colocó en tubos de centrifuga con el mismo procedimiento de (G20). Los tubos de los

tiempos de 20 y 120, se centrifugaron a 1500 x g/5 min a velocidad baja. Se tomaron 50 µL del sobrenadante y se cuantificó el contenido de glucosa liberada mediante el mecanismo de Glucosa Oxidasa/Peroxidasa (GOD/POD; Serapak Plus, Bayer de México, S.A. de C.V., México) y se leyeron las absorbancias a 510 nm, previamente se preparó una curva patrón de Glucosa. Para realizar los cálculos de ambas fracciones se empleó la ecuación de la recta de la curva patrón y el valor obtenido se multiplica por el factor 0.9 (conversión de un monosacárido a un polisacárido). Las fracciones del almidón se determinaron sustituyendo los valores en la ecuación 13.

$$\% \text{glucosa} = \frac{A_t \times V_t \times C \times D}{A_s \times W_t} \times 100 \quad (13)$$

Donde:

A_t = Absorbancia de la muestra.

V_t = Volumen total (mL) de la solución de la muestra.

C = concentración (mg/mL) del estándar usado.

A_s = Absorbancia del estándar usado.

W_t = Peso (mg) de la muestra tomada para el análisis (este corrige con la humedad).

D = Factor de dilución (usualmente 1).

5.12. DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE ALMIDÓN TOTAL

Concluidas las 2 h de hidrólisis para las fracciones de ADR y ADL, se calculó el contenido de almidón total (AT) mediante la cuantificación de la glucosa total (GT) mediante los siguientes pasos, se pusieron los matraces con muestras en un baño con ebullición durante 30 minutos con agitación continua. Posteriormente se colocaron en un baño de agua con hielo (0-5 °C) durante 10 minutos. Se agregó 5 mL de hidróxido de potasio 7M y se dejó durante 30 minutos en el agua con hielo.

Se preparó un segundo grupo de tubos con 5 mL de ácido acético 0.05 M, posteriormente se tomó una alícuota de 1 mL del contenido y se agregó en los tubos. Consecutivamente se agregó 0.1 mL de amiloglucosidasa (A7095, Sigma-Aldrich, USA; 50 UAG/mL). Transcurridos los 30 min se colocaron las muestras en ebullición durante 10 min, después se dejó enfriar y se agregaron 20 mL de agua destilada se mezcló y se centrifugó a 1500 g/5 min. La glucosa liberada se determinó mediante el método de glucosa oxidasa/peroxidasa (GOD/POD). Se incubaron en un baño de agua a 37 °C durante 10 min y se leyó a una absorbancia de 510 nm.

5.13. DETERMINACIÓN DE LA GLUCOSA LIBRE EN LOS PANQUÉS

Se Pesaron 400 mg de muestra en matraces Erlenmeyer de 125 mL, se agregó 5 canicas y 12.5 ml de solución buffer de acetato 0.1 M. Se agregó 0.1 mL de invertasa (14504, Sigma-Aldrich, USA), se incubó a 37 °C durante 30 minutos con agitación continua. Posteriormente se tomó una alícuota de 1 mL y se colocó en tubos de centrifuga de 50 mL conteniendo 2 mL de etanol, se centrifugaron los tubos a 1500 g por 5 minutos, del sobrenadante se tomaron alícuotas de 1 mL y se vaciaron a tubos con 5 mL de agua y se leyeron las absorbancias a 510 nm y se calculó sustituyendo los valores en la ecuación 14.

$$\% \text{ glucosa} = \frac{At \times Vt \times C \times D}{As \times Wt} \times 100 \quad (14)$$

Para el cálculo de la glucosa libre se utilizaron los siguientes valores:

Vt= 25.2

C=0.394

D=18

5.14. EVALUACIÓN SENSORIAL

Para evaluar sensorialmente los panqués, se realizó una prueba hedónica de 9 puntos (1 al 9), donde se evaluó la aceptabilidad mediante el agrado o desagrado del producto. La prueba fue aplicada a 100 consumidores voluntarios no entrenados de la comunidad del Centro de Desarrollo de Productos Bióticos (CEPROBI), perteneciente al Instituto Politécnico Nacional (IPN), donde las muestras se presentaron a cada consumidor en recipientes idénticos codificados con números aleatorios de tres dígitos, cada muestra se codificó con números diferentes. Todas las muestras se presentaron simultáneamente a cada panelista en un orden aleatorio o balanceado. A los panelistas se les pidió evaluar las muestras indicando cuanto les agradó la muestra en una escala de 9 puntos, marcando una categoría en la escala que va desde “me gusta muchísimo” hasta “me disgusta muchísimo”.

6.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. OBTENCIÓN DE HARINA DE LAS DIFERENTES SECCIONES DE PIÑA.

En la tabla 4 se puede observar el rendimiento que se obtuvo de cada una de las secciones de piña después de haber sido procesadas. En base a la metodología utilizada para la obtención de harina se obtuvo un rendimiento de harina de piña completa de 27.43 g/kg, el rendimiento de la pulpa fue de 6.87 g/kg, 54.93 g/kg para la harina obtenida de la cáscara y 31.25 g/kg para el corazón. Se observó que la muestra con mayor rendimiento fue la muestra de cáscara, seguidas de la de corazón y piña completa, el rendimiento más bajo se presentó en las muestras de pulpa.

Tabla 4. Rendimiento obtenido de la extracción de harina de las diferentes secciones de piña.

MATERIA PRIMA	PESO INICIAL (kg)	RENDIMIENTO	
		(g/kg)	(%)
Piña completa	22.311	27.43	2.76
Pulpa	44.966	6.87	0.68
Cáscara	15.783	54.93	5.49
Corazón	6.176	31.25	3.12

Este comportamiento se debió a las características propias de las materias primas utilizadas, debido a que las secciones de cáscara y corazón tienen menor contenido de agua y mayor contenido de sólidos, ya que, la piña tiene un contenido de agua del 81 a 86%, quedando el restante (14 a 19%) como sólidos totales, de los cuales la sacarosa, glucosa y fructosa son los principales componentes y el 0.5 a 2% de ácidos, con un restante que se compone de minerales, pigmentos y proteínas (Broadley et al. 1993). Aunque el rendimiento es bajo debe de tomarse en cuenta que se están utilizando los residuos del procesamiento de la piña y que puede ser una alternativa para aprovechar estos desechos y por lo tanto reducir la contaminación que estos residuos generan al medio ambiente, así como también pueden ser procesados dándoles un valor

agregado por la obtención de harinas altas en fibra que pudieran ser utilizados en la elaboración de productos funcionales, además, los residuos que se generan son elevados debido a que el rendimiento potencial de piña en toneladas de fruto fresco y su porcentaje obtenido por tipo de mercado es de 72% destinados al mercado nacional donde la mayor cantidad de esta fruta se comercializa en las grandes ciudades en forma de rebanadas y cocteles de frutas, y el 28% destinado para el mercado industrial (Rebolledo -Martínez et al. 1998; Broadley et al. 1993)

6.2. ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DE LAS HARINAS DE DIFERENTES SECCIONES DE PIÑA

La composición química de las harinas de piña obtenidas se presenta en la Tabla 5. El contenido de humedad de las harinas de piña osciló entre 5.54-11.17%, observándose diferencias estadísticas significativas ($p < 0.05$) entre cada una de las diferentes secciones, siendo la harina de corazón la que presentó el valor más alto. Los valores de humedad registrado en las harinas de diferentes secciones de piña son similares a los reportados en concentrados de fibra de limón (4.75%), naranja (10.5%), granada (6.43%) (Figueroa et al. 2006) y fibra de pulpa de *Mangifera pajang* (4.65%) (Al-Sheraji et al. 2011).

Tabla 5. Composición químico proximal (%) de las harinas de piña.

COMPONENTES	HARINAS DE PIÑA			
	HPC	HCZ	HP	HC
HUMEDAD	5.54 ± 0.65 ^a	11.17 ± 0.34 ^d	8.10 ± 0.12 ^c	6.92 ± 0.16 ^b
CENIZAS	1.53 ± 0.07 ^b	1.33 ± 0.07 ^b	1.51 ± 0.09 ^b	3.12 ± 0.20 ^a
PROTEÍNAS	1.62 ± 0.33 ^{ab}	1.72 ± 0.32 ^a	1.45 ± 0.21 ^{ab}	1.27 ± 0.04 ^b
LÍPIDOS	1.14 ± 0.13 ^a	0.75 ± 0.23 ^a	1.64 ± 0.66 ^a	1.70 ± 0.27 ^a
FDT	87.45 ± 1.28 ^c	72.62 ± 1.71 ^a	83.17 ± 0.67 ^b	88.45 ± 0.32 ^c
FDI	81.30 ± 0.31 ^b	70.34 ± 2.66 ^a	77.93 ± 1.07 ^b	80.54 ± 0.89 ^b
FDS ¹	6.15	2.28	5.24	7.91

Media de tres repeticiones ± desviación estándar

Letras diferentes por fila indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$)

¹Valor obtenido por diferencia

FDT: Fibra dietética total; FDI: Fibra dietética insoluble; FDS: Fibra dietética soluble

HPC: Harina de piña completa; HCZ: Harina de corazón; HP: Harina de pulpa; HC: Harina de Cáscara

Estos resultados pueden estar influenciados por las características de los tejidos que conforman a cada una de las secciones de piña estudiadas, de igual manera pueden estar influenciados por el contenido mayor de proteínas y de lípidos presentes en las muestras de corazón, respecto a las otras muestras, debido a esto, pueden estar atrapando mayores cantidades de agua en los tejidos.

Cabe mencionar que, el contenido de humedad presente en todas las muestras de harinas estudiadas se encuentran dentro del intervalo establecido no mayor a 15% para harina de maíz (Codex Estándar 155 1985), 15.5% para harina de trigo (Codex Estándar 152 1985). El contenido de humedad en las harinas es importante ya que un contenido de humedad mayor del 15% favorece el crecimiento de microorganismos, reduciendo la vida de anaquel de las mismas.

El contenido de proteínas de las harinas de piña fue de 1.27% para la HC, hasta 1.72% en la HCZ, se observó que la muestra con mayor contenido de proteína fue la harina de corazón y que presenta diferencia estadística significativa (tabla 5), existe una gran oscilación respecto al contenido de proteína aun en variedades de la misma especie, lo que depende de factores climáticos, genéticos y ecológicos, sin embargo, cabe mencionar, que las frutas en su mayoría poseen cantidades bajas de proteínas esto se puede comparar y corroborar con los datos obtenidos en otros estudios, por ejemplo, en harina de mango 4.11%, harina de plátano 3.3%, fibra de manzana gala 3.12%, concentrado de fibra de piña 1.5% de proteína (Vergara 2005; Juarez-García et al., 2006; Figuerola et al., 2006; Fernández et al., 2006).

El contenido de lípidos de las muestras de harina presentaron valores entre 0.75% para HCZ y de 1.70%, para HC respectivamente, las harinas no presentaron diferencias estadísticas significativas, esto debido a que las frutas como tal y en particular el caso de la piña no presenta contenido de lípidos elevados, los compuestos de naturaleza lipídica provienen de otras fuentes, siendo las principales fuentes de lípidos las semillas oleaginosas y los tejidos animales, terrestres y marinos, ya que las frutas y las hortalizas presentan normalmente muy

bajas concentraciones, con algunas excepciones como el aguacate, las aceitunas y algunos tipos de nueces (Badui, 2009).

El contenido de cenizas de las harinas estudiadas presentaron valores que van desde 1.33% para HCZ hasta 3.12% en HC, presentando mayor contenido de cenizas la HC, y presentando diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en comparación con las demás muestras de harinas. Los minerales que se han encontrado en mayor proporción en concentrados de piña son sodio, calcio, potasio y magnesio y en menor proporción el zinc y el cobre (Fernández et al., 2006).

Las frutas son fuente de potasio, calcio y hierro (Romero-López, 2011). Los valores encontrados presentan la misma tendencia que los reportados por Cordenunsi et al. (2010) en residuos de piña de la variedad perola, donde reportan un contenido de ceniza de (0.53, 0.22, 0.16 g/100g) en diferentes secciones de piña (cáscara pulpa y corazón respectivamente) así mismo, fue mayor el contenido de ceniza en la cáscara que en las demás secciones. También se han encontrado valores similares en otros estudios de harinas de frutas por ejemplo, 4.86% y 4.46% para polvo de cáscara de manzana de la variedad idared y Northern spy (Vasanth et al., 2007), 3.22, 3.47, 2.71, 1.88 g/100g para concentrados de fibra de uva, limón, naranja y manzana respectivamente (Figuerola et al., 2006) y 4.7% en harina de plátano (Juarez-García et al., 2006).

El contenido de fibra dietética total (FDT) soluble (FDS) e insoluble (FDI) de las harinas se presenta en la tabla 5. Se observó que las harinas estudiadas presentaron contenidos de fibra dietética que van de 72.62% para HCZ hasta 88.45% para HC, siendo este último el valor más alto, las harinas presentaron mayor contenido de fibra insoluble, ya que más del 90% del contenido total de la fibra dietética en las harinas está representada por la fracción insoluble, encontrándose aproximadamente un porcentaje de 8% de la fracción soluble respecto al contenido total de la fibra dietética. Es importante resaltar que las harinas de las diferentes secciones de piña, presentan contenidos de FDT mayores a los reportados en concentrados de fibras obtenidas a partir de residuos

de limón, toronja y naranja (44.2-62.6 g/100 g, 60-68g/100 g y 64-78 g/100 g, respectivamente) (Figuerola et al., 2006), cáscara de mango (65-71%) (Larrauri et al., 1996), cáscara de cítricos (57%), piel de uva (54.1-64.6%) (Bravo y Saura-Calixto, 1998), pero similares a los encontrados en concentrados de fibra de residuos de manzana (78.2-89.8 g/100 g) (Figuerola et al., 2006) y fibra de *Manguifera pajang* (87.57%) (Al-Sheraji et al., 2011).

Las harinas presentaron mayor contenido de fibra dietética insoluble (FDI) que soluble, esto debido a que la mayor parte de la fracción sólida de la fruta está constituido de celulosa, hemicelulosa y pectinas. Las HPC, HP y HC no presentaron diferencia estadística significativa entre ellas ($p < 0.05$), pero si con respecto a la HCZ, que presentó el menor contenido de FDI. Lo cual deberá de tomarse en consideración en los trabajos de aplicación como ingrediente en el desarrollo de nuevos productos y en los efectos terapéuticos derivados de su consumo.

6.3. PROPIEDADES FUNCIONALES

Las propiedades funcionales determinadas en las harinas de las diferentes secciones de piñas fueron la capacidad de retención de agua (CRA), capacidad e retención de aceite (CRAc) y la capacidad de hinchamiento (CH), los cuales se pueden observar en las figuras 2, 3 y 4 respectivamente.

Respecto a la capacidad de absorción de agua (Figura 2), las harinas presentaron valores entre 3 a 8 g de agua/g de sólido seco, la HP presentó mayor capacidad de retención de agua y la HC presento menor CRA, cabe mencionar que se evaluó el comportamiento de las harinas en tres temperaturas diferentes y se observó que tuvieron un aumento en la CRA y que este aumento es directamente proporcional a la temperatura, dicho incremento se presentó debido a que el calentamiento generalmente modifica las proporciones de fibra soluble e insoluble. En particular, pectinas, arabinoxilanos y B-glucanos. Cabe mencionar que al comparar la CRA de las harinas presentaron diferencia estadística significativa.

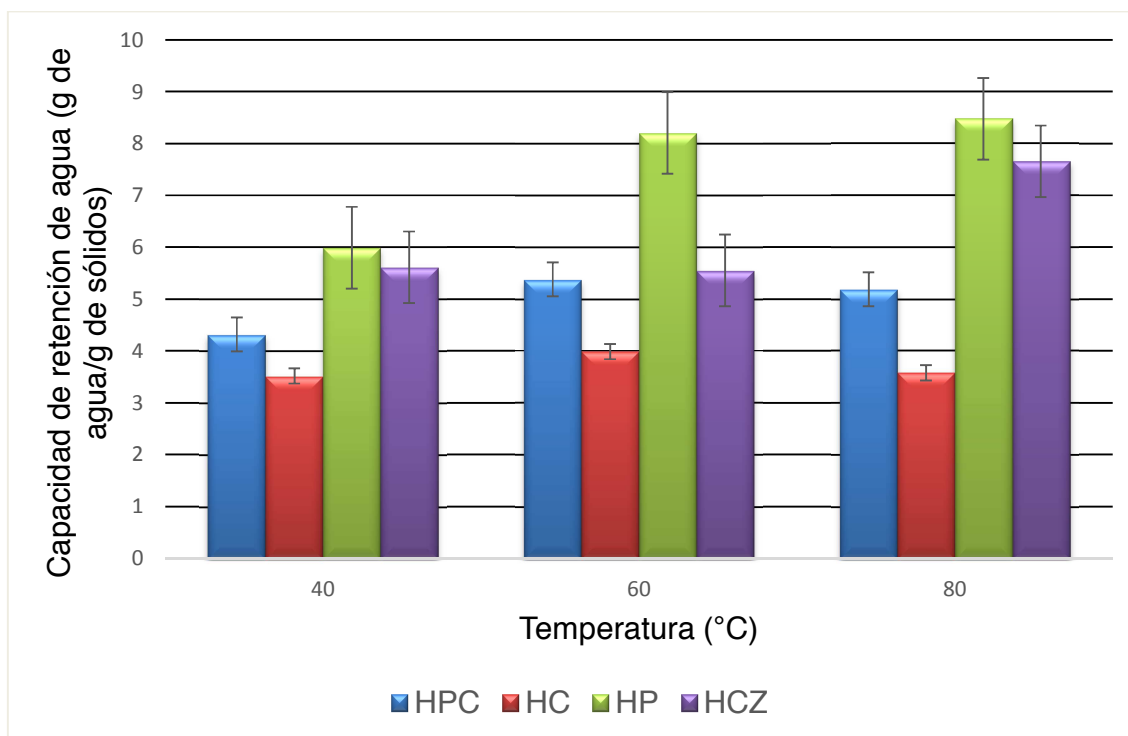


Figura 2. Capacidad de retención de agua de harina de las diferentes secciones de piña.

Datos presentados como media de tres repeticiones $\pm$ desviación estándar.

HPC: harina piña completa, HCZ: harina corazón, HP: harina pulpa. HC: harina cáscara.

Los datos de la capacidad de retención de aceite que se obtuvieron en las harinas se muestran en la figura 3. Se observó que la capacidad de retención de aceite en las muestras de harinas varió de 0.67 a 1.15 g de aceite/g de muestra, indicando primeramente que las fibras presentes en las harinas tienen baja absorción de aceites, además se observó que la CRAc no se ve afectada respecto con la temperatura, ya que no mostró diferencia estadística significativa en ninguna de las harinas. En la CH (Figura 4) se observaron valores que oscilaron de 4.19 a 5.21 mL/g de muestra. La HPC presentó valores más elevados, mientras que la HC presentó el valor más bajo.

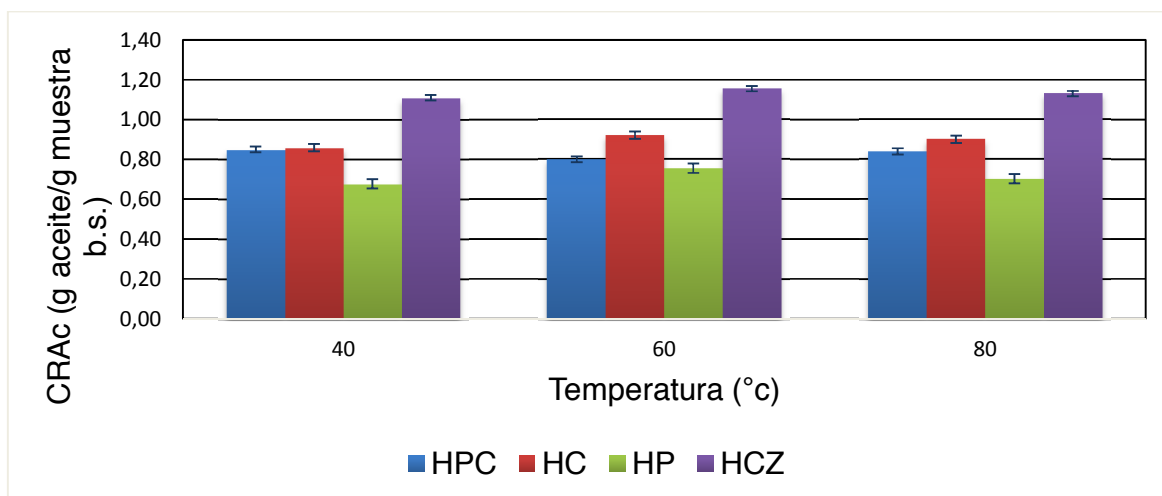


Figura 3. Capacidad de retención de aceite en harina de diferentes secciones de piña.

Datos presentados como media de tres repeticiones $\pm$ desviación estándar.

HPC: harina piña completa, HCZ: harina corazón, HP: harina pulpa. HC: harina cáscara.

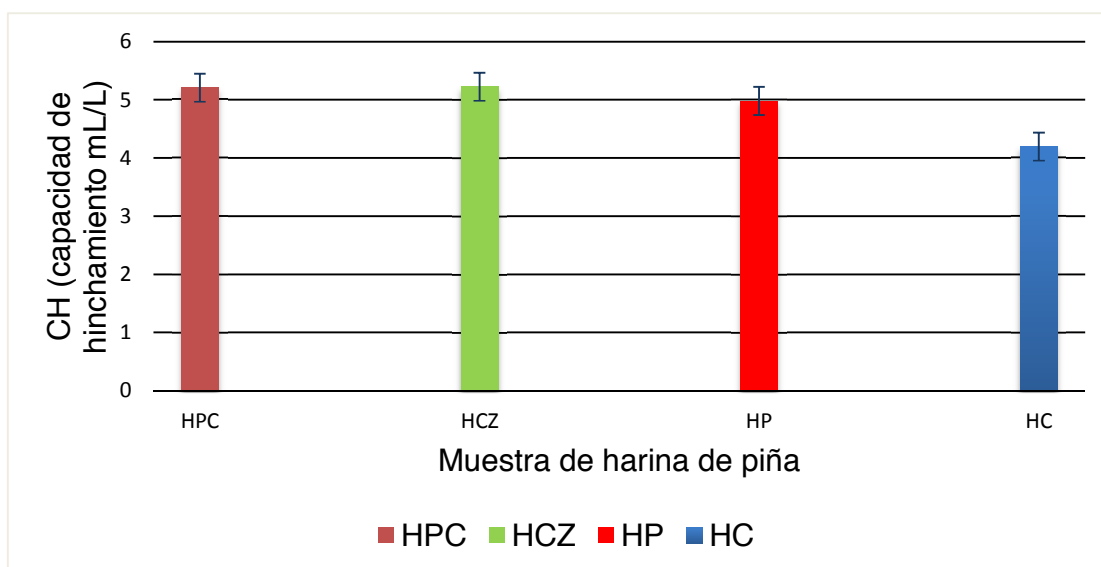


Figura 4. Capacidad de hinchamiento registrada en las harinas de diferentes secciones de piña.

Datos presentados como media de tres repeticiones $\pm$ desviación estándar.

HPC: harina piña completa, HCZ: harina corazón, HP: harina pulpa. HC: harina cáscara.

Los datos observados en las propiedades funcionales (CRA, CRAc y CH), fueron similares a los encontrados en fibra de hoja de nabo (8.7 g de agua/g de muestra), fibra de zanahoria y fibra de naranja (6.54 y 5.02 g de agua /g de muestra), (Matos-Chamorro y Chambilla-Mamani 2010). Este comportamiento puede ser debido a que las harinas presentaron alto contenido de fibra insoluble misma que presenta propiedades funcionales que influyen de un modo específico sobre su apariencia y comportamiento. Además del contenido de otros componentes presentes en las harinas, tales como las proteínas y los carbohidratos, que tienen la característica de ligar diversos compuestos entre ellos, el agua. El tipo de consideraciones ha llevado a que se empleen términos como agua ligada y como agua libre, para hacer referencia a la forma y el estado energético que dicho alimento guarda. Estos conceptos se relacionan con la capacidad de retención de agua de diversas proteínas y polisacáridos, que en forma natural integran tejidos, y que por su hidratación le proporciona frescura a los alimentos, además, por esta misma razón, dichos polímeros se emplean como aditivos en la industria alimentaria.

6.4. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE

La capacidad antioxidante es una propiedad derivada de los compuestos bioactivos asociados a la fibra dietética (Larrauri et al., 1997), por lo que la capacidad antioxidante fue evaluada en las muestras de HPC, HC, HP y HCZ y los resultados obtenidos se presentan en la tabla 6.

Todas las harinas obtenidas presentaron capacidad antioxidante (4.81-6.45 $\mu\text{mol TE/ g muestra}$, base seca), sin presentar diferencias estadísticas significativas entre ellas. Los valores de capacidad antioxidante presentados por las HC, HP y HCZ (5.84, 4.81 y 5.55 $\mu\text{mol TE/ g muestra}$, base seca, respectivamente) fueron menores a los reportados por Cordenunsi et al. (2010) en harinas obtenidas a partir de cáscara, pulpa y corazón de piña (*Ananas comosus* var. perola) (13.34, 10.50 y 6.23 $\mu\text{mol TE/ g muestra}$), estas diferencias en la capacidad antioxidante pueden deberse a la región de cultivo, variedad de piña utilizada, y sobre todo al proceso de obtención de las harinas, ya que estos autores congelaron las

fracciones y liofilizaron, mientras que en el presente trabajo las fracciones fueron sometidas a lavados con agua caliente (40 °C), lo que pudo ocasionar que compuestos bioactivos solubles fueran arrastrados durante el lavado. Sin embargo la HPC presentó un valor de capacidad antioxidante mayor (6.45 $\mu\text{mol TE/g}$ muestra, b.s.) a la reportada en la fruta de piña (5.93 $\mu\text{mol TE/g}$ muestra, base seca) (Fu et al., 2011).

Tabla 6. Capacidad antioxidante de las harinas de diferentes muestras de piña

MUESTRA	TEAC ($\mu\text{molTE/g}$ muestra b. s.)
HPC	6.45 ^a $\pm$ 0.65
HCZ	5.55 ^a $\pm$ 1.93
HP	4.81 ^a $\pm$ 1.17
HC	5.84 ^a $\pm$ 1.29

Media de tres repeticiones $\pm$ desviación estándar

Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$)

HPC: harina de piña completa; HCZ: Harina de corazón; HP: Harina de pulpa; HC: harina de Cáscara; TEAC: Capacidad antioxidante equivalente de Trolox

La capacidad antioxidante que se registró en las harinas de piña, pueden ser atribuidas también a la presencia de diferentes polifenoles en cada fruta, la mirecitina es el principal polifenol reportado en fibra de piña seguido del ácido salicílico, tánico, trans-cinámico y p-coumarico, mientras que la catequina es el principal compuesto polifenólico presente. (José A Larrauri et al. 1997).

6.5.FORMULACIÓN DE LOS PANQUES

De acuerdo a la medición de fuerza de punción y de compresión realizada a los panques elaborados con distintos porcentajes de las harinas de diferentes secciones de piña como fue mostrado en la tabla 3. El porcentaje de sustitución que presentó valores de fuerza de punción y compresión más cercanos al panque control fue el de 25% de sustitución, se eligió sustituir 25% del contenido de harina

de trigo por harina de piña, formulación que se muestra en la tabla 7. Es importante mencionar que los panqués elaborados con harina de corazón necesitaron de 20 mL más de leche, para poder obtener la consistencia requerida en la masa, debido a que por la capacidad de absorción de agua de esta muestra, requirió mayor cantidad de líquido.

Tabla 7. Formulación de los panques adicionados con harina de diferentes secciones de piña.

INGREDIENTES	Pan control	Pan con harina de piña entera	Pan con harina de corazón	Pan con harina de pulpa	Pan con harina de cáscara
Harina de trigo (g)	100	75/25	75/25	75/25	75/25
Azúcar (g)	60	60	60	60	60
Mantequilla (g)	20	20	20	20	20
Leche (g)	20	20	40	20	20
Polvo para hornear (g)	9	9	9	9	9
Huevo	1	1	1	1	1
Esencia de vainilla (mL)	10	10	10	10	10

6.6. CARACTERIZACIÓN DE LOS PANQUÉS ADICIONADOS CON HARINA DE PIÑA.

La composición química del pan control y los panques adicionados con las diferentes harinas se muestran en la tabla 8. El panqué control (PCTRL) y el panqué adicionado con harina de piña completa (PHPC) presentaron un contenido de humedad similar (4.98 y 4.67%, respectivamente), mientras que los panqués adicionados con harina de cáscara (PHC), harina de pulpa (PHP) y harina de corazón (PHCZ) presentaron menores contenidos de humedad (3.38, 3.99 y 2.81%). El contenido de cenizas del PCTRL fue de 2.53%, que fue menor a los

Instituto Tecnológico de Tuxtepec-Maestría en Ciencias en Alimentos

contenidos de cenizas encontrados en los panques adicionados con las diferentes harinas (PHPC, PHC, PHP y PHCZ), este incremento en el contenido de cenizas es debido principalmente a la adición de las harinas de piña que contiene minerales como Hierro (Fe), Calcio (Ca) y potasio (k) (4.2, 6.95, 57 mg/100g) (Ramírez y Pacheco de Delahaye, 2009).

Tabla 8. Composición químico proximal (%) de los panqués adicionados con harinas de piña

COMPONENTES	PANQUÉS ADICIONADOS CON HARINAS DE PIÑA				
	CONTROL	HPC	HCZ	HP	HC
HUMEDAD	4.98 ^d ± 0.27	4.67 ^{cd} ± 1.55	2.81 ^a ± 0.12	3.99 ^{bc} ± 0.58	3.38 ^{ab} ± 0.36
CENIZAS	2.53 ^a ± 0.12	2.98 ^{bc} ± 0.13	2.93 ^b ± 0.08	3.08 ^c ± 0.17	3.26 ^d ± 0.21
PROTEÍNAS	10.06 ^e ± 0.05	8.81 ^a ± 0.14	9.27 ^c ± 0.24	9.70 ^d ± 0.12	9.09 ^b ± 0.08
LÍPIDOS	9.57 ^a ± 0.05	9.80 ^{ab} ± 0.54	10.85 ^c ± 0.42	10.64 ^{bc} ± 0.01	10.54 ^{bc} ± 0.47
FDT	13.8 ^a ± 0.09	28.67 ^b ± 0.02	26.26 ^d ± 0.06	19.2 ^c ± 0.02	21.85 ^e ± 0.06
FDI	10.44 ^b ± 0.01	24.02 ^a ± 0.01	20.0 ^b ± 0.01	18.36 ^a ± 0.06	20.95 ^c ± 0.01
FDS ¹	3.36	4.65	6.26	0.84	0.9

Media de tres repeticiones ± desviación estándar

Letras diferentes por fila indican diferencia estadística significativa (p<0.05)

¹Valor obtenido por diferencia

FDT: Fibra dietética total; FDI: Fibra dietética insoluble; FDS: Fibra dietética soluble

HPC: harina de piña completa; HCZ: Harina de corazón; HP: Harina de pulpa; HC: harina de Cáscara.

Los valores encontrados son similares a los reportados en panes de garbanzo (2.25% y 2.53%) (Utrilla-Coello et al., 2007), panes de centeno adicionados con 10% de harina de subproductos de uva (1.82%) (Mildner-Szkudlarz et al., 2011).

El contenido de lípidos entre PCTRL (9.57%) y PHPC (9.80%) no presentaron diferencias estadísticas significativas (p<0.05), sin embargo si se observaron

diferencias significativas entre el PCTRL y los panes PHC, PHP y PHCZ (10.54, 10.64 y 10.85%, respectivamente). El contenido de lípidos son menores a los reportados en mantecadas adicionadas con 10 y 15% de harina de bagazo de naranja (15.4 y 15.3%) (Romero-López et al., 2011). Panes con 20 y 40% de sustitución de harina de garbanzo (14.90% y 14.43%) (Utrilla-Coello et al., 2007). Así mismo, se ha reportado que el valor nutricional de los panes puede incrementarse si arroz, cebada y/o avena son incorporados dentro de la formulación del pan (Dewetinck et al., 2008).

En la determinación del contenido de fibra dietética total (FDT), soluble (FDS) e insoluble (FDI) de los panques adicionados con fibra de piña se observó que el contenido de FDT fue mayor en los panques adicionados con harina de piña que en el PCTRL, ya que se encontraron valores de 13.08% para el PCTRL, 28.67% para PHPC, 21.85% PHC, 19.2% para el PHP y 26.26% en los PHCZ se puede observar que la adición de harina de diferentes secciones de piña aumentaron el porcentajes del contenido de fibra en relación al pan control, esto se debe a que la harina que fue adicionada a los panques contenía un elevado contenido de FDT, lo que provocó que el aumento de FDT en los panques que fueron adicionados con harina de piña. Respecto al contenido de FDT de panqués adicionados con harina de piña se observó que el mayor contenido de fibra fue para el PHPC, seguido por el PHCZ, PHC y PHP, esta relación puede ser debido a que en la harina de piña completa está conformada por las todas las secciones de la fruta, con lo que se puede explicar el contenido más elevado que presentó en relación a los demás panqués.

Respecto al contenido de FDI se encontraron valores de 10.44% en el PCTRL, 24.02% en el PHPC, 20.95 para el PHC, 18.36% en el PHP y 20.0% en el PHCZ, en base a estos resultados se observó que la fracción insoluble de los panques fue más representativa que la fracción soluble, donde se encontraron valores de 3.36, 4.65, 0.9, 0.84 y 6.26% para los PCTRL, PHPC, PHC, PHP y PHCZ respectivamente. Estos resultados se explican debido a que la harina de piña está compuesta principalmente por celulosa (27%), hemicelulosa (43.08%) y lignina

(10.8%) además de que la fracción soluble representada por sustancia pécticas solo alcanzan valores de 2.5% (Fernández et al., 2006), aunado a esto, en la harina de trigo también es mayor el porcentaje de la fracción insoluble que la fracción soluble. Este mismo comportamiento fue encontrado por Larrauri et al. (1997), donde encontró que más del 97% del contenido de FDT estaba representada por la fracción insoluble en cáscara de piña.

Por lo tanto la adición de harinas de diferentes secciones de piñas altas en fibra en la elaboración de productos de panificación presenta una buena manera para elevar el contenido de fibra en dichos productos, así como también elevar el aporte nutricional de los productos elaborados debido a que aumentan el contenido de minerales y proteínas. Sin embargo el porcentaje de fibra que puede ser agregada es finito, porque puede causar cambios indeseables en el color y la textura de los alimentos (Elleuch et al., 2011). En su mayoría comúnmente, la fibra dietaria es incorporada dentro de los productos de panificación, para prolongar su frescura gracias a su capacidad para retener agua, de este modo reducir las pérdidas económicas.

6.7. CAPACIDAD ANTIOXIDANTE DE LOS PANQUÉS ADICIONADOS CON HARINA DE PIÑA

El contenido de la capacidad antioxidante (CA) presente en el PCTRL y los panqués adicionados con diferentes secciones de piña de muestran en la tabla 9.

Se observó que el valor más bajo se presentó en el PCTRL que fue de $0.11 \mu\text{mol TE/ g muestra b.s}$, seguido por el PHCZ, PHP, PHC y PHPC donde se encontraron valores de (0.85, 1.79, 3.36 y $3.45 \mu\text{mol TE/ g muestra b.s}$ respectivamente), también se observó que estos valores presentaron diferencia estadística significativa ($p < 0.05$). Las harinas de piña puede tener inmersos ciertos compuestos bioactivos (mirecitina, ácido salicílico, tánico, *trans*-cinámico, p-coumarico, clorogénico y ferulico) (Larrauri et al. 2007; Fu et al., 2011) lo que permite que éstos al ser adicionados a ciertos productos eleven el contenido de la CA en comparación a los que no son adicionados con estas harinas, ya que la CA esta derivada de los compuestos bioactivos asociados a la fibra.

En base al contenido de CA de los panques adicionados con harinas de piña se observó que la PHPC (3.45 $\mu\text{mol TE/g}$ muestra b.s) y PHC (3.36 $\mu\text{mol TE/g}$ muestra b.s), no presentaron diferencia estadística significativa ($p < 0.05$), siendo diferentes estadísticamente los valores presentados para los PHCZ, PHP comparados con los PHPC y PHC.

Tabla 9. Capacidad antioxidante de los panqués adicionados con harinas de diferentes muestras de piña

MUESTRAS DE PANQUÉ	TEAC ($\mu\text{mol TE/g}$ muestra b. s.)
CONTROL	0.11 ^a $\pm$ 0.01
HPC	3.45 ^d $\pm$ 0.49
HCZ	0.85 ^b $\pm$ 0.09
HP	1.79 ^c $\pm$ 0.11
HC	3.36 ^d $\pm$ 0.54

Media de tres repeticiones $\pm$ desviación estándar

Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa ($p < 0.05$)

HPC: harina de piña completa; HCZ: harina de corazón; HP: harina de pulpa; HC: harina de cáscara; TEAC: capacidad antioxidante equivalente de Trolox

Esta diferencia puede ser debida al contenido de fibra que tiene las diferentes secciones de las piñas, ya que la HPC y HC fueron las que presentaron mayor contenido de FDT por lo que pudieran tener más compuestos bioactivos asociados, así como también pudieron haber presentado más resistencia a la modificación ejercida por el procesamiento al que fueron sometidas para elaborar el producto. También hay otros factores, pero todos ellos relacionados con la variedad de la piña, estado de madurez y almacenamiento postcosecha (Cordenunsi et al., 2010).

También se observa que la capacidad antioxidante presente en los panqués disminuyó en relación a la que presentaron las harinas de las diferentes secciones de piña, esta disminución es debido al proceso al cual se fueron sometidos para elaborar los panes. Ya que se ha demostrado que el proceso de amasado reduce

el contenido de tocoferoles y tocotrienoles hasta en un 20 a 60%. (Dewettinck et al., 2008). Este mismo comportamiento fue observado por Vasantha Rupasinghe et al. (2008), donde encontró que el proceso de horneado en la elaboración de muffins afectó a los compuestos polifenólicos presentes en la cáscara de manzana. La mayoría de los procesos de elaboración de alimentos vegetales consisten de aplicar tratamientos térmicos como hervido, cocinado y enlatado.

6.8. FRACCIÓN INDIGERIBLE TOTAL (FIT), SOLUBLE (FIS) E INSOLUBLE (FII)

La fracción indigerible es definida como la parte de los alimentos vegetales que no es ni digerida ni absorbida en el intestino delgado y por lo tanto llega al colon, donde sirve como sustrato para la microflora fermentativa. Y comprende fibra dietética, proteína resistente, almidón resistente y otros compuestos asociados indigeribles tales como polisacáridos de la pared celular (Saura-calixto et al., 2000). Los resultados del análisis de la fracción indigerible total (FIT), soluble (FIS) e insoluble (FII) se muestran en la tabla 10.

En relación al contenido de FIT se encontraron valores de 45.04% para el PCTRL, 35.26% en el PHPC, 32.01% en el PHC, 31.91% en el PHP y 31.62% en el PHCZ, este resultado puede deberse a que debido a la sustitución de harina de trigo por harina de piña, se redujo el contenido de almidón resistente y proteína resistente que es cuantificada por este método y ya que la composición química de los cereales está caracterizada por un contenido de almidón más alto, contenido de proteínas relativamente importante y contenido de lípidos relativamente bajo, algunos polifenoles y compuestos asociados (Saura-calixto et al., 2000) que la harina de piña, lo que puede dar una idea más clara sobre la cantidad de compuestos que son absorbidos en el intestino grueso y los que resisten a la digestión y sirven como sustrato para la microflora bacteriana. Esto provocó la disminución de la FIT de los panqués adicionados en comparación con el pan control.

Tabla 10. Fracción indigerible total (FIT) soluble (FIS) e insoluble (FII) de los panques adicionados con diferentes harinas de piña

MUESTRA	FIT (%) ¹	FII (%)	FIS (%)
PCONTROL	45.04	36.72 ^a ± 1.79	8.32 ^a ± 0.80
PHPC	35.26	25.45 ^b ± 1.82	9.81 ^a ± 1.33
PHCZ	31.62	21.91 ^c ± 1.32	9.71 ^a ± 0.67
PHP	31.91	22.48 ^c ± 1.00	9.57 ^a ± 0.98
PHC	32.01	23.50 ^{bc} ± 1.01	8.51 ^a ± 0.26

Media de tres repeticiones ± desviación estándar

Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa (p<0.05)

¹Valor obtenido por suma

PHPC: panque con harina de piña completa; PHCZ: Panque con harina de corazón; PHP: Panque con harina de pulpa; PHC: Panque con harina de Cáscara; FIT: Fracción Indigerible Total; FII: Fracción Indigerible Insoluble; FIS: Fracción Indigerible Soluble

Esta fracción indigerible total está representada de igual manera que la fibra ya que la FII representa entre el 70 y 80% de la FIT, encontrándose valores de 36.72% en el PCRTL, 25.45% en el PHPC, 23.50% de en PHC, 22.48% para el PHP y 21.91% en el PHCZ; de la misma manera que en el contenido total, la FII del PCRTL fue más elevada que encontrada en los panqués adicionados con harina de piña. Respecto a la FII se observa que hay diferencia estadística significativa en los panques adicionados con harina de piña en relación al PCTRL, y en relación a los panques adicionados se observó que los PHPC y el PHC no presentaron diferencias estadística significativa y que los PHC, PHP y PHC tampoco fueron diferentes estadísticamente. Con respecto al contenido de FII se observó que los panqués adicionados con harina de piña y el pan control no presentaron diferencias estadísticas significativas presentando valores de 8.32% en PCRTL, 9.81% para el PHPC, 8.51% en el PHC, 9.57% para los PHP y 9.71% para los PHCZ. Los valores son parecidos a los reportados en mantecadas con harina de residuos de naranja (27.4%, 18.6% y 8.8%; pan blanco 11.6%, 8.28% y 2.78%; pan elaborado con harina de plátano 26.1%, 22.3% y 3.8% con respecto

a la FIT, FII y FIS, respectivamente) (Romero-López et al., 2011; Juárez-García et al., 2006).

6.9. ALMIDÓN DE DIGESTIÓN RÁPIDA (ADR), DIGESTIÓN LENTA (ADL) Y ALMIDÓN TOTAL (AT)

Los resultados de la determinación del almidón total (AT) el almidón de digestión rápida (ADR), de lenta digestión (ADL) del panque control y de los panques adicionados con harina de diferentes secciones de piña, se muestran en la tabla 11. Con respecto al contenido de AT de los panques se encontró que el PCNTRL presentó un contenido de 41.21%, y que fue mayor al presente en los panqués donde la harina de trigo fue sustituida por harina de piña, los valores que se encontraron fueron de 29.00%, 32.47%, 32.13% y 35.14% para los PHPC, PHCZ, PHP, PHC respectivamente.

Tabla 11. Almidón de digestión rápida (ADR), lenta (ADL), almidón total (AT) y glucosa libre (GL) de panques adicionados con 25% de harina de piña.

MUESTRA	AT (%)	ADR (%)	ADL (%)	GL (%)
PCNTRL	41.21 ^a ± 0.92	34.89 ^a ± 2.22	4.09 ^a ± 0.80	20.21 ^a ± 1.26
PHPC	29.00 ^d ± 0.23	22.67 ^c ± 1.56	5.93 ^a ± 1.54	20.98 ^a ± 0.46
PHCZ	32.47 ^c ± 1.14	20.52 ^c ± 1.83	3.99 ^a ± 1.03	19.37 ^b ± 1.40
PHP	32.13 ^c ± 0.47	16.87 ^d ± 0.26	4.78 ^a ± 1.31	20.84 ^a ± 1.50
PHC	35.14 ^b ± 1.69	26.03 ^b ± 1.37	4.88 ^a ± 1.86	20.07 ^a ± 0.55

Media de tres repeticiones ± desviación estándar

Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa (p<0.05)

PHPC: panque con harina de piña completa; PHCZ: panque con harina de corazón; PHP: panque con harina de pulpa; PHC: panque con harina de cáscara.

Los valores encontrados en los panqués con harina de piña presentan diferencias estadísticas significativas en relación al PCRTL, esta diferencia se debe a la formulación que fue utilizada para elaborar el pan control en donde no se sustituyó la harina de trigo por harina de piña, dado que la harina de trigo presentó mayor contenido de almidón que la que presenta la harina de piña situación que explica

la disminución en el contenido de almidón presente en los panqués que fueron adicionados con harina de piña. Respecto al AT que se encontró en los panqués adicionados con fibra, se observó que los PHCZ (32.47) y PHP (32.13%) no presentaron diferencia estadística, siendo diferentes los PHPC (29.00%) y PHC (35.14%), estos últimos presentaron los valores más bajos y más altos de AT respectivamente.

Se observó que la mayor parte de los carbohidratos disponibles en los panques es de rápida digestión, esto en base a los resultados obtenidos ya que se presentaron valores para ADR de 34.89% para el PCRTL, 22.67% en PHPC, 26.03% para PHC, 16.87% en PHP y 20.52% para PHCZ, siendo mayor esta fracción en el pan control que en los panques adicionados con fibra de piña, de la misma manera que en el AT el mayor contenido de ADR en el PCTRL puede estar influenciado por el mayor contenido de almidón que presenta éste, en relación con los panqués adicionados con harina de piña, debido a que al tener mayor contenido de almidón, puede tener más almidón disponible y que sea susceptible de ser hidrolizado por las enzimas. Así como también las harinas de piña que son altas en fibra dificulta el acceso de las enzimas a los carbohidratos y por lo tanto ejercen una disminución en la disponibilidad de los carbohidratos. En base al ADR de los panqués adicionados con fibra de piña, se pudo observar que los PHPC y PHCZ no presentaron diferencia estadística significativa, siendo diferentes con respecto a los PHP y PHC.

También se observó que los panqués presentó una fracción de almidón de lenta digestión, presentando valores de 4.09%, 5.93%, 3.99%, 4.78% y 4.88% en los PCNTRL, PHPC, PHCZ, PHP, PHC respectivamente también se observó que no hubo diferencia estadística entre los panqués elaborados y por lo tanto la sustitución de harina de trigo por harina de piña no mostro ningún efecto en el contenido de almidón de digestión lenta. Estos resultados pueden explicarse debido a que la ruptura y remoción del material de la pared celular de las plantas (fibra dietética), como ocurre con muchos tipos de productos horneados y cereales

de desayuno, resulta en la pérdida de su original complemento de micronutrientes y sus componentes de almidón y azúcares a menudo se hacen fácilmente digeribles. Aunque la rápida digestión y absorción de carbohidratos es benéfica en algunos aspectos en la nutrición de los deportistas, no es generalmente deseable debido a la elevada respuesta glucémica que resulta, especialmente en aquellos con problemas de diabetes o con características del síndrome metabólico. En contraste hay evidencia que un elevado consumo en carbohidratos de lenta liberación es probable que sea asociado a beneficios a la salud (Jenkins et al., 2002). Estos resultados tuvieron la misma tendencia que los obtenidos por Englyst (2005), donde encontró que hay una variación en el contenido de ADL en cada grupo de alimentos, pero en general los cereales de desayuno y los productos de panificación tienen valores bajos de ADL, mientras que los granos enteros, pasta y algunos tipos de bizcocho tienen valores más altos de ADL.

6.10. TASA DE DIGESTIÓN DEL ALMIDÓN *IN VITRO*

La tasa de digestión del almidón *in vitro* de los panqués elaborados con sustitución de harina de trigo por harina de piña se muestran en la figura 5.

Se observó que el porcentaje de hidrólisis al final de los 90 min fue de 37.49% en el PCTRL, para el PHPC fue de 27.00%, en el PHC fue de 25.81%, para el PHP fue de 25.72% y para los PHCZ fue de 28.89% de hidrólisis, donde se observó que en el PCTRL hubo mayor hidrólisis de los carbohidratos que en los panqués que fueron adicionados con harina de piña. Esta diferencia está influenciada por el contenido de la fracción soluble e insoluble en los panqués, debido a que puede actuar como barrera para evitar el acceso de las enzimas a los compuestos susceptibles de ser hidrolizados y por lo tanto reducir el porcentaje de hidrólisis. Los alimentos ricos en fibra son recomendados para diabéticos, debido a que se supone que reducen la respuesta glucémica de los alimentos y por consecuencia reducen las necesidades de insulina (Guillon y Champ, 2000).

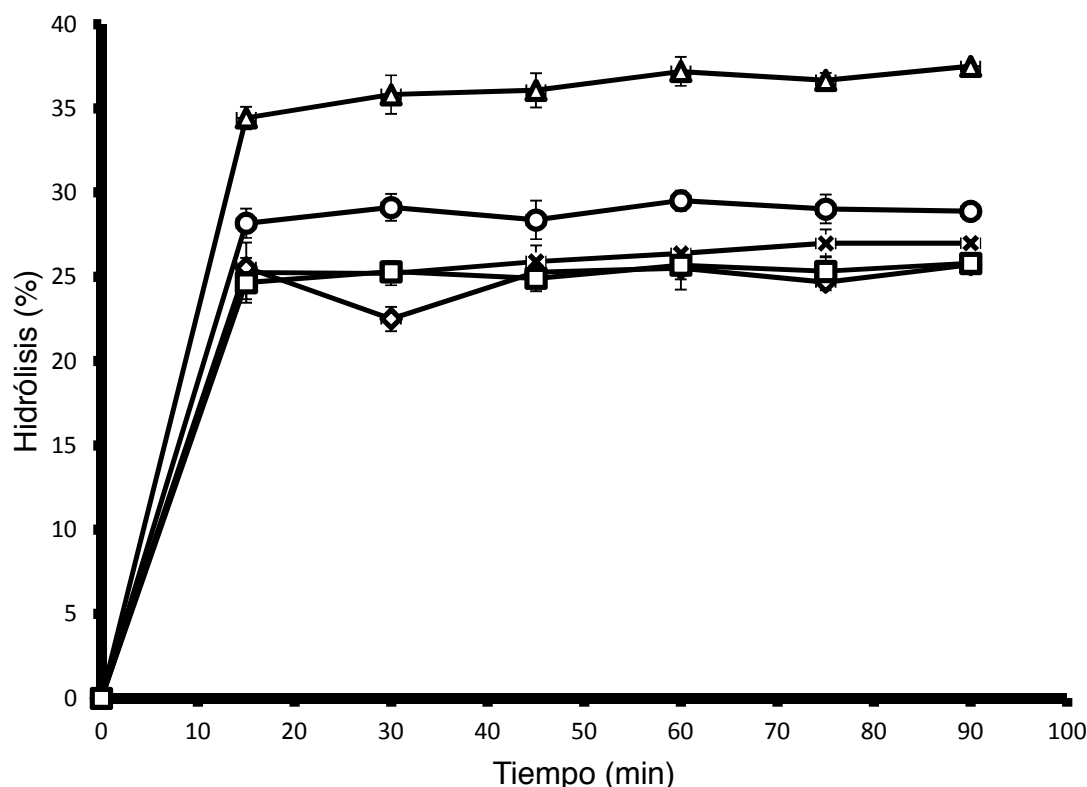


Figura 5. Curva de hidrólisis *in vitro* de los PCNTRL (▲), PHPC (x), PHCZ (●), PHP (◆) y PHC (■) con 25% de sustitución de harina de piña alta en fibra

También se observó que la hidrólisis casi completa de los carbohidratos se lleva a cabo dentro de los primeros quince minutos después de empezar la digestión, encontrándose valores de 34.43%, 25.25%, 24.66%, 25.55% y 28.18% para los PCTRL, PHPC, PHC, PHP y PHCZ respectivamente y que después se mantuvo sin cambios significativos hasta el final de la digestión, estos resultados tienen relación a los determinados en la fracción de digestión rápida, donde también se observó que la mayor parte del almidón disponible se hidrolizó en los primeros veinte minutos (figura 5).

Estos resultados están influenciados por el proceso de elaboración de los panqués, ya que se ocupan temperaturas muy elevadas, provocando un rompimiento de las paredes celulares y por lo tanto hacer más fácil la hidrólisis de los carbohidratos por las enzimas. La matriz del alimento tiene una posición

central en el concepto de biodisponibilidad de carbohidratos. En alimentos vegetales sin refinar los polisacáridos no amiláceos de la pared celular tienen un papel estructural que mantiene la integridad de las células que a su vez forman los bloques de construcción del tejido vegetal. Este produce un efecto de encapsulación el cual limita la velocidad a la cual el almidón y los azúcares son digeridos y absorbidos en el intestino delgado. Sin embargo, el excesivo procesamiento del alimento destruye el efecto de la encapsulación: por ejemplo, las propiedades de la matriz del alimento es ampliamente perdida cuando los granos enteros son molidos (Björck y Elmstahl, 2003) y cuando las frutas tales como las manzanas son procesadas en jugo (Haber et al., 1977). Y debería ser reconocido que estas propiedades estructurales de la matriz del alimento encontradas en alimentos vegetales sin procesar no pueden ser reintroducidos por la adición de “suplementos de fibra”

6.11. PORCENTAJE DE HIDRÓLISIS Y PREDICCIÓN DEL ÍNDICE GLUCÉMICO.

Los resultados obtenidos de la determinación del porcentaje de hidrólisis y la predicción del índice glucémico se presentan en la tabla 12. En base a los resultados obtenidos del porcentaje de hidrólisis a los 90 minutos de digestión se observó que hubo diferencia estadística significativa en el PCNTRL (37.49%), en comparación con PHPC (27.00%), PHCZ (28.61%), PHP (25.72%) y PHC (25.81), el %H del pan control fue mayor al que presentaron los panes adicionados con harina de piña, por lo que se ve que la adición de harina de piña disminuyó la disponibilidad de los carbohidratos a la acción enzimática y por lo tanto una menor liberación de glucosa.

En relación a los panqués elaborados con harina de diferentes secciones de piña, también se observó diferencias, ya que PHCZ presentó un %H mayor (28.61%) seguido por PHPC con (27.00%), PHC (25.81%) y PHP (25.81%), hubo diferencia estadística significativa entre casi todos los panes, siendo estadísticamente iguales los PHC y PHP.

Tabla 12. Porcentaje de hidrólisis (%H) y predicción del índice glucémico (pIG) de panques adicionados con 25% de harina de piña alta en fibra

MUESTRA	% H (90 min)	pIG
PCNTRL	37.49 ^a ± 0.45	69.42 ^a ± 0.59
PHPC	27.00 ^c ± 0.82	60.05 ^c ± 0.66
PHCZ	28.61 ^b ± 0.84	62.41 ^b ± 0.68
PHP	25.72 ^d ± 0.49	59.79 ^d ± 0.39
PHC	25.81 ^d ± 0.88	59.93 ^d ± 0.71

Media de tres repeticiones ± error estándar

Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa (p<0.05)

PHPC: panque con harina de piña completa; PHCZ: panque con harina de corazón; PHP: panque con harina de pulpa; PHC: panque con harina de cáscara.

Por lo cual, se puede decir que también la sección de la cual haya sido obtenida la harina puede influir en la hidrólisis del almidón presente en los panqués, estas diferencias que se obtuvieron en el %H pueden estar influenciadas por una serie de factores intrínsecos y extrínsecos de los alimentos los cuales pueden ser el proceso de elaboración de los panques, ya que se ocupan temperaturas altas lo que puede provocar la gelatinización del almidón y por lo tanto hacerla más rápidamente digerible, así como también el tamaño de partícula es un factor importante que determina la disponibilidad del almidón a la hidrólisis enzimática, esto fue comprobado por Snow y O'Dea (1981), donde encontraron que el porcentaje de hidrólisis del almidón en cereales crudos era menor que en cereales que habían sido cocinados y también encontraron que los cereales que habían sido molidos presentaban un porcentaje de hidrólisis mayor que los que habían sido solamente laminados. También encontraron que el contenido de fibra en sí no parece afectar la tasa de hidrólisis del almidón excepto cuando esta forma una barrera física que limita el acceso de las enzimas hidrolíticas al almidón. De acuerdo al porcentaje de hidrólisis, se hizo la determinación del índice glucémico de los panques, encontrando valores de 69.42% para el PCTRL, que fueron mayores a los encontrados en PHPC (60.05%), en PHC (59.93%), en PHP (59.79%) y para PHCZ fue de (62.41%) encontrándose que casi todos los valores

son estadísticamente diferentes en relación al PCTRL, y con respecto a los valores reportados para los panques adicionados con fibra se observó que hubo diferencia estadística significativa en los PHPC, PHCZ y los que no presentaron diferencia fueron los PHP y PHC. Observándose que los resultados encontrados en el PCTRL fueron mayores a los encontrados los panques adicionados con fibra de piña. Con lo que se puede concluir que hubo una disminución en el índice glucémico de los panqués que fueron adicionados con fibra en comparación al PCTRL, esto puede ser atribuido al efecto que tiene la fibra en los alimentos a los que son adicionados, ya que en general, los mecanismos involucrados en el efecto de la fibra en la respuesta glucémica son en su mayoría comprendidos. Son múltiples y dependen de la estructura del alimento (en su mayoría, la integridad de las paredes celulares en los alimentos que no son fraccionados) y las características intrínsecas de las fibras, y en su mayoría, su capacidad para incrementar la viscosidad del alimento (Guillon y Champ, 2000).

6.12. ANÁLISIS SENSORIAL

Los resultados de la prueba hedónica realizada en los panques se muestran en la tabla 13. En el análisis sensorial se encontraron valores de 6.84% para el PCTRL, 5.27% para PHPC, 6.09% para el PHC, 5.42% en el PHP y 6.72% para el PHCZ, de acuerdo a estos resultados se observó que los PCTRL y el PHCZ no presentaron diferencia estadística significativa y los PHC, PHP y PHPC si presentaron diferencia estadística significativa. En general los PCTRL, PHCZ y PHC tuvieron una aceptación moderada entre los consumidores y los PHPC y PHP se encuentran dentro de la categoría de “ni me gusta ni me disgusta” esto puede deberse a que de acuerdo las características sensoriales que presentan los panqués adicionados con harina de piña no presentaron una aceptación moderada.

TABLA 13. Análisis sensorial de los panques adicionados con 25% de harina de diferentes secciones de piña.

MUESTRA	ANÁLISIS SENSORIAL
PCNTRL	6.84 ^a ± 1.4
PHPC	5.27 ^c ± 1.9
PHCZ	6.72 ^{ab} ± 1.5
PHP	5.42 ^c ± 1.8
PHC	6.09 ^b ± 1.6

Media de tres cien repeticiones ± desviación estándar

Letras diferentes por columna indican diferencia estadística significativa (p<0.05)

PHPC: panque con harina de piña completa; PHCZ: panque con harina de corazón; PHP: panque con harina de pulpa; PHC: panque con harina de cáscara.

En la figura 6 se muestran los resultados del análisis sensorial, los cuales demuestran que la mayoría de las personas dieron una calificación de me gusta ligeramente (6) a Me gusta mucho (8), es decir, que las personas dieron una aceptación positiva por los panques adicionados con harina de diferentes secciones de piña. Cabe mencionar que los PHPC, PHP, PHC y PHCZ tuvieron menor aceptación que el PCTRL, esto puede explicarse debido a que la adición de harinas con elevado porcentaje de fibra, afecta las características sensoriales de los productos en los que son adicionados. Comportamientos similares se encontraron en panques adicionados con harina de bagazo de naranja (6.3, 6.0 y 4.2 en el pan control, con 10% y 15% de sustitución respectivamente) (Romero-López 2011), barras adicionadas con harina de maíz blanco, maíz azul y harina de plátano verde (5.57, 5.59 y 6.08 respectivamente) (Utrilla-Coello et al., 2011).

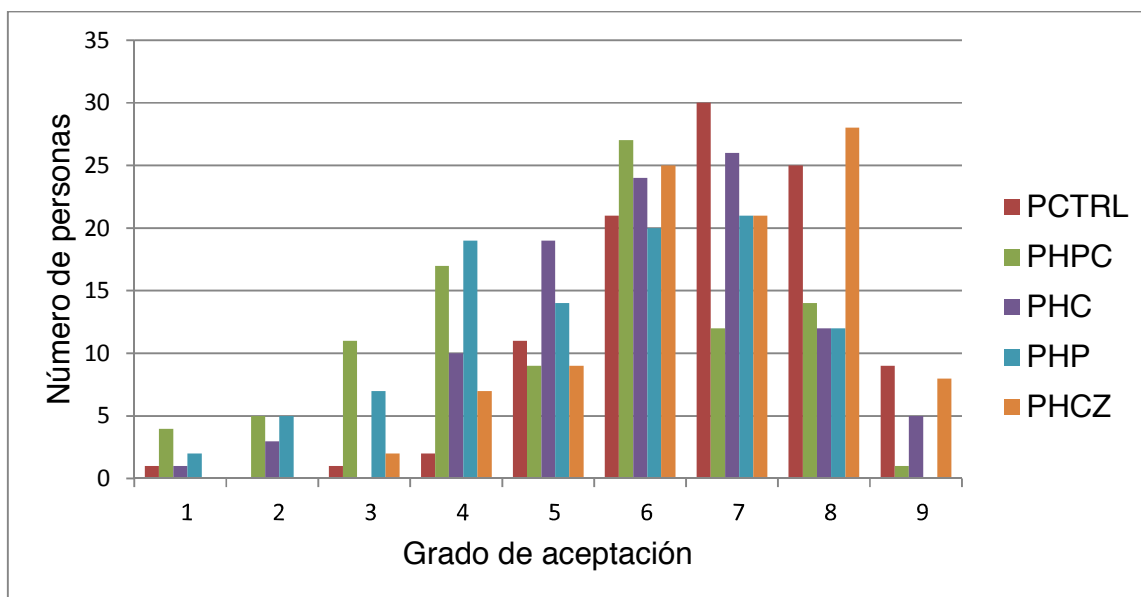


Figura 6. Grado de aceptación de los panques adicionados con harina de diferentes secciones de piña.

1: Me disgusta muchísimo; 2: Me disgusta mucho; 3: Me disgusta moderadamente; 4: Me disgusta ligeramente; 5: Ni me gusta ni me disgusta; 6: Me gusta ligeramente; 7: Me gusta moderadamente; 8: Me gusta mucho; 9: Me gusta muchísimo.

PCTRL: panque control; PHPC: panque con harina de piña completa; PHCZ: panque con harina de corazón; PHP: panque con harina de pulpa; PHC: panque con harina de cáscara;

7.CONCLUSIONES

Las harinas de las diferentes secciones de piña, presentaron características similares a las provenientes de otras frutas, tal como bajo aporte proteico, bajo contenido de material lipídico; las harinas obtenidas de las diferentes secciones de piña, presentaron un contenido elevado de fibra dietética total (alrededor de 90%), siendo representada principalmente por la fracción insoluble. Así mismo, la proporción del contenido de fracción soluble e insoluble fue de 1:5.

Las harinas de las diferentes secciones de piña presentaron baja capacidad de absorber agua y aceite. Así también las propiedades funcionales de las harinas sufren cambios en su comportamiento al ser sometidas a temperaturas elevadas, cambios que se hacen evidentes principalmente en la capacidad de retención de agua, donde se observó que aumenta conforme aumenta la temperatura.

Las harinas de las diferentes secciones de piña presentaron capacidad antioxidante considerable, concluyendo así, que pueden ser aprovechadas en la elaboración de productos alimenticios con el fin de aumentar el contenido de fibra dietética y la capacidad antioxidante de los productos alimenticios, principalmente en productos horneados.

La adición de harinas de piña con alto contenido de fibra dietética en la elaboración de panqués es una buena alternativa, sin embargo, es necesario controlar la cantidad a sustituir en la formulación debido a que una cantidad de sustitución elevada afecta las características sensoriales y tecnológicas de los productos elaborados.

La elaboración de panqués con 25% de sustitución de harina de trigo por harina de piña, permitió aumentar el porcentaje de la fracción insoluble y soluble en los productos, debido a que aumentó el porcentaje de fibra dietética total, e insoluble en comparación con un producto de referencia elaborado a base de harina de trigo.

La adición de harina de piña en la elaboración de panqués permitió elevar la capacidad antioxidante, obteniendo panqués con mayor capacidad antioxidante que un panque de referencia.

La adición de harina de piña en la elaboración de panqués, disminuyó el contenido de almidón total, así mismo, redujo la porción de almidón de digestión rápida, sin embargo, no tuvo efectos en la porción de almidón de digestión lenta, en comparación con un panqué de referencia. Disminuyó también el porcentaje de hidrólisis del almidón, presentando un panqué que se puede clasificar como un producto con índice glucémico medio.

La elaboración de panqués con la adición de harinas de piña afectó las características sensoriales de los productos finales, provocando poca aceptación por parte de los consumidores hacia los productos finales elaborados.

8.RECOMENDACIONES

Evaluar la adición de harinas de piña en otro tipo de productos que no requieran tanta suavidad por ejemplo galletas, para permitir mantener un porcentaje elevado de sustitución y aumentar las características nutricionales de la fibra.

Evaluar el efecto de los productos elaborados con la sustitución de harina de piña en pruebas *in vivo* para determinar los efectos que provoca el consumo de éstos productos.

9.REFERENCIAS

- Abdul, H. & Luan, Y., 2000. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry*, 68(1), pp.15–19.
- Anil, M., 2007. Using of hazelnut testa as a source of dietary fiber in breadmaking. *Journal of Food Engineering*, 80(1), pp.61–67.
- Araya, H. & Lutz, M., 2003. Alimentos funcionales y saludables. *Revista Chilena de Nutrición*, 30(1), pp.8–14.
- Arteaga Llona, A., 2006. El índice glicémico. Una controversia actual. *Nutricion Hospitalaria*, 21(SUPPL. 2), pp.55–60.
- Awika, J.M. et al., 2003. Screening Methods To Measure Antioxidant Activity of Sorghum (*Sorghum bicolor*) and Sorghum Products). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(23), pp.6657–6662.
- Badui Dergal, S., 2009. *QUIMICA DE LOS ALIMENTOS* Cuarta edición., México D.F. México
- Björck, I. & Elmståhl, H.L., 2003. The glycaemic index: importance of dietary fibre and other food properties. *The Proceedings of the Nutrition Society*, 62(1), pp.201–206.
- Bravo, L., 1998. Polyphenols: Chemistry, Dietary Sources, Metabolism, and Nutritional Significance. *Nutrition Reviews*, 56(11), pp.317–333.
- Bravo, L. & Saura-Calixto, F., 1998. Characterization of Dietary Fiber and the In Vitro Indigestible Fraction of Grape Pomace. *American Journal of Enology and Viticulture*, 49, pp.135–141.
- Broadley, R.H., Wassman III, R.C. & Sinclair, E., 1993. *Pineapple pests and disorders*,
- Cervantes-Zurita, J.-N. et al., 2010. *Estudio de algunas propiedades funcionales de residuos agroindustriales de frutos tropicales*,
- Cordenunsi, B. et al., 2010. Carbohydrate composition of ripe pineapple (cv . perola) and the glycemic response in humans. *Ciencia e Tecnologia de Alimentos*, 30(1), pp.282–288.
- Cruz, S.M., 2002. *Caracterización del residuo fibroso obtenido de la cáscara de maracuya, Pasiflora edulis, Flavicarpa degener*. FIQ-UADY.

- Cummings, J.H. & Stephen, A.M., 2007. Carbohydrate terminology and classification. *European journal of clinical nutrition*, 61 Suppl 1, pp.S5–S18.
- Dreher, M.L., 2001. *Dietary fiber overview. In handbook of dietary fiber*, New York: Marcel Dekker, Inc.
- Elleuch, M. et al., 2011. Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing : Characterisation , technological functionality and commercial applications : A review. *Food Chemistry*, 124(2), pp.411–421.
- Escudero-Álvarez, E. & González-Sánchez, P., 2006. La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*, 21, pp.61–72.
- Femenia, A. et al., 1997. Physical and sensory properties of model foods supplemented with cauliflower fibre. *Journal of Food Science*, 62(4), p.635.639.
- Fernández, M. et al., 2006. Obtención de concentrado de fibra de piña. *ciencia y tecnologia de los alimentos*, 16(2), pp.56–61.
- Figuerola, F. et al., 2006. Fibre concentrates from apple pomace and citrus peel as potential fibre sources for food enrichment.
- Fleury, N. & Lahaye, M., 1991. Chemical and physico-chemical characterization of fibres from *Laminaria digitata* (Kormbu breton): a physiological approach. *journal of Science Food Agricultural*, 55, pp.389–400.
- García Ochoa, O.E., Benito Infante, R. & Julio Rivera, C., 2008. Hacia una definición de fibra alimentaria. *Anales Venezolanos de Nutrición*.
- Guillon, F. & Champ, M., 2000. Structural and physical properties of dietary fibres , and consequences of processing on human physiology. *Food Research International*, 33, pp.233–245.
- Guzmán, C.E., 2008. *Fibra Dietética U. d Chile*, ed., Santiago de Chile: Instituto de Nutrición y Tecnología de alimentos.
- Haber, G.B. et al., 1977. Depletion and disruption of dietary fiber. Effects on satiety, plasma glucose and serum insulin. *Lancet*, 2, pp.636–639.
- Halliwel, B. et al., 1995. The characterization of antioxidants. *Food Chemistry and Toxicology*, 33, pp.601–617.
- Hollman, P., Van Trijp, J. & Buysman, M., 1996. Fluorescence detection of flavonols in HPLC by post-column chelation with aluminium. *American Journal Clinical Nutrition*, 62, pp.1276–1282.

- Jenkins, D.J. et al., 2002. Effect of wheat bran on glycemic control and risk factors for cardiovascular disease in type 2 diabetes. *Diabetes care*, 25, pp.1522–1528.
- Jenkins, D.J., Wolever, T.M. & Taylor, R.H., 1981. The glycemic index of foods: a physiological basis for carbohydrate exchange. *American Journal of Clinical Nutrition*, 34, pp.362–368.
- Juarez-García, E. et al., 2006. Composition , Digestibility and Application in Breadmaking of Banana Flour. *Plants Foods for Human Nutrition*, 61, pp.131–137.
- Kang, H.J. et al., 2006. Studies on the development of functional powder from citrus peel. *Bioresource Technology*, 97, pp.614–620.
- Kaur, C. & Kapoor, H., 2001. Antioxidant in fruits and vegetables-the millennium's health. *International Journal of Food Science Technology*, 36, pp.703–25.
- Lario, Y. et al., 2004. Preparation of high dietary fiber powder from lemon juice by-products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 5, pp.113–117.
- Larrauri, J.A. et al., 1997. High dietary fibre powders from orange and lime peels: associated polyphenols and antioxidant capacity. *Food Research International*, 29(8), pp.757–762.
- Larrauri, J.A., 1999. New approaches in the preparation of high dietary fibre powders from fruit by-products. *Trends in Food Science & Technology*, 10, pp.3–8.
- Larrauri, J.A. et al., 1997. Seasonal changes in the composition and properties of high dietary fiber powder from grapefruit peel. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 29, pp.308–312.
- Martínez, R. et al., 2012. Chemical, technological and in vitro antioxidant properties of mango, guava, pineapple and passion fruit dietary fibre concentrate. *Food chemistry*, 135(3), pp.1520–6.
- Martínez-Alvarez, J.R. et al., 2003. *Nuevos alimentos para nuevas necesidades*, España.
- Martinez-Valverde, I., Periago, M.J. & Ross, G., 2000. Nutritional importance of phenolic compounds in the diet. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 50, pp.5–18.

- Matos-Chamorro, A. & Chambilla-Mamani, E., 2010. Ciencia y Tecnología de Alimentos Evaluación de las Propiedades Funcionales de la Fibra Insoluble Extraída a Partir de las Hojas del Nabo (*Brassica rapa* L.). *Revista de Investigación en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 1, pp.43–50.
- Mildner-Szkudlarz, S. et al., 2011. use of grape by-product as a source of dietary fibre and phenolic compounds in sourdough mixed rye bread. *International Journal of Food Science & Technology*, 46, pp.1485–1493.
- Nomura, T. et al., 1997. Proton-donative antioxidant activity of fucoxanthin with 1, 1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH). *Biochemistry & Molecular Biology International*, 42, pp.361–370.
- Pak, D.N., 2000. La fibra dietetica en la alimentación humana, importancia en la salud. *Anales de la Universidad de Chile*, 6, pp.119–130.
- Peraza, M.G., 2000. *Caracterización de los residuos fibrosos de Canavalia ensiformis L. y Phaseolus lunatus L. y su incorporación a un producto alimenticio*. FIQ-UADY.
- Perez-Hidalgo, M., Guerra-Hernández, E. & García-Villaanora, B., 1997. Determination of insoluble dietary fibre compounds: cellulose, hemicellulose and lignins in legumes. *Journal Aris Pharmaceutica*, 38(4), pp.357–364.
- Poltorak, A. & Zalewska, M., 2007. Influence of selected plant fibre upon physical propeties of bread dough and bread. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 57, pp.151–155.
- Priego, N., 2007. *Obtención de Fibra Dietética a Partir de Sáculos de Naranja aplicando un Tratamiento con Vapor*.
- Prior, R., Wu, X. & Schaich, K., 2005. Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements. *Agriculture Food Chemistry*, 53, pp.4290–4302.
- Raghavendra, S. et al., 2006. Grinding characteristics and hydration properties of coconut residue: a source of dietary fiber. *Food Engineering*, 72, pp.281–286.
- Ramírez, A. & Pacheco de Delahaye, E., 2009. Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietetica obtenidas de piña, guayaba y guanabana. *Interciencia*, 34, pp.293–298.
- Rebolledo Martínez, A., Uriza Ávila, D. & Rebolledo Martínez, L., 1998. *TECNOLOGIA PARA LA PRODUCCION DE PIÑA EN MEXICO*,

- Rehman, Z.-U., 2006. Citrus peel extract: a natural source of antioxidant. *Food Chemistry*, 99, pp.450–454.
- Roberfroid, M.B., 2000. Concepts and strategy of functional food science: The European perspective. *American Journal of Clinical Nutrition*, 71(6 SUPPL.), pp.1660–1664.
- Romero-López, M. del R., 2011. *Caracterización de una harina con alto contenido en fibra a partir de bagazo de naranja (Citrus sinensis L) y su aplicación en un producto de panificación*. Centro de Desarrollo de Productos Básicos.
- Sanchez-Moreno, C., 2002. Compuestos polifenólicos: efectos fisiológicos. *Actividad antioxidante alimentaria*, pp.29–40.
- Saura-calixto, F. et al., 2000. In Vitro Determination of the Indigestible Fraction in Foods : An Alternative to Dietary Fiber Analysis. *Journal Agriculture Food Chemical*, 48, pp.3342–3347.
- Saura-calixto, F. & Jiménez-Escrig, A., 2003. Fibra dietética antioxidante y concentrado de antioxidantes naturales de alga Fucus y sus procedimientos de obtención. , pp.1–5.
- Schultz, E., 2010. *Dietary fibre*,
- Sellapan, S., Akoh, C.C. & Krewer, G., 2002. Phenolic compounds and antioxidant capacity of Georgia-grown blueberries and blackberries. *Journal Agriculture Food Chemical*, 50, pp.2432–2438.
- Smith, L.B. & Downs, R.J., 1979. Bromelioideae (Bromeliaceae). *Flora Neotropica Monograph*, 14(3), pp.1493–2142.
- Somogyi, L.P., Ramaswamy, H.S. & Hui, Y.H., 1996. *Biology, principles and applications processing fruits: Science and Technology*, Lancaster, Pensilvania.
- Vasantha Rupasinghe, H.P. et al., 2008. Effect of baking on dietary fibre and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder. *Food chemistry*, 107, pp.1217–1224.
- Vergara, N., 2005. *obtención de fibra dietetica antioxidante de mango y su aplicación en productos de panificación*.
- Wolever, T.M., Nuttall, F.Q. & Lee, R., 1985. Prediction of the relative blood glucose response of mixed meals using the white bread glycemic index. *Diabetes care*, 8, pp.418–428.