

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTONOR ORREGO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS
ALIMENTARIAS



EFFECTO DE LA SUSTITUCIÓN DE HARINA DE TRIGO (*Triticum aestivum*) POR HARINA DE PULPA DE TUNA PÚRPURA (*Opuntia ficus-indica*) SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICOQUÍMICAS Y SENSORIALES DE GALLETAS DULCES.

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Br. ALEXANDER JESÚS ALBERTO PESANTES LÁZARO

TRUJILLO, PERÚ

2014

La presente tesis ha sido revisada y aprobada por el siguiente Jurado:

Dr. VICTOR VASQUEZ VILLALOBOS
PRESIDENTE

Dr. ANTONIO RODRIGUEZ ZEVALLOS
SECRETARIO

Ms. GABRIELA BARRAZA JAUREGUI
VOCAL

.....
Dr. FERNANDO RODRIGUEZ AVALOS
ASESOR

DEDICATORIA

A DIOS por darme lo más grandioso
de este mundo la **VIDA**

A mi madre **Yrma**, mi hermano **Diego**,
y mis abuelos **María** y **Aquiles**
por su apoyo y motivación para
hacer realidad este gran paso

AGRADECIMIENTOS

Al **Dr. Fernando Rodríguez Avalos** por brindarme su apoyo constante, dedicación, amistad y confianza; por guiarme en la realización de la presente tesis y por ser ejemplo de entrega y perseverancia.

A los miembros de jurado calificador **Dr. Víctor Vásquez Villalobos, Dr. Antonio Rodríguez Zevallos** y **Mg. Gabriela Barraza Jáuregui** por sus observaciones y sugerencias objetivas.

Al **Ing. José Soriano Colchado**, por el apoyo en la elaboración de las galletas en la Planta Piloto de Alimentarias.

Al **Ing. Fredy Pérez Azahuanche** por permitirme usar el laboratorio de Química de la UPAO.

A todos los profesores de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias por sus enseñanzas y aportes en mi formación profesional.

A todas las personas que de alguna u otra forma se involucraron apoyándome en el desarrollo de la tesis.

INDICE GENERAL

CARATULA.....	i
APROBACIÓN DE JURADO DE TESIS	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE GENERAL	v
INDICE DE CUADROS	viii
INDICE DE FIGURAS	xi
INDICE DE ANEXOS	xii
RESUMEN	xiii
ABSTRACT	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN DE BIBLIOGRAFIA	3
2.1 Tuna	3
2.1.1 Definición y características	3
2.1.2 Variedades	3
2.1.3 Composición nutricional.....	4
2.2 Galletas	4
2.2.1 Descripción general	4
2.2.2 Clasificación.....	5
2.3 Harinas sucedáneas	6
2.4 Evaluación sensorial.....	6
2.4.1 Pruebas afectivas	7

III. MATERIALES Y MÉTODOS	9
3.1 Lugar, materia de estudio y equipo e instrumentos	9
3.1.1 Lugar de ejecución	9
3.1.2 Material de estudio y reactivos	9
3.1.3 Equipos e instrumentos de laboratorio	12
3.2 Método Experimental	12
3.2.1 Esquema experimental de la sustitución de harina de trigo por harina de pulpa de tuna púrpura en la elaboración de galletas dulces	12
3.2.2 Procedimiento experimental para la elaboración de harina de pulpa de tuna púrpura.....	12
3.2.3 Procedimiento para la elaboración de galletas dulces	16
3.2.4 Formulación para la elaboración de galletas dulces	17
3.2.5 Métodos de análisis	18
3.2.5.1 Composición química de harina de pulpa de tuna púrpura	18
3.2.5.2 Caracterización fisicoquímica de galletas dulces.....	20
3.2.5.3 Análisis sensorial	21
3.2.6 Análisis estadísticos	22
IV. RESULTADOS Y DISCUSION	24
4.1 Rendimiento de harina de pulpa de tuna púrpura.....	24
4.2 Color de la harina de tuna púrpura.....	26

4.3 Determinación de cenizas en galletas dulces de tuna	26
4.4 Determinación de la dureza en galletas dulces de tuna	30
4.5 Determinación del color en galletas dulces de tuna.....	35
4.6 Evaluación sensorial en galletas dulces de tuna	42
4.7 Determinación del error experimental en calcio y fósforo en la galleta con 5% de sustitución	46
VI. CONCLUSIONES	49
VII. RECOMENDACIONES	50
VII. BIBLIOGRAFÍA	51
VIII. ANEXOS	59

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición nutricional de la pulpa de tuna púrpura	4
Cuadro 2. Composición nutricional de la harina de trigo.....	9
Cuadro 3. Composición nutricional de la azúcar blanca	10
Cuadro 4. Composición nutricional de la margarina	11
Cuadro 5. Composición nutricional de la Leche entera en polvo	11
Cuadro 6. Formulaciones de las galletas dulces	18
Cuadro 7. Estimación de la composición nutricional de la harina de pulpa de tuna púrpura.....	19
Cuadro 8. Ficha de evaluación de aceptabilidad general de galletas dulces de tuna púrpura	23
Cuadro 9. Rendimiento de harina de pulpa de tuna púrpura	24
Cuadro 10. Color en harina de tuna púrpura	26
Cuadro 11. Cenizas en galletas dulces de tuna.....	27
Cuadro 12. Prueba de Levene para cenizas en galletas dulces de tuna	27
Cuadro 13. Prueba ANVA para cenizas en galletas dulces de tuna	27
Cuadro 14. Prueba de Duncan para cenizas en galletas dulces de tuna	28
Cuadro 15. Dureza en galletas dulces de tuna	31
Cuadro 16. Prueba de Levene para la dureza en galletas dulces de tuna.....	31
Cuadro 17. Prueba ANVA para la dureza en galletas dulces de tuna	31
Cuadro 18. Prueba de Duncan para la dureza en galletas dulces de tuna ...	32

Cuadro 19. Color en galletas dulces de tuna	35
Cuadro 20. Prueba de Levene para el valor de L^* en galletas dulces de tuna	36
Cuadro 21. Prueba ANVA para el valor de L^* en galletas dulces de tuna	36
Cuadro 22. Prueba de Duncan para el valor de L^* en galletas dulces de tuna	36
Cuadro 23. Prueba de Levene para el valor de a^* en galletas dulces de tuna	38
Cuadro 24. Prueba de Box para el valor de a^* en galletas dulces de tuna ...	39
Cuadro 25. Prueba de Levene para el valor de b^* en galletas dulces de tuna	40
Cuadro 26. Prueba ANVA para el valor de b^* en galletas dulces de tuna	40
Cuadro 27. Prueba de Duncan para el valor de b^* en galletas dulces de tuna	40
Cuadro 28. Aceptabilidad general en galletas dulces de tuna	42
Cuadro 29. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general en galletas de tuna	43
Cuadro 30. Prueba de Wilcoxon en las galletas Testigo y con 5% de sustitución para la aceptabilidad general en galletas de tuna ...	43
Cuadro 31. Prueba de Wilcoxon en las galletas Testigo y con 10% de sustitución para la aceptabilidad general en galletas de tuna ...	44

Cuadro 32. Prueba de Wilcoxon en las galletas Testigo y con 15% de sustitución para la aceptabilidad general en galletas de tuna...	44
Cuadro 33. Prueba de Wilcoxon en las galletas de 5 y 10% de sustitución para la aceptabilidad general en galletas de tuna.....	44
Cuadro 34. Prueba de Wilcoxon en las galletas de 5 y 15% de sustitución para la aceptabilidad general en galletas de tuna.....	45
Cuadro 35. Prueba de Wilcoxon en las galletas de 10 y 15% de sustitución para la aceptabilidad general en galletas de tuna.....	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema experimental de la sustitución de harina de trigo por harina de pulpa de tuna púrpura en la elaboración de galletas dulces	13
Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de harina de pulpa de tuna púrpura	14
Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de galletas dulces con harina de pulpa de tuna púrpura.....	16
Figura 4. Curva de secado de la pulpa de tuna púrpura.....	25
Figura 5. Promedios de cenizas en galletas dulces de tuna	28
Figura 6. Promedios de dureza en galletas dulces de tuna	32
Figura 7. Promedios de la luminosidad (L*) en galletas dulces de tuna	37
Figura 8. Promedios de valor de b* en galletas dulces de tuna	41
Figura 9. Promedios de aceptación general en galletas de tuna	45
Figura 10. Cantidades reales de calcio y fósforo presente en la galleta con 5% de sustitución.....	47

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Estimación de componentes de la harina de pulpa de tuna púrpura a partir de 100 g de parte comestible de la tuna púrpura.....	60
Anexo 2. Datos para la obtención de la curva de secado.....	62
Anexo 3. Formulaciones de galletas dulces 5, 10 y 15% de sustitución para determinar la relación Ca/P	63
Anexo 4. Formulación de la galleta con 5% de sustitución de harina de tuna púrpura	64
Anexo 5. Estimación de componentes en la formulación de 5% de sustitución a partir de 100 g de formulación	65
Anexo 6. Curvas de dureza en galletas dulces de tuna	67
Anexo 7. Galletas dulces de tuna	69

RESUMEN

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de pulpa de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*) sobre el contenido de cenizas, la dureza, el color y la aceptabilidad general en galletas dulces. Se utilizó la parte comestible de la tuna fresca, la cual se secó en estufa hasta 12% de humedad y, posteriormente, su conversión en harina. Para la elaboración de las galletas dulces, se utilizó tres sustituciones de harina de pulpa de tuna púrpura (5, 10 y 15%), más una galleta testigo sin sustitución, las cuales fueron llevadas a un horno industrial a 140 °C por ocho minutos.

Para el análisis estadístico se realizaron cuatro repeticiones y se aplicó la prueba de Levene, análisis de varianza y la prueba de Duncan para las variables paramétricas. En cuanto a la aceptabilidad general, se aplicó la prueba de Friedman y la de Wilcoxon.

Con la prueba de Levene, se determinó la homogeneidad de varianzas en las variables paramétricas, excepto en el parámetro a^* del color. Con respecto a las cenizas y el color, existió diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las sustituciones. En cuanto a la dureza, se encontró diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las sustituciones; y la galleta con 5% de sustitución presentó la menor dureza. Con respecto a la aceptabilidad general, hubo diferencia significativa ($p < 0,05$) entre las sustituciones y se determinó que la galleta con 5% de sustitución fue la que presentó la mayor aceptación por los panelistas.

ABSTRACT

The aim of this research was to evaluate the effect of substitution of wheat flour (*Triticum aestivum*) by purple prickly pear (*Opuntia indica*) flour on ash content, hardness, color, and general acceptability in sweet cookies. The edible portion of fresh prickly pear was used, which was oven dried to 12% moisture and, then, converted in flour. To prepare the cookies, three substitutions of prickly pear (5, 10, and 15%) flour were used, plus a control cookie without replacement, which were taken into an industrial oven at 140 °C for eight minutes.

For statistical analysis, four replicates were carried out, and Levene test, analysis of variance, and Duncan test were performed. Regarding to general acceptability, Friedman and Wilcoxon tests were used, in case of finding significance.

With Levene test, homogeneity of variance of parametric variables was determined, except a* parameter of color. Regarding to the color and ash content, significant difference ($p < 0,05$) among the substitutions was found. With respect to the hardness, significant difference ($p < 0,05$) among the substitutions was found, and the cookie with 5% of substitution gave the lowest hardness. For the general acceptability, there was significant difference ($p < 0,05$) among the substitutions, and the cookie with 5% of substitution had the highest acceptance by the panelists.

I. INTRODUCCION

La tuna (*Opuntia ficus-indica*) es un fruto del nopal *Opuntia*. En el Perú, la mayor producción de tuna se encuentra en Ayacucho, Huancavelica, Apurímac, Arequipa. Es una especie sin utilidad comercial; su aprovechamiento está limitado al consumo fresco de los frutos, es estacional y tiene espinas en su cáscara, lo que desincentiva el aumento de su producción en el país. Una posible solución es la promoción del consumo de tuna por sus propiedades bioactivas, así como por su sabor y color característico generando así condiciones para que este fruto tenga un mayor valor industrial (Robles, 2009).

En cuanto a las galletas, estas constituyen un sector sustancial de la industria alimentaria, siendo uno de sus principales atractivos su variedad de tipos. Actualmente son uno de los productos de gran demanda y de bajo costo de producción, que por ser un alimento que permite saciar el hambre, se considera un buen vehículo para hacer llegar a la población una propuesta alimenticia de alto valor nutritivo (Castillo, 2003).

Todas las galletas tradicionales se fabrican generalmente con harina de trigo pudiendo tener añadidas pequeñas cantidades de otras harinas o almidones, para conseguir sabores o propiedades estructurales especiales. Sin embargo, como la confección de galletas se ha extendido a países donde la harina de trigo no es muy abundante, o constituye una materia prima de importación cara, es deseable considerar otros materiales feculentos que se pueden utilizar en la confección de galletas o productos análogos; razón por la cual es imprescindible partir de las costumbres alimentarias regionales

para evaluar la combinación de harinas sucedáneas obtenidas de tubérculos, raíces y frutos (Reátegui y Maury, 2011).

La alternativa está, aparentemente, en una educación alimentaria orientada al consumo de dietas conformadas principalmente por alimentos de origen vegetal y obtener el máximo aprovechamiento de los recursos alimentarios disponibles en la región, obteniendo productos (galletas) de bajo costo y con gran valor nutricional (Reátegui y Maury, 2011).

Para este estudio se planteó el siguiente problema:

¿Cuál será el efecto de tres sustituciones de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de pulpa de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*) (5, 10 y 15%) sobre el contenido de cenizas, la dureza, el color y la aceptabilidad general en galletas dulces?

Por lo anteriormente expuesto se plantearon los siguientes objetivos:

Evaluar el efecto de tres sustituciones de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de pulpa de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*) (5, 10 y 15%) sobre el contenido de cenizas, la dureza, el color y la aceptabilidad general en galletas dulces.

Determinar el porcentaje de sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por harina de pulpa de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*) que produce el contenido de cenizas adecuado, la dureza adecuada, el mejor color y la mayor aceptabilidad general en galletas dulces.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Tuna

2.1.1 Definición y características

La clasificación taxonómica es la siguiente, según Chessa (1997):

- Reino : Vegetal
- División : Antophyta
- Clase : Dicotiledónea
- Subclase : Archyclamidea o Coripétala
- Orden : Opuntiales (Cactales)
- Familia : Opuntiaceae (Cactáceas)
- Subfamilia : Opuntiaideae
- Género : *Opuntia*
- Especie : *Opuntia ficus-Indica*

El fruto es una baya polisperma de forma ovoide esférica de color verde y que toma diferentes colores cuando maduran. Su cáscara presenta espinas finas que miden entre 2 a 3 mm de longitud y cuya pulpa gelatinosa contiene numerosas semillas llamadas gloquideas (Sáenz, 2006).

2.1.2 Variedades

Según Corrales (1997), la tuna posee diferentes colores: amarillo, verde, rojo o púrpura. La tuna verde es la que tiene mayor contenido de fibra a comparación de la púrpura y anaranjada, puesto que los frutos cuando aún no alcanzan la madurez completa la cáscara tiene mayor porcentaje que la pulpa. Los carotenos alcanzan un mayor nivel en la tuna anaranjada, ya que este pigmento es que le da el

color característico a este tipo de tuna. Lo mismo sucede en el caso de la betanina con la tuna púrpura.

2.1.3 Composición nutricional

En el Cuadro 1, se observa la composición nutricional de la pulpa de tuna.

Cuadro 1. Composición nutricional de la pulpa de tuna púrpura

Compuesto	Cantidad (en 100g comestible)
Calorías (kcal)	58
Agua (g)	82,5
Carbohidratos (g)	13,5
Grasas (g)	0,0
Proteínas (g)	0,6
Fibra (g)	3,7
Cenizas (g)	0,4
Calcio (mg)	18
Fósforo (mg)	26
Hierro (mg)	0,3

Fuente: Collazos y otros (1996)

Los carbohidratos de la pulpa de tuna púrpura se componen de glucosa y fructosa, conteniendo 17,59% y 5,57% respectivamente (Morales y otros, 2009).

2.2 Galletas

2.2.1 Descripción general

Las galletas son productos elaborados en base de cereal molido, ya sea que contenga o no carbohidratos edulcorantes, pero que excluye

a los bizcochos o al pan. Las galletas son los productos de consistencia más o menos dura y crocante, de forma variable, obtenidos por el cocimiento de masas preparadas con harinas, con o sin leudantes, leche, féculas, sal, huevos, agua potable, azúcar, mantequilla, grasas y debidamente autorizados (Norma técnica peruana 206.0001-03, 1992).

Los requisitos para la fabricación de galletas según Norma técnica peruana 206.0001-03 (1992) son los siguientes:

- Deben fabricarse a partir de materias sanas y limpias, exentes de impurezas de toda especie y en perfecto estado de conservación.
- Es permitido el uso de colorantes naturales y artificiales conforme a la Norma Técnica Nacional 22: 01-003. Aditivos alimentarios. Colorantes de uso permitido en alimentos.
- Requisitos fisicoquímicos:

Humedad	máximo 12%.
Cenizas totales.....	máximo 3%.
Índice de peróxidos.....	máximo 5 meq/kg.
Acidez expresada	
en ácido láctico.....	máximo 0,1%.

2.2.2 Clasificación

Según Norma técnica peruana 206.0001-03 (1992), las galletas se clasifican en:

- Por su sabor:
 - Saladas

- Dulces
- Sabores especiales

- Por su presentación:
 - Simples: Cuando el producto se presenta sin ningún agregado posterior luego de cocido.
 - Rellenas: Cuando entre dos galletas se coloca un relleno empleado.
 - Revestidas: Cuando exteriormente presenta un revestimiento apropiado pudiendo ser simple o rellena.

2.3 Harinas sucedáneas

Las harinas sucedáneas son las obtenidas de la molienda de cereales, tubérculos, raíces, leguminosas y otras que reúnan características apropiadas para ser utilizada en el consumo humano. La designación de “harina” es exclusiva del producto obtenido de la molienda de trigo. La denominación de cada harina sucedánea se forma añadiendo al término harina el nombre de la materia prima de que se trate. Las harinas sucedáneas deberán estar libres de toda sustancia o cuerpo tóxico extraño a su naturaleza excepto los aditivos debidamente autorizados. Las harinas no deberán proceder de materias primas en mal estado de conservación (Norma técnica peruana 205.040, 1976). Al respecto de las determinaciones analíticas, se admiten las siguientes tolerancias según norma técnica peruana 205.040 (1976).

Cenizas.....	máximo 5%
Acidez (%) en ácido sulfúrico....	máximo 10%
Humedad.....	máximo 16%

2.4 Evaluación sensorial

La evaluación sensorial es una disciplina científica usada para medir, analizar e interpretar las sensaciones producidas por las propiedades sensoriales de los alimentos y otros materiales, y que son percibidas por sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído.

Los especialistas en pruebas sensoriales y los científicos de alimentos clasifican las pruebas en afectivas (orientadas al consumidor) en base al objetivo de la preferencia, aceptabilidad o grado en que gustan los productos alimentarios y las pruebas analíticas (orientadas al producto) empleadas para determinar las diferencias entre productos o para medir características sensoriales (Anzaldúa-Morales, 1994).

2.4.1 Pruebas afectivas

Son aquellas en las cuales el juez expresa su reacción subjetiva ante el producto, indicando si le gusta o le disgusta, si lo acepta o lo rechaza, o si lo prefiere a otro (Anzaldúa-Morales, 1994).

Es necesario en primer lugar, determinar si uno desea evaluar simplemente preferencia o grado de satisfacción (gusto o disgusto), o si también uno quiere saber cuál es la aceptación que tiene el producto entre los consumidores, ya que en este último caso los cuestionarios deberán contener no solo preguntas acerca de la apreciación sensorial del alimento, sino también otras destinadas a conocer si la persona desearía o no adquirir el producto (Anzaldúa-Morales, 1994).

Las pruebas afectivas se clasifican en tres tipos que se presentan a continuación:

- **Prueba de preferencia**

En esta prueba se desea conocer si los jueces prefieren una cierta muestra sobre otra. La prueba es muy sencilla y consiste nada más en pedirle al juez que diga cuál de las dos muestras prefiere.

Es importante incluir en el cuestionario una sección para comentarios para que así uno pueda darse cuenta de por qué los jueces prefieren una muestra en particular. Esta prueba es similar a una prueba discriminativa de comparación pareada simple, pero con la diferencia de que en una prueba de preferencia no se busca determinar si los jueces pueden distinguir entre dos muestras, donde no importan sus gustos personales, sino que se quiere evaluar si realmente prefieren determinada muestra (Anzaldúa-Morales, 1994).

- **Prueba de medición del grado de satisfacción**

Es utilizada para evaluar más de dos muestras a la vez o cuando se desea obtener mayor información acerca de un producto. Para llevar a cabo estas pruebas se utilizan las escalas hedónicas (Anzaldúa-Morales, 1994).

Escalas hedónicas verbales, estas escalas son las que presentan a los jueces una descripción verbal de la sensación que les predice la muestra. Deben contener siempre un número de puntos y se debe incluir siempre el punto central “ni me gusta ni me disgusta”. Los puntos por encima de este indican que las muestras son agradables, a los puntos por debajo del valor de indiferencia se les asigna indican que las muestras son desagradables (Anzaldúa-Morales, 1994).

Otra alternativa para este tipo de evaluaciones es la prueba del grado de satisfacción global donde se incluye una sección en la que se da oportunidad a los jueces para que expresen sus comentarios. En este caso al investigador o director de la prueba puede clasificar los comentarios en cuanto a si corresponden a características de textura, sabor o apariencia, tomando en cuenta si se aplican a una muestra que recibió calificaciones en el rango de sensaciones placenteras o desagradables (Anzaldúa-Morales, 1994).

- **Prueba de aceptación**

Si deseo de una persona para adquirir un producto es lo que se llama aceptación, y no solo depende de la impresión agradable o desagradable que el juez recibe al probar un alimento sino también de aspectos culturales, socioeconómicos, de hábitos, etc (Anzaldúa-Morales, 1994).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar, materia de estudio y equipo e instrumentos

3.1.1 Lugar de ejecución

Las pruebas experimentales y los análisis se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería de Alimentos de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego.

3.1.2 Material de estudio y reactivos

Materia prima:

- Harina Extra: Molinera Inca S.A.

La composición nutricional se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Composición nutricional de la harina de trigo

Componente	Peso Cantidad (100 g)
Humedad (g)	14
Proteína (g)	10,1
Grasa (g)	2
Carbohidratos (g)	72,2
Fibra (g)	1,2

Cenizas	(g)	0,5
Azúcares	(g)	0,7
Calcio	(mg)	36,0
Fósforo	(mg)	82,7
Hierro	(mg)	0,6

Fuente: Molinera Inca (2013)

- La tuna púrpura se adquirió del mercado La Hermelinda de Trujillo.

Insumos:

- Azúcar blanca: Casa Grande S.A

La composición nutricional se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Composición nutricional de la azúcar blanca

Componente	Peso Cantidad (100 g)
Humedad (g)	0,7
Proteína (g)	N.D
Grasa (g)	N.D
Carbohidratos (g)	99,1
Fibra (g)	N.D
Cenizas (g)	0,2
Calcio (mg)	5
Fósforo (mg)	1
Hierro (mg)	0,1

*N.D: No Determinado

Fuente: Casa Grande (2013)

- Margarina: Famosa Alicorp S.A

La composición nutricional se muestra en el Cuadro 4

- Leche entera en polvo: Anchor

La composición nutricional se muestra en el Cuadro 5

- Leudante
- Antimoho
- Mixo (emulsificante)
- Sal
- carbonato de calcio

Cuadro 4. Composición nutricional de la margarina

Componente	Cantidad (100 g)
Humedad (g)	19,4
Proteína (g)	0,2
Grasa (g)	80
Grasa trans (g)	3,2
Carbohidratos (g)	0,4
Fibra (g)	0
Cenizas (g)	N.D
Calcio (mg)	4
Fósforo (mg)	0
Hierro (mg)	0,3

*N.D: No Determinado

Fuente: Famosa Alicorp (2013)

Cuadro 5. Composición nutricional de la leche entera en polvo

Componente	Cantidad (100 g)
Humedad (g)	4
Proteína (g)	33,6
Grasa (g)	2,3

Carbohidratos	(g)	52,1
Fibra	(g)	0
Cenizas	(g)	8
Calcio	(mg)	1000
Fósforo	(mg)	500
Hierro	(mg)	10

Fuente: Anchor (2013)

3.1.3 Equipos e instrumentos de laboratorio

- Balanza analítica. Marca METTLER TOLEDO. Capacidad 0 – 210 g, sensibilidad aprox. 0.0001 mg.
- Horno rotatorio. Marca PANALIN (50 a 300°C).
- Moldes para galletas
- Molino manual. Marca ATLAS.
- Mufla. Marca TERRIGENO (50 a 1200 °C).
- Estufa. Marca MEMMERT, T= 30-200 °C.

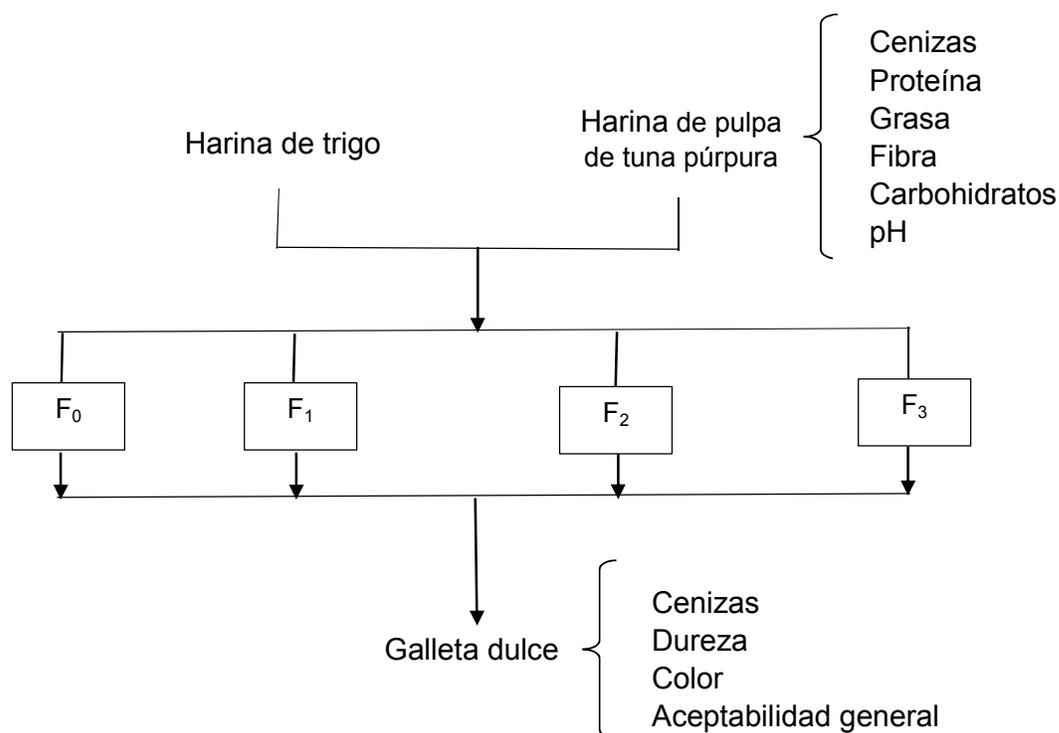
3.2 Método Experimental

3.2.1 Esquema experimental de la sustitución de harina de trigo por harina de pulpa de tuna púrpura en la elaboración de galletas dulces

En la Figura 1, se muestra el esquema experimental de la elaboración de galletas dulces. La variable independiente que es el porcentaje de harina de pulpa de tuna púrpura que sustituyó a la harina de trigo y las dependientes: contenido de cenizas, dureza, color y aceptabilidad general.

3.2.2 Procedimiento experimental para la elaboración de harina de pulpa de tuna púrpura

En la Figura 2, se presenta el diagrama de flujo para la elaboración de harina de tuna púrpura.



Leyenda

F₀: Sustitución: 0% harina de pulpa de tuna

F₁: Sustitución: 5% de harina de pulpa tuna y 95% de harina de trigo

F₂: Sustitución: 10% de harina de pulpa tuna y 90% de harina de trigo

F₃: Sustitución: 15% de harina de pulpa tuna y 85% de harina de trigo

Figura 1. Esquema experimental de la sustitución de harina de trigo por harina de pulpa de tuna púrpura en la elaboración de galletas dulces

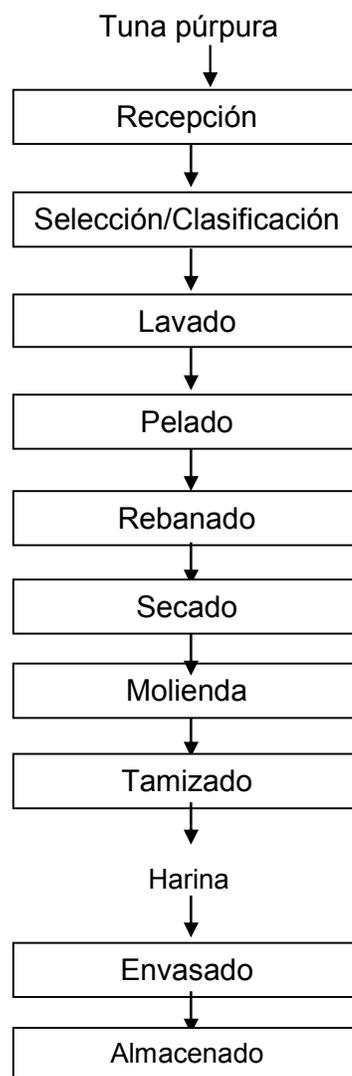


Figura 2. Diagrama de flujo para la elaboración de harina de pulpa de tuna púrpura

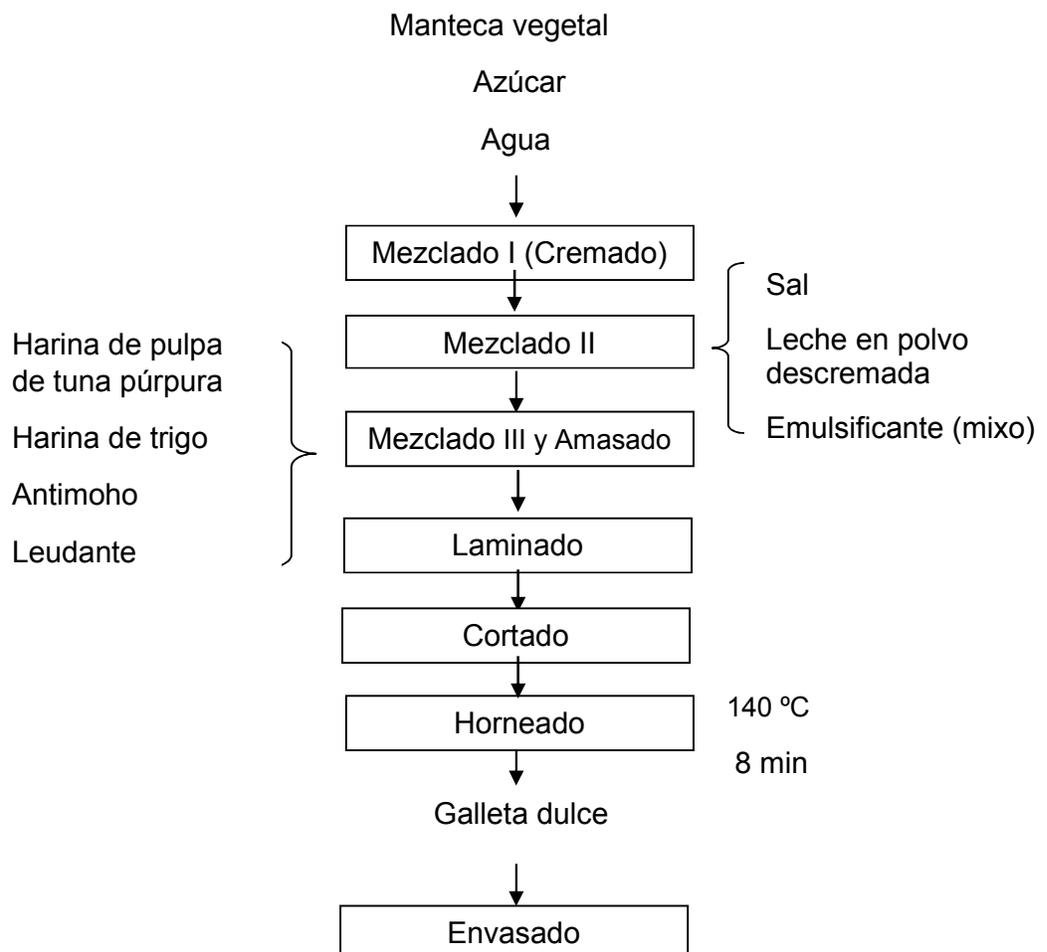
A continuación se describe cada operación para preparar las muestras según el diagrama de flujo de la Figura 2.

- **Recepción:** Se utilizó tuna púrpura madura y teniendo las manos protegidas con guantes por las gloquídeas.
- **Selección/Clasificación:** Se realizó de manera manual, tomando frutos de tuna en buen estado y eliminando los frutos golpeados y podridos.
- **Lavado:** En esta etapa se procedió a realizar un lavado con agua potable con la finalidad de eliminar la suciedad y/o restos de residuos.
- **Pelado:** Se realizó en forma manual utilizando cuchillos de acero inoxidable. Posteriormente, se le cortó los extremos e hizo una incisión longitudinal, retirando la cáscara de la pulpa.
- **Rebanado:** Se cortó la pulpa, con mucho cuidado para que no se deforme.
- **Secado:** La pulpa de tuna se secó en estufa estacionaria a 60 °C durante 52 horas para la elaboración de la curva de humedad. A la misma temperatura fue secado durante 35 horas para la obtención de la harina con 12% de humedad.
- **Molienda:** Se trató la pulpa seca en un molino manual y, luego, en una licuadora para reducir el tamaño de las partículas.

- Tamizado: Se tamizó con una malla N° 80 para evitar que partículas de las semillas se mezcle con la harina.
- Envasado: Se utilizó bolsas de polipropileno.
- Almacenado: Se almacenó a temperatura ambiente hasta el momento de elaborar las galletas.

3.2.3 Procedimiento para la elaboración de galletas dulces

En la Figura 3, se presenta el diagrama de flujo para la elaboración de galletas dulces (Castillo, 2003).



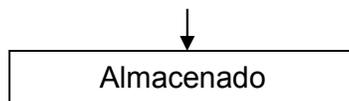


Figura 3. Diagrama de flujo para la elaboración de galletas dulces con harina de pulpa de tuna púrpura

- Mezclado I (Cremado): La manteca vegetal, el azúcar y el agua se mezclaron hasta obtener una crema, quedando la mayor parte del azúcar disuelto.
- Mezclado II: A la crema obtenida de la operación anterior se le añadió la sal, el emulsificante y la leche en polvo descremada; se mezcló hasta obtener una crema espesa pero homogénea.
- Mezclado III y Amasado: Posteriormente se añadió a la mezcla la harina de pulpa de tuna púrpura, la harina de trigo, el antimoho y el leudante; se mezcló y se amasó, luego se añadió el resto del agua hasta alcanzar la consistencia deseada de la masa.
- Laminado: La masa se laminó con un rodillo dándole un espesor hasta 0,5 cm.
- Cortado: La masa se cortó en piezas circulares usando un molde de metal de 2,0 cm de diámetro.
- Horneado: La masa se colocó en bandejas metálicas y se horneó a 140 °C por 8 minutos.
- Envasado: Las galletas se envasaron en bolsa de polipropileno.
- Almacenado: Las galletas empacadas se almacenaron a temperatura ambiente dentro de cajas de cartón corrugado.

Ingredientes	Formulaciones			
	F ₀	F ₁	F ₂	F ₃
Harina de trigo (g)	1000	950	900	850
Harina de pulpa de tuna púrpura (g)	0	50	100	150
Azúcar (g)	650	650	650	650
Margarina (g)	500	500	500	500
Leudante (g)	30	30	30	30
Leche descremada en polvo (g)	10	10	10	10
Sal (g)	5	5	5	5

3.2.4 Formulación para la elaboración de galletas dulces

En el Cuadro 6, se presentan las formulaciones recomendadas por Hosney (1991) para la elaboración de galletas dulces, la cual fue modificada con el uso de la harina de pulpa de tuna púrpura.

Cuadro 6. Formulaciones de las galletas dulces

Antimoho	(g)	3	3	3	3
Mixo (emulsificante)	(g)	50	50	50	50
Agua	(g)	25	25	25	25
Total	(g)	2273	2273	2273	2273

Fuente: Basado en Hosney (1991)

3.2.5 Métodos de análisis

3.2.5.1 Composición química de harina de pulpa de tuna púrpura

Los componentes principales de la harina de pulpa de tuna púrpura se determinaron tomando como referencia la composición de la parte comestible de la tuna púrpura, dado por Collazos y otros (1996), cuyos valores se presentaron en el Cuadro 1. El contenido de agua de la tuna púrpura fue de 82%.

Considerando que la conversión de la parte comestible de la tuna solo involucra la eliminación de una cierta cantidad de agua, manteniéndose el contenido de los componentes sólidos.

Mediante cálculos (Anexo 1), se estableció que el peso de un componente en 100 g de parte comestible de la tuna, es el mismo en 20,46 g de harina con 12% de humedad. Con esta equivalencia, se utilizó la fórmula:

$$\% \text{ Componente de la harina} = \frac{w}{20,46 \text{ g}} \times 100$$

donde w = peso componente (en 100 g de parte comestible de tuna)

La estimación de los componentes de la harina se detalla en el Anexo 1. En el Cuadro 7, se presentan los componentes de la harina de tuna.

Estimando de la harina de pulpa de tuna púrpura: 1,97% de cenizas, 2,93% de proteínas, 0% grasas, 65,98% de carbohidratos y 18,08% de fibra cruda.

Cuadro 7. Estimación de la composición nutricional de la harina de pulpa de tuna púrpura

Componente	Harina de pulpa de tuna púrpura (100 g)
Carbohidratos (g)	65,98
Proteína (g)	2,93
Grasa (g)	0,00
Cenizas (g)	1,97
Fibra cruda (g)	18,08
Calcio (mg)	87,9
Fósforo (mg)	127
Hierro (mg)	0,97

Fuente: Basado en Collazos y otros (1996)

- Para la medición del pH de la harina de pulpa de tuna púrpura se utilizó el potenciómetro.

3.2.5.2 Caracterización fisicoquímica de galletas dulces

- Humedad: Pesar la cápsula de aluminio y agregar 2 gramos de muestra, colocarlo en una estufa a 100°C de 4 a 5 horas. Después se sacan las cápsulas y se colocan en el desecador,

luego se pesan y por la diferencia de peso se obtiene la humedad (AOAC, 1997).

- Cenizas: Se colocó las muestras en crisoles y se colocó en la mufla a 600 °C durante 3 horas. Luego se procedió a medir la diferencias de peso (AOAC, 1997).
- Dureza: Se midió como la fuerza necesaria para la fractura de la galleta dulce mediante una compresión utilizando un texturómetro (Manley, 2000).
- Color: Se utilizó el sistema CIELAB, usando el colorímetro Kónica-Minolta, modelo CR-400. El equipo se calentó durante 10 minutos y calibró con un blanco estándar. Luego se determinó los parámetros de color expresados en términos de luminosidad es L* (L*=0 para negro y L*=100 para blanco), cromaticidad a*(verde [-120] a rojo [+120]), y b* (azul [-120] a amarillo [+120]) (Ding y otros, 2007).
- Calcio: La muestra se molió en mortero, luego se pesó 1 g y se calcinó a 650 °C por 6 h. Se realizó una extracción acuosa agregando 50 mL de agua destilada y se llevó a ultrasonido. La muestra se tituló con EDTA con 0,02 N, usando murexida como indicador hasta que vire de color. Por último se anotó el gasto y se determinó la cantidad de calcio utilizando la siguiente fórmula (Nielsen, 2009) :

$$\text{mg Ca/kg} = \frac{(\text{Vol}_{\text{EDTA}})(\text{Mol}_{\text{EDTA}})(40 \text{ mg Ca})}{\text{Peso de muestra}} \times \frac{1000 \text{ g}}{\text{kg}}$$

- Fósforo: Se pesó 0,5 g de muestra y se colocó en un matraz de 250 mL y se adicionó 50 mL de NaHCO_3 con 0,5 N. Se agitó por 30 min y se filtró en papel filtro. Se utilizó una alícuota de 5mL adicionando 5 mL de NH_4 . Se aforó a 25 mL con agua destilada y se adicionó ácido ascórbico. Se dejó en reposo por 10 min y se llevó la muestra a un colorímetro a 660 nm. Luego se determinó la curva de absorbancia y se calculó el contenido de fósforo (Olsen y otros, 1954)

3.2.5.3 Análisis sensorial

Las muestras se sometieron a un análisis sensorial para evaluar la aceptabilidad general usando una escala hedónica estructurada de 9 categorías, siendo el valor de más alto puntaje el de: me gusta muchísimo (9 puntos), y el menor puntaje el de: me disgusta muchísimo (1 puntos), con un valor intermedio, ni me gusta ni me disgusta (5). Se trabajó con 30 panelistas no entrenados, todos estudiantes de Ing. en industrias alimentarias de la Universidad Privada Antenor Orrego. La prueba se realizó por la mañana entre 9:00 y 11:00 a.m. (Anzaldúa-Morales, 2005). En el Cuadro 8, se presenta la hoja de la evaluación sensorial.

3.2.6 Análisis estadísticos

Esta investigación corresponde a un arreglo unifactorial de tres sustituciones de harina de pulpa de tuna púrpura más el testigo sin sustitución con cuatro repeticiones. Se aplicó las pruebas de Levene para evaluar la homogeneidad de varianzas y análisis de varianza (ANVA) para las variables paramétricas; finalmente la prueba de comparaciones múltiples de Duncan, todas con un nivel de confianza del 95%.

Los datos obtenidos de la evaluación de la aceptabilidad general de las galletas dulces fueron evaluados mediante la prueba de Friedman, con un nivel de confianza del 95%. En el caso de hallar significación, se efectua la Prueba de Wilcoxon.

Cuadro 8. Ficha de evaluación de aceptabilidad general de galletas dulces de tuna púrpura

Nombre.....Fecha

Producto: Galletas dulces de harina de pulpa de tuna púrpura

Pruebe las muestras de galletas que se le presentan e indique con una (X) , según la escala, su opinión de su percepción.

Marque con una (X) en el reglón que corresponda a la percepción de aceptabilidad de la muestra.

ESCALA	MUESTRAS			
	(753)	(229)	(582)	(931)
9. Me gusta muchísimo
8. Me gusta mucho
7. Me gusta bastante
6. Me gusta ligeramente
5. Ni me gusta ni me disgusta
4. Me disgusta ligeramente
3. Me disgusta bastante
2. Me disgusta mucho
1. Me disgusta muchísimo

Comentarios_____

IV. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Rendimiento de harina de pulpa de tuna púrpura

Para la elaboración de harina de tuna se llevó la pulpa a la estufa hasta 12% de humedad, y se determinó que el tiempo de secado fue de 35 h y 30 min. En la Figura 4, se presenta la curva de secado. En el Cuadro 9, se detalla el rendimiento de la tuna.

Cuadro 9. Rendimiento en harina de pulpa de tuna púrpura

Muestra	Peso (kg)
Tuna entera	8,00
Parte comestible	4,00
Cáscara	4,00
Harina de pulpa de tuna	0,78

El cuadro 9 muestra que hubo un rendimiento del 50% de cáscara y 50% de pulpa, estos porcentajes concuerdan con los valores determinados por Corrales (1997), los cuales fueron de 50,5% de cáscara y de 49.6 % la parte comestible.

El rendimiento a partir de la pulpa fue de 19,62% y de 9,81% a partir de la tuna entera.

La harina de tuna presentó un pH de 5,6; el cual se encuentra dentro del rango estipulado por Kent (1971), para harinas sucedáneas 5,5 a 6,5.

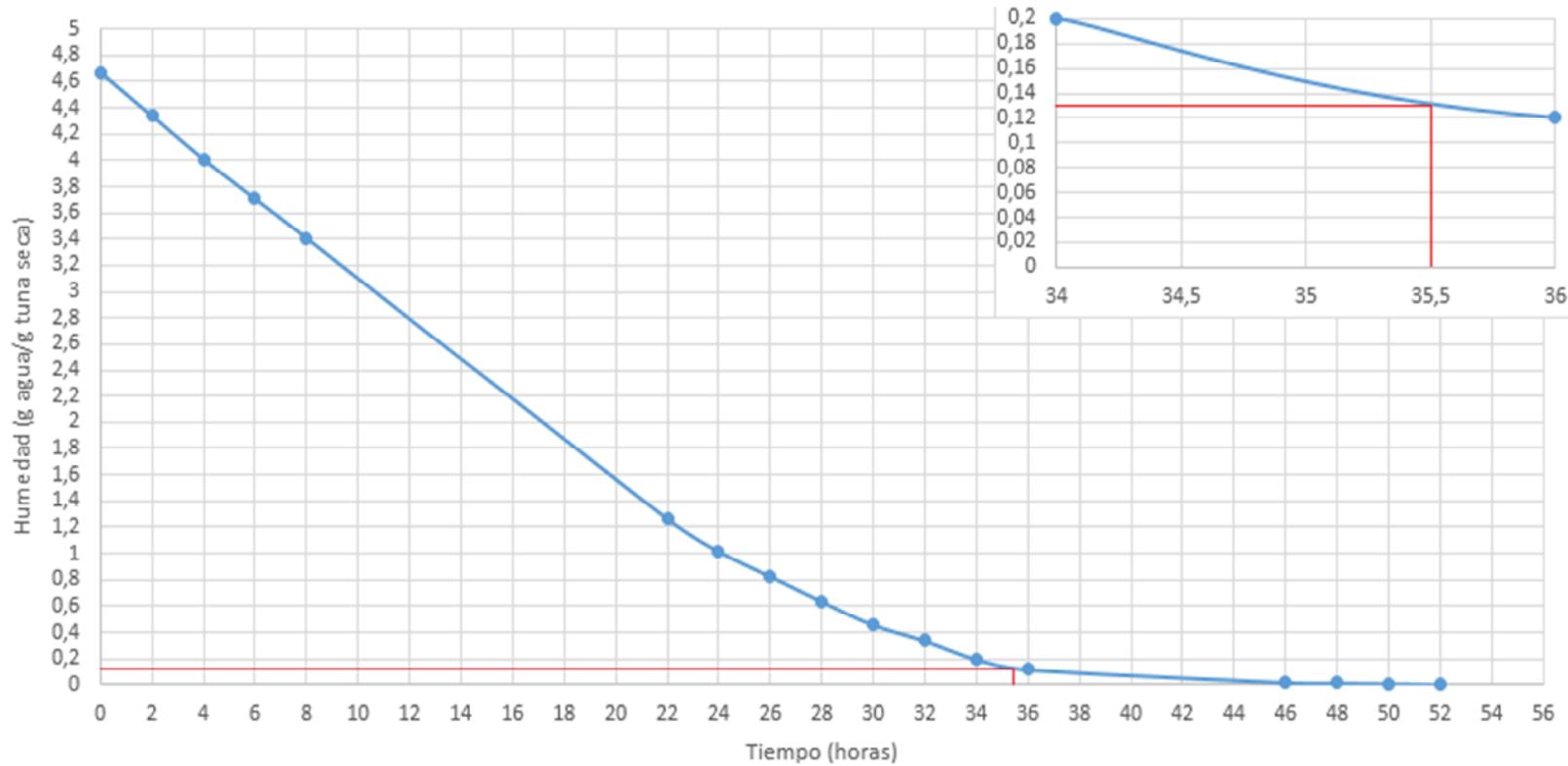


Figura 4. Curva de secado de la pulpa de tuna púrpura

Tiempo de secado hasta 12% de humedad:

- Humedad (b.s) = $12/88 = 0,13$ g agua/g tuna seca
- Para 0,13 g agua/g tuna seca el tiempo es de 35 h y 30 min

4.2 Color en harina de tuna púrpura

En el Cuadro 10, se presentan los valores del color en la harina de tuna púrpura, cuyos resultados se expresaron en términos de luminosidad: L* (L*=0 para negro y L*=100 para blanco) y cromaticidad: a* (rojo [+]) y b* (amarillo [+]).

Cuadro 10. Color en harina de tuna púrpura

Harina de tuna púrpura	
Parámetro	Valor
L*	18,86
a*	16,64
b*	7,87

4.3 Determinación de cenizas en galletas dulces de tuna

Para la elaboración de las galletas dulces con sustitución parcial de harina de trigo por harina de tuna a la formulación se le adicionó carbonato de calcio, esto con el fin de alcanzar la relación ideal de calcio/fósforo de 1,3; tomando en consideración que esta relación entre ambos minerales debe estar comprendida entre 1 y 2 (Tomassi, 2002). En el Anexo 3, se detalla la cantidad de adición de este componente.

En el Cuadro 11, se presentan los resultados de las cenizas en galletas dulces de tuna.

El resultado de la prueba de Levene precisó que hubo homogeneidad de varianzas entre las sustituciones ($P > 0,05$) (Cuadro 12). La prueba de análisis de varianza, determinó diferencia significativa entre las sustituciones ($P < 0,05$) (Cuadro 13), por lo que se realizó la prueba de Duncan (Cuadro 14).

Cuadro 11. Cenizas en galletas dulces

Muestra	Cenizas			
	Testigo (%)	5% (%)	10% (%)	15% (%)
1	1,05	1,38	1,48	1,59
2	1,12	1,35	1,39	1,63
3	1,15	1,35	1,51	1,62
4	1,09	1,29	1,47	1,58
Promedio	1,10	1,34	1,46	1,61
Máximo	1,15	1,38	1,51	1,63
Mínimo	1,05	1,29	1,39	1,58

Cuadro 12. Prueba de Levene para cenizas en galletas dulces de tuna

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	P
Cenizas	3	0,724
Error	12	
Total	15	

Cuadro 13. Prueba ANVA para cenizas en galletas dulces de tuna

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P
Cenizas	3	0,54	0,18	112,46	0,000
Error	12	0,02	0,00		
Total	15	0,56			

Cuadro 14. Prueba de Duncan para cenizas en galletas dulces de tuna

GRUPO	N°	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
Testigo	4	1,10			
5%	4		1,34		
10%	4			1,46	
15%	4				1,61
Significación		1,000	1,000	1,000	1,000

En la Figura 5, se presentan los promedios de cenizas en galletas dulces de tuna

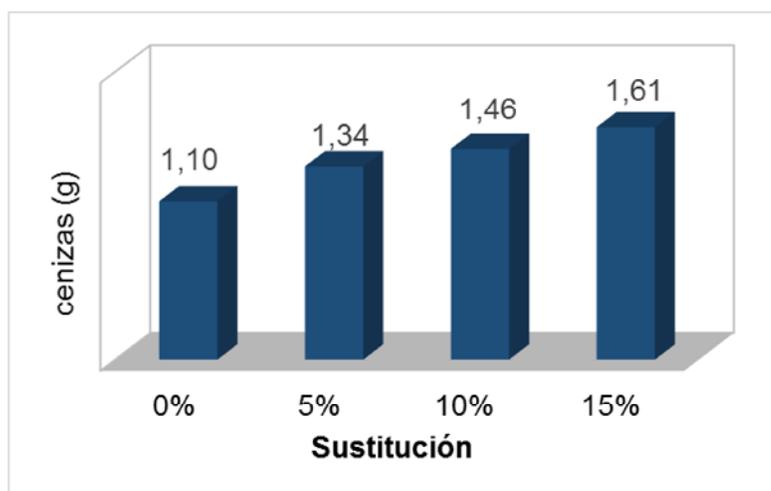


Figura 5. Promedio de cenizas en galletas dulces de tuna

Los resultados de la prueba de Duncan indicaron que la galleta con 15% de sustitución fue la que presentó el mayor promedio de cenizas, en comparación con la galleta testigo, obteniendo 1,61 y 1,10% respectivamente.

Estas galletas al ser comparadas por el valor reportado por Collazos y otros (1996), el cual es de 1,6% de cenizas para galletas dulces; solo la galleta con 15% de sustitución está por encima de este porcentaje, pero el cual se encuentra dentro de la tolerancia permitida en la norma técnica 206.0001-03 para galletas dulces (3%) (INDECOPI, 1992).

Este aumento de cenizas, se debe a que la formulación con 15% de harina sucedánea estaba compuesta por mayor cantidad de minerales que la galleta testigo, el cual guarda relación con el contenido de cenizas de las mismas. Pues las cantidades resultantes se deben a que la harina de tuna tiene mayor contenido de minerales (calcio, fósforo y hierro) (Cuadro 7), en comparación de la harina de trigo (Cuadro 2); además de haber agregado carbonato de calcio en las sustituciones.

En las galletas de habas elaboradas por Pascual (2010), el contenido de cenizas también se incrementó de 1,28% en galleta testigo a 1,72% en la formulación con 20% de sustitución; y en las galletas dulces de puré de arracacha elaboradas por Castillo (2003), las cenizas aumentaron de 1,54% en la galleta testigo a 1,70% en la galleta con 15% de sustitución, con lo cual se demuestra que las galletas elaboradas a base de tuna aún está por debajo del contenido de minerales aportantes por otros productos como las legumbres y tubérculos ricos en calcio, fósforo y hierro.

Se debe tener en consideración que si el contenido de calcio es menor al del fósforo, el calcio no se podrá asimilar adecuadamente, ya que el fósforo lo atraparé formando fosfato tricálcico y la consecuencia es una mineralización insuficiente de la matriz ósea causante de osteoporosis (Tomassi, 2002).

Según Pérez (2007), los valores recomendados de consumo diario de calcio en hombres y mujeres es de 1200 mg. En el Anexo 3, se puede apreciar que el calcio presente en las formulaciones de las galletas no alcanzan los valores recomendados, obteniendo 53,4; 54,2 y 54,4 mg/100 g; para las sustituciones de 5, 10 y 15% respectivamente. Siendo necesario el consumo de otro tipo de alimentos como lácteos, hortalizas de hojas verdes (brócoli y col), legumbres y cereales.

Tomassi (2002), indica que los valores recomendados de consumo diario de fósforo en hombres y mujeres son de 800 mg. En el Anexo 3, se muestra que el fósforo presente en las formulaciones de las galletas no alcanzan los valores recomendados, obteniendo 39,8; 40,8 y 41,8 mg/100 g; para las sustituciones de 5, 10 y 15% respectivamente. Las principales fuentes alimenticias de fósforo son las carnes y los lácteos.

Por otro lado hierro, interviene en el transporte de oxígeno, cuyos valores recomendados de consumo diario en hombres es de 8 mg y en mujeres es de 14 mg (Amatriain, 2000). En el Anexo 3, se puede apreciar que el hierro presente en las formulaciones de las galletas no alcanzan los valores recomendados, obteniendo 0,41; 0,42 y 0,43 mg/100 g; para las sustituciones de 5, 10 y 15% respectivamente. Siendo necesario el consumo de otro alimento como legumbres o cereales integrales que sean fuente de hierro para el complemento de la dieta diaria.

Es necesario recalcar que la ingesta de este mineral tiene un límite, el cual es de 45 mg/día, ya que una sobredosis puede conducir a una enfermedad llamada hemosiderosis (excesivos depósitos de hemosiderina en el hígado y en el bazo) y hemocromatosis (excesivos depósitos de Fe en los tejidos corporales) (Amatriain, 2000).

4.4 Determinación de la dureza en galletas dulces de tuna

En el Cuadro 15, se presentan los resultados de la dureza en galletas dulces de tuna.

El resultado de la prueba de Levene precisó que hubo homogeneidad de varianzas entre las sustituciones ($P > 0,05$) (Cuadro 16). La prueba de análisis de varianza, determinó diferencia significativa entre las

sustituciones ($P < 0,05$) (Cuadro 17), por lo que se realizó la prueba de Duncan (Cuadro 18).

Cuadro 15. Dureza en galletas dulces

Muestra	Dureza			
	Testigo (N)	5% (N)	10% (N)	15% (N)
1	27,14	23,75	30,48	35,94
2	29,89	19,29	31,32	36,92
3	31,14	22,53	27,36	29,1
4	29,32	23	29,1	33,23
Promedio	29,37	22,14	29,57	33,80
Máximo	31,14	23,75	31,32	36,92
Mínimo	27,14	19,29	27,36	29,1

* N: Newton

Cuadro 16. Prueba de Levene para la dureza en galletas dulces de tuna

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	P
Dureza	3	0,334
Error	12	
Total	15	

Cuadro 17. Prueba ANVA para la dureza en galletas dulces de tuna

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P
Dureza	3	280,737	93,579	17,09	0,0001
Error	12	65,709	5,476		
Total	15	346,446			

Cuadro 18. Prueba de Duncan para la dureza en galletas dulces de tuna

GRUPO	N°	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
5%	4	22,14		
Testigo	4		29,37	
10%	4		29,57	
15%	4			33,80
Significación		1,000	0,909	1,000

En la Figura 6, se presentan los promedios de la dureza en galletas dulces de tuna.

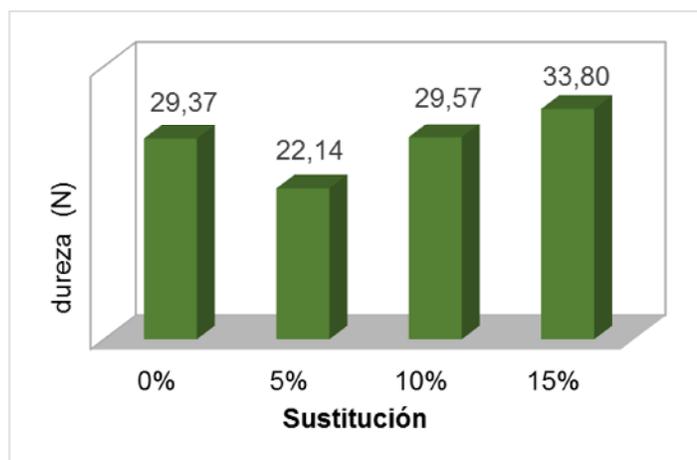


Figura 6. Promedios de dureza en galletas dulces de tuna

Uno de los parámetros de calidad más importantes para las galletas es la dureza. Si la galleta es demasiado dura, es inevitable el rechazo por parte de los consumidores (Castro ,1993).

Los resultados de la prueba de Duncan indicaron que la galleta con 5% de sustitución obtuvo 22,14 N; siendo la de menor dureza entre las galletas con sustitución de harina de tuna. Por otro lado la galleta testigo presentó una dureza de 29,37 N. Estos promedios de dureza se

encuentran dentro del rango de valores obtenidos por Gonzales (2007), que luego de sustituir harina de trigo por harina de bagazo de naranja, obtuvo 21,92 N en la galleta control y 130,52 N en la galleta con 40% de sustitución.

En la Figura 6, se observa como tendencia el aumento de la dureza en las galletas dulces a mayor porcentaje de sustitución de harina de trigo por harina de tuna. Esto tuvo lugar debido a la cristalización de los azúcares contenidos en las galletas, tal como lo señala Fahloul (2010); quien explica que la dureza de una galleta dulce además de deberse en parte al desarrollo de la red de gluten para formar la estructura del producto, también los azúcares cumplen un factor importante en este aspecto, ya que al momento de ser llevada la masa galletera a cocción, los azúcares contenidos forman una solución sobresaturada con el aumento de la temperatura, luego esta pierde humedad en la superficie rápidamente dando lugar a que el agua del interior de la galleta se difunda y los azúcares que no son volátiles se concentren. Posteriormente al salir del horno y a medida que la galleta se enfría, el jarabe de azúcares formado durante el horneado se convierte en sobresaturado y se cristaliza. Después de haberse cristalizado los azúcares, ya no retiene el agua que proporcionaba moldeabilidad a la superficie de la galleta, por consiguiente esta se vuelve dura y con una superficie agrietada.

Morales y otros (2009), caracterizaron el contenido de azúcares reductores en pulpa de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*), obteniendo que del total de sus carbohidratos presentes, estos están compuestos por glucosa (17,59%) y fructosa (5,57%).

De esta manera las galletas de tuna al salir del horno y su posterior enfriamiento, el jarabe sobresaturado de azúcares compuesto por sacarosa, glucosa y fructosa, se cristalizó obteniendo galletas con mayor dureza a medida que aumentaba el porcentaje de sustitución.

Este aumento de la dureza también se evidenció en las galletas dulces elaboradas por Ortega y otros (2009), al sustituir harina de trigo por harinas de maíz, arroz y quinua (estas últimas en partes iguales) aumentando el porcentaje de sacarosa en la formulación; obteniendo en la galleta con 40% de sustitución de harinas sucedáneas y con 35% de sacarosa del total la formulación una dureza de 20,1N; en tanto que la galleta con igual porcentaje de sustitución de harinas sucedáneas pero con 40% de sacarosa del total de la formulación una dureza de 34,0 N.

Por otro lado un error que se pudo evidenciar en los promedios de dureza es que la galleta testigo presentó mayor dureza en comparación con la galleta con 5% de sustitución (Figura 6). Este resultado se tomó como error ya que la galleta testigo debió ser menos dura que la galleta de tuna, puesto que no contenía azúcares reductores (glucosa y fructosa) que promovieran su cristalización y posterior aumento de la dureza del producto.

En tal motivo esto se relaciona con el mayor grosor que presentó la galleta testigo en comparación con las demás galletas, ya que en la etapa de laminado para la elaboración de la galleta puede que no se haya aplicado la fuerza necesaria sobre la masa con la finalidad de que no sobrepase el espesor indicado (0,5 cm). Vergara (2007), explica que al usar un texturómetro para calcular la dureza en galletas, este utiliza un cincel longitudinal (cuchilla) el cual requiere una fuerza de compresión máxima necesaria para producir un quiebre total de la estructura del producto. Esta fuerza máxima (dureza) dependerá de la forma, grosor y composición de la galleta, así como de la velocidad de la cuchilla y la zona de aplicación de la fuerza.

Es de consideración que para la elaboración de todas las galletas se utilizó una misma forma (molde circular), con una velocidad de 0,5

mm/s y una sola zona de aplicación de la fuerza, la cual fue en el centro de las mismas.

4.5 Determinación del color en galletas dulces de tuna

Los resultados obtenidos del color de las galletas en estudio se expresaron en términos de luminosidad: L* y cromaticidad; los cuales se presentan en el Cuadro 19.

Cuadro 19. Color en galletas dulces de tuna

Muestras	L*			
	Testigo	5%	10%	15%
1	53,81	38,80	33,29	29,6
2	54,95	36,55	33,98	28,4
3	57,25	35,81	32,82	30,65
4	58,96	36,74	30,74	28,58
Promedio	56,24	36,98	32,71	29,31
Máximo	58,96	38,80	33,98	30,65
Mínimo	53,81	35,81	30,74	28,40
Muestras	a*			
	Testigo	5%	10%	15%
1	1,78	6,50	6,60	7,08
2	-0,88	6,19	6,45	7,25
3	0,04	6,29	6,85	7,42
4	-0,26	6,13	6,54	7,53
Promedio	0,78	6,28	6,61	7,32
Máximo	1,78	6,50	6,85	7,53
Mínimo	0,04	6,13	6,45	7,08
Muestras	b*			
	Testigo	5%	10%	15%
1	23,03	17,01	13,9	10,79
2	21,75	15,87	13,13	10,6

3	22,71	15,21	13,46	11,72
4	22,82	16,05	14,1	10,19
Promedio	22,58	16,04	13,65	10,83
Máximo	23,03	17,01	14,10	11,72
Mínimo	21,75	15,21	13,13	10,19

En relación al parámetro de L^* , el resultado de la prueba de Levene precisó que hubo homogeneidad de varianzas entre las sustituciones ($P > 0,05$) (Cuadro 20). La prueba de análisis de varianza, determinó diferencia significativa entre las sustituciones ($P < 0,05$) (Cuadro 21), por lo que se realizó la prueba de Duncan (Cuadro 22).

Cuadro 20. Prueba de Levene para el valor de L^* en galletas dulces de tuna

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	P
L^*	3	0,201
Error	12	
Total	15	

Cuadro 21. Prueba ANVA para el valor de L^* en galletas dulces de tuna

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P
L^*	3	1739,19	579,73	231,94	0,000
ERROR	12	29,99	2,50		
TOTAL	15	1769,18			

Cuadro 22. Prueba de Duncan para el valor de L^* en galletas dulces de tuna

GRUPO	N	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
15%	4	29,31			

10%	4		32,71		
5%	4			36,98	
Testigo	4				56,24
Significación		1,000	1,000	1,000	1,000

En la Figura 7, se presenta el promedio de la luminosidad (L^*) en galletas de tuna.

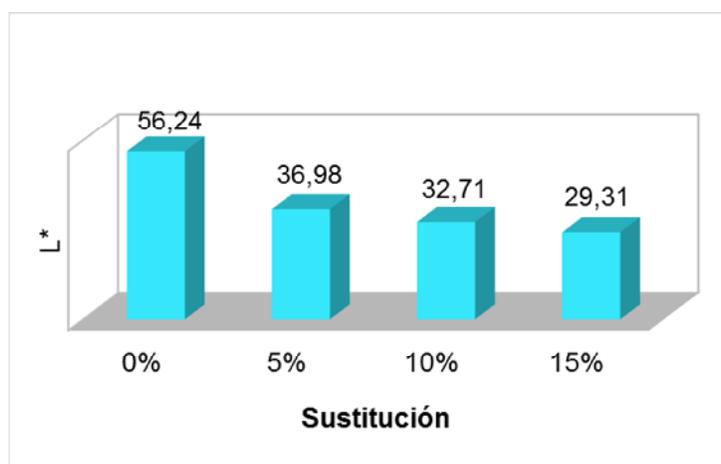


Figura 7. Promedios de la luminosidad (L^*) en galletas dulces de tuna

El resultado de la prueba de Duncan indicó que en promedio, la galleta testigo fue la más clara obteniendo 56,24 y la más oscura fue la galleta con 15% de sustitución presentando 29,31. Esta disminución de la luminosidad se asemejan a los valores obtenidos por Padrón-Pereira y otros (2009), cuando sustituyó harina de trigo por harina de cladodios de cactus (*Opuntia boldinghii*) en la elaboración de galletas tipo wafer al presentar un valor de luminosidad de 76 en la galleta testigo y de 36 en la galleta con 20% de sustitución.

Gamboa (2006), indica que el color es un factor importante en las galletas dulces y que las coloraciones pardas y oscuras que se presentan durante el horneado, se producen por reacciones de

pardeamiento no enzimático por parte de los azúcares que se le conoce como reacción de Maillard.

La harina de tuna al contener azúcares reductores como la glucosa y fructosa, dio lugar a que las galletas sean más oscuras debido al pardeamiento de dichos azúcares, y este oscurecimiento dependió de la mayor incorporación de harina sucedánea.

Otro factor que influyó en la disminución de la luminosidad se debió a las betaninas de la tuna, que son pigmentos que brinda el color rojo violeta característico de este fruto. Aquino y otros (2012), indicaron que la tuna púrpura contiene betaninas, principal compuesto de las betacianinas. Las betacianinas aportan coloraciones de rojo a púrpura, y es un subgrupo de las betalaínas.

Estudios recientes han reportado diversos contenidos de betacianinas expresadas como betaninas en pulpa de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*). Así tenemos que Sáenz (2004), obtuvo 28,09 mg /100 g, Cerezal y otros (2005), hallaron 41,05 mg/100 g, y Aquino y otros (2012), encontraron 19,97 mg/100 g. Estos resultados indican que el contenido de betaninas dependen del cultivar o variedad, madurez, clima y procedencia del fruto.

Con lo referente al parámetro de a^* que se refiere a la cromaticidad de los colores verde (-) y rojo (+); la prueba de Levene determinó que no existe homogeneidad de varianzas entre las sustituciones ($P < 0,05$) (Cuadro 23).

Cuadro 23. Prueba de Levene para el valor de a^* en galletas dulces de tuna

Fuente de	Grados de	P
-----------	-----------	---

Variabilidad	Libertad	
L*	3	0,035
Error	12	
Total	15	

Al no existir homogeneidad de varianzas se realizó la prueba de Box, que, según Hunter y otros (2008), consiste en dividir la varianza mayor entre la varianza menor de los tratamientos y si el resultado es menor o igual a 4 existirá homogeneidad de varianzas. En esta variable se obtuvo como resultado 49,44 (Cuadro 24), siendo mayor a 4, por lo que se determinó que no existió homogeneidad de varianza entre las sustituciones.

Por lo tanto, no se discutió este parámetro a^* , ya que los resultados al momento de medir la escala de este valor presentaron grandes diferencia entre la galleta testigo y las galletas de tuna. La galleta testigo presentó colores rojizos de menor intensidad obteniendo como promedio 0,78 en comparación con los promedios de las galletas de tuna que presentaron 6,28; 6,61 y 7,32 en las sustituciones de 5, 10 y 15%, respectivamente, refiriéndose a la mayor intensidad del color rojo por contener betaninas como se explicó anteriormente.

Cuadro 24. Prueba de Box para el valor de a^* en galletas dulces de tuna

Muestras	a^*					
	Testigo	5%	10%	15%	Varianzas (s^2)	Var. mayor/ Var. menor
1	1,78	6,50	6,60	7,08	0,9741	49,44
2	-0,88	6,19	6,45	7,25	0,0197	
3	0,04	6,29	6,85	7,42	0,02205	

4	-0,26	6,13	6,54	7,53	0,0291	
Promedio	0,78	6,28	6,61	7,32		

Para el parámetro b^* los resultados de la medición de la cromaticidad indicaron la presencia única del color amarillo. El resultado de la prueba de Levene precisó que hubo homogeneidad de varianzas entre las sustituciones ($P > 0,05$) (Cuadro 25). La prueba de análisis de varianza, determinó diferencia significativa entre las sustituciones ($P < 0,05$) (Cuadro 26), por lo que se realizó la prueba de Duncan (Cuadro 27).

Cuadro 25. Prueba de Levene para el valor de b^* en galletas dulces de tuna

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	P
L*	3	0,949
Error	12	
Total	15	

Cuadro 26. Prueba ANVA para el valor de b^* en galletas dulces de tuna

Fuente de Variabilidad	Grados de Libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P
b^*	3	301,48	100,49	270,86	0,000
ERROR	12	4,45	0,37		
TOTAL	15	305,93			

Cuadro 27. Prueba de Duncan para el valor de b^* en galletas dulces de tuna

GRUPO	N°	Subconjunto para alfa = 0.05			
		1	2	3	4
15%	4	10,83			
10%	4		13,65		
5%	4			16,04	
Testigo	4				22,58
Significación		1,000	1,000	1,000	1,000

En la Figura 8, se presenta el promedio del valor de a^* , que en este caso medió la intensidad del color amarillo por obtener resultados positivos.

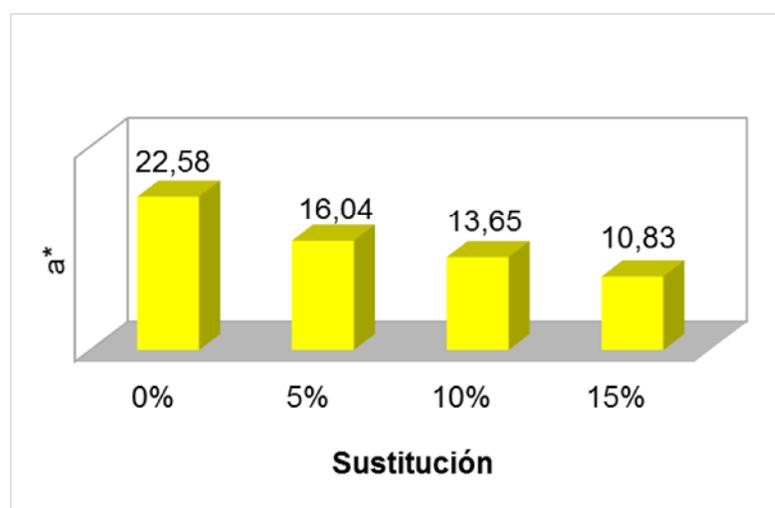


Figura 8. Promedio del valor de b^* en galletas dulces de tuna

El resultado de la prueba de Duncan indicó que la galleta con 15% de sustitución fue menos amarilla obteniendo 10,83 en comparación con la galleta testigo que obtuvo 22,58. Esta disminución del color amarillo también se dio en valores obtenidos por Padrón-Pereira y otros (2009), al sustituir harina de trigo por harina de cladodios de cactus, cuyo valor de a^* de la galleta testigo disminuyó de 28 a 12 en la galleta con 20% de sustitución debido a la mayor concentración de harina sucedánea.

Esto disminución del color amarillo en las galletas en estudio se debió a las betaninas de la tuna; además de los colores pardos que aparecen por el pardeamiento no enzimático de los azúcares de la tuna, presentando así productos cada vez menos amarillos.

4.6 Evaluación sensorial en galletas dulces de tuna

En el Cuadro 28 se presenta los resultados de la aceptabilidad general.

Cuadro 28. Aceptabilidad general en galletas dulces de tuna

Nº de panelistas	Testigo	5%	10%	15%
1	7	5	8	5
2	9	8	7	6
3	8	7	8	9
4	8	9	7	6
5	7	6	5	8
6	5	8	7	6
7	7	8	7	6
8	8	8	8	6
9	8	6	4	5
10	8	8	7	6
11	8	6	6	5
12	6	6	5	4
13	5	8	6	6
14	5	7	9	4
15	5	9	7	7
16	7	8	7	6
17	9	8	7	6
18	8	7	8	9
19	8	9	7	6
20	7	6	5	8
21	5	8	7	6

22	7	8	7	6
23	8	8	8	6
24	9	8	7	6
25	8	7	8	9
26	8	9	7	6
27	7	6	5	8
28	5	8	7	6
29	7	8	7	6
30	8	8	8	6
TOTAL	215	225	206	189
PROMEDIO	7,17	7,50	6,87	6,30

Según Saltos (2010), la aceptabilidad se refiere a la actitud positiva que se tiene del producto, pudiendo medirse según la preferencia, la cual se entiende como la valoración que el consumidor realiza atendiendo a su propia escala interna de apreciación y al conjunto de experiencia que haya tenido.

Para la evaluación sensorial se realizó la prueba no paramétrica de Friedman, equivalente a la prueba ANVA para tres o más medidas repetidas, determinando que existió diferencia significativa entre las sustituciones ($P < 0,05$) con respecto al nivel de satisfacción percibido por los panelistas (Cuadro 29).

Cuadro 29. Prueba de Friedman para la aceptabilidad general en galletas de tuna

Fuente de Variabilidad	Nº	Desviación Estándar	P
Aceptabilidad general	120	1,266	0,000

Posteriormente se realizó la prueba no paramétrica de Wilcoxon, la cual consiste en comparar dos grupos de muestras relacionadas y determinar si existen diferencias entre ellas. Los resultados se presentan en los Cuadros 30, 31, 32, 33, 34 y 35.

Cuadro 30. Prueba de Wilcoxon en las galletas Testigo y con 5% de sustitución para la aceptabilidad general en galletas de tuna

Fuente de Variabilidad	Grupos	N	Rango Promedio	Suma de Rangos	P
Aceptabilidad general	Testigo	30	11,00	132,00	0,396
	5%	30	14,85	193,00	
	Total	60			

Cuadro 31. Prueba de Wilcoxon en las galletas Testigo y con 10% de sustitución para la aceptabilidad general en galletas de tuna

Fuente de Variabilidad	Grupos	N	Rango Promedio	Suma de Rangos	P
Aceptabilidad general	Testigo	30	10,04	130,50	0,329
	10%	30	11,36	143,50	
	Total	60			

Cuadro 32. Prueba de Wilcoxon en las galletas Testigo y con 15% de sustitución para la aceptabilidad general en galletas de tuna

Fuente de Variabilidad	Grupos	N	Rango Promedio	Suma de Rangos	P
Aceptabilidad general	Testigo	30	15,18	346,00	0,005
	15%	30	10,07	130,00	
	Total	60			

Cuadro 33. Prueba de Wilcoxon en las galletas de 5 y 10% de sustitución para la aceptabilidad general en galletas de tuna

Fuente de Variabilidad	Grupos	N	Rango Promedio	Suma de Rangos	P
Aceptabilidad general	5%	30	15,01	304,50	0,009
	10%	30	14,00	190,00	
	Total	60			

Cuadro 34. Prueba de Wilcoxon en las galletas de 5 y 15% de sustitución para la aceptabilidad general en galletas de tuna

Fuente de Variabilidad	Grupos	N	Rango Promedio	Suma de Rangos	P
Aceptabilidad general	5%	30	15,26	351,00	0,002
	15%	30	9,09	92,00	
	Total	60			

Cuadro 35. Prueba de Wilcoxon en las galletas de 10 y 15% de sustitución para la aceptabilidad general en galletas de tuna

Fuente de Variabilidad	Grupos	N	Rango Promedio	Suma de Rangos	P
Aceptabilidad general	10%	30	13,69	186,50	0,044
	15%	30	10,85	131,00	
	Total	60			

En la Figura 9, se detalla los promedios de la evaluación sensorial.

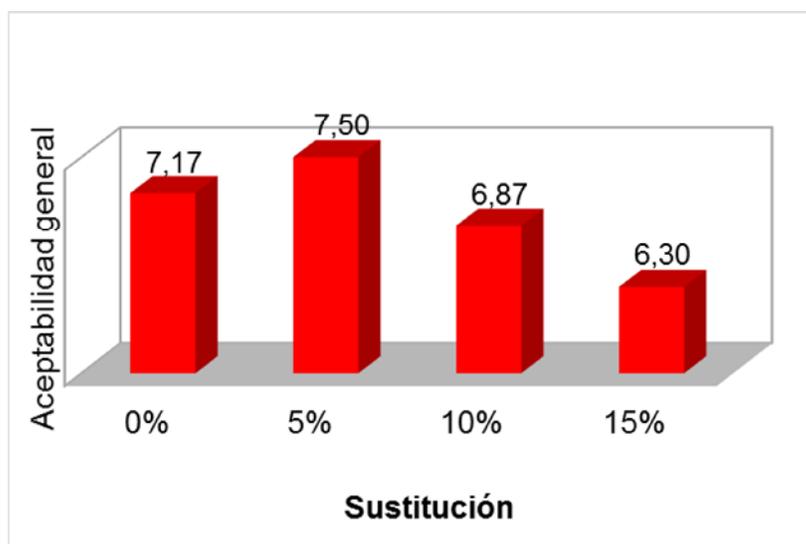


Figura 9. Promedios de aceptabilidad general en galletas de tuna

La prueba de Wilcoxon determinó que al comparar la galleta testigo con las galletas de 5 y 10% de sustitución, no se presentaron diferencias significativas ($P > 0,05$) (Cuadros 30 y 31); en tanto que la galleta testigo al ser comparada con la galleta con 15% de sustitución sí presentó significación (Cuadro 32), obteniendo como promedios 7,17 y 6,30 respectivamente, lo cual indica que la galleta con 15% de sustitución fue menos agradable que la galleta testigo.

Esta misma prueba al hacer las comparaciones entre las galletas con 5, 10 y 15% de sustitución, los resultados determinaron que existieron diferencias significativas entre las sustituciones ($P < 0,05$) (Cuadros 33, 34 y 35); obteniendo mayor significación en la comparación entre las galletas con 5 y 15% de sustitución ($P = 0,002$) (Cuadro 34). De esta manera la galleta con 5% de sustitución fue la que presentó mayor promedio de aceptación entre las demás sustituciones al obtener 7,50 tal como se presenta en la Figura 9. Esta puntuación promedio se encuentra dentro de los parámetros de “me gusta bastante” (7) y “me gusta mucho” (8), entendiéndose como un indicativo de aceptación y actitud positiva frente al producto por parte de los panelistas.

4.7 Determinación del error experimental en calcio y fósforo en la galleta con 5% de sustitución

Para hallar el error experimental del calcio y fósforo en galletas de tuna, se tomó en consideración el producto que presentó la menor dureza, ya que un parámetro de calidad según lo explicado anteriormente por Castro (1993); y que además haya obtenido la mayor aceptación por parte de los panelistas. De esta manera se tomó como la mejor galleta la sustitución con 5% de harina de tuna, pues presentó la menor dureza y obtuvo la mayor aceptación en la evaluación sensorial.

Esta galleta obtuvo una humedad de 6,82%; la cual fue menor a 12% que es la humedad máxima que puede presentar una galleta (Norma técnica peruana 206.0001-03, 1992).

De esta forma se calculó el error experimental cometido teniendo en consideración la humedad obtenida en la galleta (6,82%) (Anexo 4 y 5). El calcio teórico calculado para esta galleta fue de 563,8 mg/kg, en tanto que el calcio real fue de 508,1 mg/kg, hallándose un error de -9,68%. De igual forma, se calculó el fósforo teórico el cual fue de 420,6 mg/kg, en tanto que el fósforo real fue de 363,1 mg/kg, presentando un error de -13,6%. Estos errores negativos sobrepasan el parámetro estipulado por Posadas (2010), quien dice que al presentar un error que no se encuentre dentro del rango de + 5 se considerará un error negativo o positivo según sea el caso.

Estos errores en la galleta con 5% de sustitución se pudieron deber a la estimación mediante cálculos de los minerales presentes en la pulpa de tuna púrpura, los cuales no pudieron haber alcanzado los valores presentados en la tabla de Collazos y otros (1996), puesto que no se realizó una caracterización química para obtener los valores exactos.

En la Figura 10, se presentan las cantidades reales de calcio y fósforo presente en la galleta con 5% de sustitución.

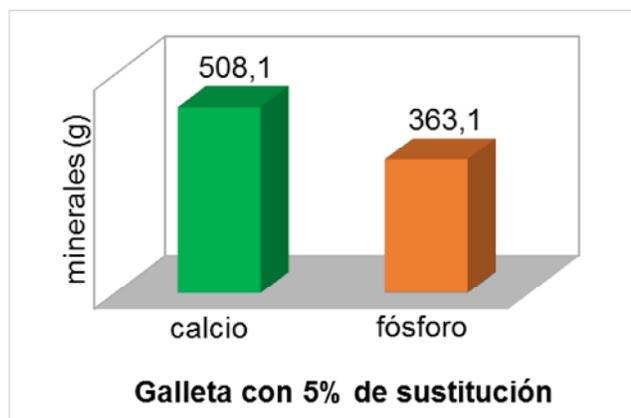


Figura 10. Cantidades reales de calcio y fósforo presente en la galleta con 5% de sustitución

Con respecto a la relación presentada entre los valores reales de Ca y P, esta fue de 1,4; presentando mayor cantidad de calcio en comparación al del fósforo, tal como lo sugiere Tomassi (2002).

V. CONCLUSIONES

La sustitución parcial de la harina de trigo por harina de pulpa de tuna púrpura en la elaboración de galletas dulces produce diferencias significativas con el contenido de cenizas, la dureza, el color y la aceptabilidad general entre las sustituciones.

La galleta con 5% de sustitución de harina de trigo por harina de pulpa de tuna púrpura produjo galletas dulces con la menor dureza y mayor aceptabilidad general.

El contenido de cenizas y el oscurecimiento de las galletas aumentaron según el porcentaje de sustitución de harina de tuna.

VII. RECOMENDACIONES

Estudiar el efecto del tratamiento térmico sobre la composición química de la pulpa de tuna.

Estudiar otros métodos de separación de las semillas de la pulpa de tuna.

Evaluar otros métodos de secado de pulpa de tuna.

Evaluar el comportamiento de las galletas con sustituciones de harina de pulpa de tuna púrpura en almacenamiento.

Seleccionar nuevas materias primas que se producen en la región (frutas, cereales y vegetales).

VIII. BIBLIOGRAFIA

Amatriain, E. 2000. Efectos del exceso de hierro sobre la salud. Ortomolecular Nutritionist. Miembro de la Sociedad Internacional de Medicina Ortomolecular ISOM. Toronto. Canadá.

Disponible en:

<http://www.dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/202445.pdf>

Visitado el: 12 de enero del 2014

Anchor International LTD. 2013. Documento de uso interno visible en la etiqueta del producto.

Anzaldúa–Morales, A. 1994. Evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Anzaldúa-Morales, A. 2005. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia. Zaragoza-España.

Aquino, E., Chavarría, Y., Chavez, J., y Guzmán, R. 2012. Caracterización fisicoquímica de siete variedades de tuna (*Opuntia spp.*) color rojo-violeta y estabilidad del pigmento de las dos variedades con mayor concentración. Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes. 55: 3-10.

Association of Official Analytical Chemists (AOAC). 1997. Official methods of analysis. 16^o edition. Gaithersburg, Maryland, USA. Cap. 312, pág: 1-17.

Barrena, M. 2009. Cinética de Secado de Lúcumo (*Pouteria lucuma L.*). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Rev. Aporte Santiaguino 2009; 2(2): 271-281. ISSN 2070-836X. Chachapoyas – Amazonas – Perú.

Disponible en:

<http://revistas.concytec.gob.pe/pdf/as/v2n2/a06v2n2.pdf>

Visitado el: 04 de noviembre del 2013

Casa Grande. 2013. Documento de uso interno visible en la etiqueta del producto.

Castillo, L. 2003. Efecto de la sustitución de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por puré de arracacha (*Arracacia xanthorrhiza*) en las características reológicas de las mezclas y en las propiedades fisicoquímicas y organolépticas de galletas dulces. Tesis de Ingeniería en Industrias Alimentarias de Universidad Privada Antenor Orrego. Trujillo-Perú.

Castro, E. 1993. Reología y monografías sobre ingeniería en alimentos, N° 11. Depto. de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Facultad de Ciencias Químicas, Farmacéuticas. Universidad de Chile.

Disponible en:

<http://www.cienciaytec.cl/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=site&authtype=crawler&jrnl=1816157X&AN>

Visitado el: 03 de diciembre del 2013

Cerezal, P., y Duarte, G. 2005. Algunas características de tunas (*Opuntia ficus-índica*) cosechadas en el altiplano andino de Chile. Departamento de Alimentos. Facultad de Recursos del Mar. Universidad de Antofagasta. Antofagasta-Chile.

Chessa, J. 1997. Descriptors cactus pear (*Opuntia ficus indica*). Ed.P. Inglese Università degli Studi di Reggio Calabria. Cactusnet Newsletter, FAO International Technical Cooperation Network.

Disponible en:

<http://books.google.com.pe/books?id=llaxInmJjFoC&pg=PA151&lpg=PA151&dq=chessa+1997+descriptors+cactus&source=bl&ots=Acl-E3En7w&sig=fRyEof4sBJYY16zNKUtyxptGyos&hl=es&sa=X&ei=RC8VU4ykPJCjkQfzw4GIDg&ved=0CCkQ6AEwAA#v=onepage&q=chessa%201997%20descriptors%20cactus&f=false>

Visitado el: 25 de enero del 2014

Collazos, C., Alvistur, J., Vásquez, G., Quiroz, M., y Herrero, A. 1996. Tablas peruanas de composición de los alimentos. Instituto de Nutrición. Ministerio de Salud. Perú.

Corrales, G.1997. Fisiología y tecnología pos-cosecha del fruto y del nopal verdura. Universidad Autónoma Chapingo. Informe de Investigación 54. CIESTNAAM. Chapingo – México. pág: 7 -19.

Ding, P., Hajar, S. y Mohd, H. 2007. Changes in selected quality characteristics of minimally processed carambola (*Averrhoa carambola* L.) when treated with ascorbic acid. Journal of the Science of Food and Agriculture. 87: 702-709. Malaysia.

Fahloul, D. 2010. Heat, mass transfer and Physical Properties of Biscuits enriched with date powder. Department of Food Engineering, University of Batna, Batna 05000, Algeria. Agro Paris Tech – Site de Massy, 1 Av. des Olympiades, 912744, Massy, France.

Disponible en:

<http://web.a.ebscohost.com/abstract?direct=true&profile=ehost&scope=sit e&authtype=crawler&jrnl=1816157X&AN=65049357&h=GsEZdLsLrUUstvfGawhaORQuf7jLvimuUhhmcNGKb6UITQ8MNgrUnduc9rYj5nhKQzqEzM>

Visitado el: 26 de enero del 2014

Famosa Alicorp. 2013. Documento de uso interno visible en la etiqueta del producto.

Gaines, C. 1994. The Science of Cookie and Cracker Production. Faridi-New York.

Gamboa, V. 2006. Evaluación del efecto de la sustitución parcial de harina de trigo por fibra de trigo y de la adición de polidextrosa sobre las características de calidad de una galleta dulce de maní sin azúcar. Ciudad Universitaria Rodrigo Facio. San Pedro, Costa Rica.

Disponible en:

<http://www.libreroonline.com/costa-rica/libros/21997/gamboa-solis-vanessa/evaluacion-del-efecto-de-la-sustitucion-parcial-de-harina-de-trigo-por-fibra-de-trigo-y-de-la-ad.html>

Visitado el: 30 de noviembre del 2013

Hunter, J., Hunter, W., George, B. 2008. Estadística para Investigadores. Editorial Reverte. Edición en español. ISBN: 978-84-291. Barcelona-España.

Disponible en:

<http://www.reverte.com/catalogo/img/pdfs/9788429150445.pdf>

Visitado el: 01 de marzo del 2014

Hoseney, C. 1991. Principios de ciencia y tecnología de los cereales. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de Protección Intelectual (INDECOPI). 1976. Normas Técnicas Peruanas. Harinas sucedáneas de la harina de trigo. 205. 040. Lima, Perú.

Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de Protección Intelectual (INDECOPI). 1992. Normas Técnicas Peruanas. Galletas; Requisitos. 206. 0001-03 Lima, Perú.

Kent, N. 1971. Tecnología de los Cereales. Ed. Acribia, Zaragoza – España. 267p.

Manley, D. 2000. Short dough biscuits, in technology of biscuits, crackers, and cookies, Third Edition. Woodhead Publishing, Cambridge. pág: 274-282.

Molinera Inca. 2013. Documento de uso interno visible en la etiqueta del producto.

Morales, N., Chávez, E., Rodríguez, C. 2009. Caracterización cuantitativa de carbohidratos no estructurales de frutos de *opuntia*. Facultad de Química. Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro-México.

Disponible en:

http://www.uaq.mx/investigacion/difusion/veranos/memorias2009/OctavoVerano_38/26_Nu%F1ez_Morales.pdf

Visitado el: 16 de febrero del 2014

Nielsen, S. 2009. Analisis de los Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza-España. Pág: 255.

Olsen, S., Cole, F., Wantanabe, L., y Dean, C. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agriculture. Cir, 939, U.S. Gov. Print. Office, Washington, DC.

Disponible en:

[http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/260/1/TSENE_SCYT-0029\(1\).pdf](http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/bitstream/28000/260/1/TSENE_SCYT-0029(1).pdf)

Visitado el: 20 de febrero del 2014

Ortega, G., Hernández, D., y Acosta, H. 2009. Desarrollo y caracterización de un producto libre de gluten a base de harinas de maíz, arroz y quinua. Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Alimentos, Cal-Colombia.

Padrón-Pereira, C., Aguirre, C. y Moreno, M. 2009. Influencia de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de cladodios de cactus (*Opuntia boldinghii*) como fuente de fibra en galletas tipo wafer.

Universidad Simón Rodríguez, Ingeniería de Alimentos. Revista RTE, Vol. 22, N.1.

Disponible en:

<http://www.rte.espol.edu.ec/index.php/tecnologica/article/view/92>

Visitado el: 02 de enero del 2014

Pascual, G. 2010. Sustitución parcial de harina de trigo por harina de habas (*Vicia faba L.*) en la elaboración de galletas dulces y evaluación durante su almacenamiento. Ingeniero en Industrias Alimentarias. Magister en Tecnología de Alimentos. Docente Auxiliar de la Facultad de Industrias Alimentarias. Universidad Nacional Agraria. La Molina Lima – Perú

Pérez, 2007. Trastornos del Metabolismo del Fósforo y Calcio. Bioquímica. Facultad de Medicina. UNNE. Medellín- Colombia.

Disponible en:

<http://med.unne.edu.ar/catedras/bioquimica/pdf/fosfocalcico.pdf>

Visitado el: 02 de enero del 2014

Posadas, 2010. Determinación de errores y tratamiento de datos. Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Valencia. España.

Disponible en:

<http://www.ual.es/~aposadas/TeoriaErrores.pdf>

Visitado el: 14 de abril del 2014

Reátegui, D. y Maury, L. 2011. Elaboración de galletas utilizando harinas sucedáneas obtenidas con productos de la región. Ingenieras. Docentes de la Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana. Iquitos- Perú.

Robles, 2009. Cultivo de tuna (*Opuntia ficus indica*). Gerencia Regional Agraria La Libertad. Trujillo-Perú.

Disponible en:

<http://www.agrolalibertad.gob.pe/sites/default/files/MANUAL%20TECNICO%20DE%20TUNA.pdf>

Visitado el: 03 diciembre del 2013

Sáenz, C. 2004. Compuestos funcionales y alimentos derivados de *Opuntia* spp. p. 211-222. In: Esparza, G., Valdez, R. y Méndez, S. eds. El Nopal, Tópicos de actualidad. Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Sáenz, J. 2006. Utilización agroindustrial del nopal. Boletín de servicios agrícolas de la FAO N° 150. pág: 49-75

Disponible en:

http://books.google.com.pe/books/about/Utilizaci%C3%B3n_agroindustrial_del_nopal.html?id=llaxlnmJjFoC&redir_esc=y

Visitado el: 15 de diciembre del 2013

Salto, H. (2010). Sensometría y análisis en el desarrollo de Alimentos Procesados. Pedagogía Editorial. Ambato Ecuador.

Tomassi, G. 2002. Phosphorus: essential nutrient for human diet. IMPHOS Newsletter 16: 1- 3.

Disponible en:

[http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/\\$webindex/8F8A81C8E455D68F05256BE3002B04F0/\\$file/F%C3%B3foro-Un+nutriente+esencial+en+la+dieta+humana.pdf](http://www.ipni.net/ppiweb/iaecu.nsf/$webindex/8F8A81C8E455D68F05256BE3002B04F0/$file/F%C3%B3foro-Un+nutriente+esencial+en+la+dieta+humana.pdf)

Visitado el: 14 de enero del 2014

Vergara, R. 2007. Determinación de parámetros texturales de galletas. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Universidad de Chile. Santiago. Chile. Casilla 233. Santiago, Chile.

Disponible en:

[http://www.captura.uchile.cl/bitstream/handle/2250/5108/ParamMecTexAlim"07.pdf?sequence=1](http://www.captura.uchile.cl/bitstream/handle/2250/5108/ParamMecTexAlim)

Visitado el: 06 de febrero del 2014

Vergara, C. 2013. Extracción y estabilización de betalaínas de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*) mediante tecnología de membranas y microencapsulación, como colorante alimentario. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Agronómicas. Proyecto FONDECYT N° 26. Santiago -Chile.

VIII. ANEXOS

Anexo 1. Estimación de componentes de la harina de pulpa de tuna púrpura a partir de 100 g de parte comestible de la tuna púrpura

$$\frac{82 - X}{100 - X} = \frac{12}{100}$$

$$8200 - 100(X) = 1200 - 12(X)$$

$$88(X) = 7000$$

$$X = 79,54$$

donde:

X = peso de agua (g)

Por lo tanto:

82 - 79,54 = 2,46 g agua en la harina a 12% de humedad

100 - 79,54 = 20,46 g harina de pulpa de tuna púrpura a 12% de humedad

$$\text{➤ \% Carbohidratos} = \frac{13,5 \text{ g}}{20,46 \text{ g}} \times 100 = 65,98$$

$$\text{➤ \% Proteína} = \frac{0,6 \text{ g}}{20,46 \text{ g}} \times 100 = 2,93$$

$$\text{➤ \% Cenizas} = \frac{0,4 \text{ g}}{20,46 \text{ g}} \times 100 = 2,93$$

$$\text{➤ \% Fibra cruda} = \frac{3,7 \text{ g}}{20,46 \text{ g}} \times 100 = 18,08$$

$$\text{➤ \% Calcio} = \frac{0,18}{20,46 \text{ g}} \times 100 = 0,879$$

$$\text{➤ \% Fósforo} = \frac{0,26 \text{ g}}{20,46 \text{ g}} \times 100 = 0,197$$

$$\text{➤ \% Hierro} = \frac{0,02 \text{ g}}{20,46 \text{ g}} \times 100 = 0,097$$

Anexo 2. Datos para la obtención de la curva de secado

Nº	Tiempo (horas)	bandeja + tuna (g)	Peso de tuna (g)	Humedad (g agua/g tuna seca)
	T	P1	P2= P1- peso de bandeja	P2 = (P1-S)/S
1	0	610,29	306,29	4,67
2	2	592,47	288,47	4,34
3	4	574,64	270,64	4,01
4	6	558,43	254,43	3,71
5	8	544,39	240,39	3,45
6	22	426,63	122,63	1,27
7	24	413,12	109,12	1,02
8	26	402,86	98,86	0,83
9	28	392,59	88,59	0,64
10	30	382,87	78,87	0,46
11	32	376,39	72,39	0,34
12	34	368,82	64,82	0,2
13	36	364,50	60,50	0,12
14	46	359,10	55,10	0,02
15	48	358,83	54,83	0,015
16	50	358,61	54,61	0,011
17	52	358,18	54,18	0,003

Fuente: Basado en Barrena (2009)

donde:

Peso de bandeja: 304 g

S: peso de tuna seca: 54,09 g

Anexo 3: Formulaciones de galletas dulces 5, 10 y 15% de sustitución para determinar la relación Ca/P

INSUMOS	Formulaciones											
	5%				10%				15%			
	Cantidad (g)	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Cantidad (g)	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)	Cantidad (g)	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)
Harina de trigo	950	342	785,6	5,7	900	324	744,3	5,4	850	306	703	5,1
Harina de pulpa de tuna	50	44	63,5	0,5	100	88	127	1	150	132	190,5	1,5
Azúcar	650	32,5	6,5	0,65	650	32,5	6,5	0,65	650	32,5	6,5	0,65
Leche entera en polvo	10	100	50	1	10	100	50	1	10	100	50	1
Manteca Vegetal	500	20	0	1,5	500	20	0	1,5	500	20	0	1,5
Antimoho	3	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0
Emulsificante	50	0	0	0	50	0	0	0	50	0	0	0
Leudante	30	0	0	0	30	0	0	0	30	0	0	0
Sal	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0
Agua	25	0	0	0	25	0	0	0	25	0	0	0
TOTAL	2273	538,5	906,5	9,4	2273	564,5	927,8	9,6	2273	590,5	950,0	9,8

Fuente: Basado en Vásquez (2013) (Comunicación personal)

➤ **Adición de CaCO₃ en F₁:**

Ca/P =1,3

Ca= (1,3) (P)= (1,3) (906,5) =1215 mg.

Ca (adicional)= 1215 -538,5= 676,5 mg

CaCO₃ = 676,5 mg Ca x (100 mg CaCO₃ /40 mg Ca) =1691 mg

Se adicionó 1,691 g de CaCO₃

*De igual forma se procedió para F₂ y F₃ obteniendo: 1,696 g y 1,706 g

Anexo 4. Formulación de la galleta con 5% de sustitución de harina de tuna púrpura

INSUMOS	Peso (%)	Peso (g)	Energía (kcal)	Proteína (g)	Grasa (g)	Carbohidratos (g)	Agua (g)	Fibra (g)	Ceniza (g)	Calcio (mg)	Fósforo (mg)	Hierro (mg)
Harina de trigo	41,8	950	3410,5	95,95	19	685,9	133	11,4	4,75	342	785,6	5,7
Harina de pulpa de tuna	2,2	50	141,5	1,465	0	32,99	6	9,04	0,985	44	63,5	0,5
Azúcar	28,6	650	2496	0	0	644,15	4,55	0	1,3	32,5	6,5	0,65
Leche entera en polvo	0,4	10	36,5	3,36	0,23	5,21	0,4	0	0,8	100	50	1
Margarina	22,0	500	3600	1	400	2	97	0	0	20	0	1,5
Antimoho	0,1	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Emulsificante	2,2	50	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0
Leudante	1,3	30	0	0	0	0	0	0	30	0	0	0
Sal	0,2	5	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
Agua	1,1	25	0	0	0	0	25	0	0	0	0	0
Carbonato de calcio	0,1	1,691	0	0	0	0	0,084	0	1,6065	676,5	0	0
TOTAL	100	2274,7	9684,5	101,775	419,23	1370,25	266	20,44	97,441	1215	906,5	9,4

Fuente: Basado en Vásquez (2013) (Comunicación personal)

➤ **Humedad en la formulación:**

$266 \text{ g agua en masa} / 2274,7 \text{ g masa} = 11,7 \text{ g humedad en masa}$

Se tiene 11,7% de humedad en masa

Anexo 5. Estimación de componentes en la formulación de 5% de sustitución a partir de 100 g de formulación

- a. **Fórmula para hallar la cantidad de agua que se desea eliminar en 100 g de la formulación (masa) para obtener 6,8% de humedad**

$$\frac{11,7 - X}{100 - X} = \frac{6,8}{100}$$

$$1170 - 100(X) = 680 - 6,8(X)$$

$$9,3(X) = 490$$

$$X = 5,25$$

donde:

X = peso de agua (g)

- b. **Cantidad de agua a eliminar en el peso total de la formulación para obtener 6,8% de humedad**

$$Y = \frac{5,25}{100} \times 2274,7$$

$$Y = 119,4 \text{ g de agua a eliminar en la masa total}$$

Por lo tanto:

$$2274,7 \text{ g de masa} - 119,4 \text{ g de agua} = 2155,3 \text{ g masa a 6,8\% de humedad}$$

- c. **Determinación del error en calcio en la galleta de tuna con 5% de sustitución a 6,8% de humedad**

$$Ca_{\text{teórico}} = \frac{1215 \text{ mg de Ca en la formulación}}{2155 \text{ g de masa a 6,8\% de humedad}} \times \frac{1000 \text{ g}}{\text{kg}}$$

$$\text{Ca}_{\text{teórico}} = 563,8 \text{ mg/ kg}$$

Teniendo en consideración que el contenido de Calcio real obtenido en la galleta de tuna con 5% de sustitución fue de 508,1 mg/kg, se presenta la siguiente fórmula para encontrar el error:

$$\text{error}_{\text{calcio}} = \frac{508,1 \text{ mg/kg de Ca}_{\text{real}} - 563,8 \text{ mg/kg de Ca}_{\text{teórico}}}{563,8 \text{ mg/kg de Ca}_{\text{teórico}}} \times 100$$

$$\text{error}_{\text{calcio}} = -9,8\%$$

c. Determinación del error en fósforo en la galleta de tuna con 5% de sustitución a 6,8% de humedad

$$\text{P}_{\text{teórico}} = \frac{906,5 \text{ mg de P en la formulación}}{2155 \text{ g de masa a 6,8\% de humedad}} \times \frac{1000 \text{ g}}{\text{kg}}$$

$$\text{P}_{\text{teórico}} = 420,6 \text{ mg/ kg}$$

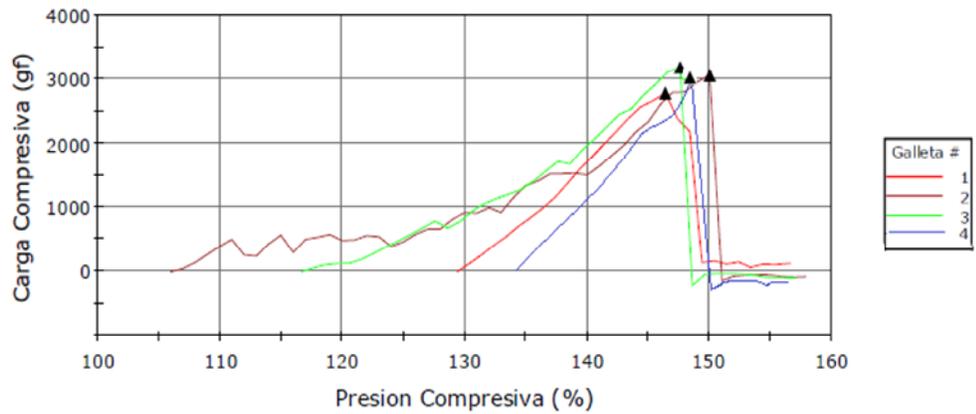
Teniendo en consideración que el contenido de fósforo real obtenido en la galleta de tuna con 5% de sustitución fue de 363,1 mg/kg, se presenta la siguiente fórmula para encontrar el error:

$$\text{error}_{\text{fósforo}} = \frac{363,1 \text{ mg/kg de P}_{\text{real}} - 420,6 \text{ mg/kg de P}_{\text{teórico}}}{420,6 \text{ mg/kg de P}_{\text{teórico}}} \times 100$$

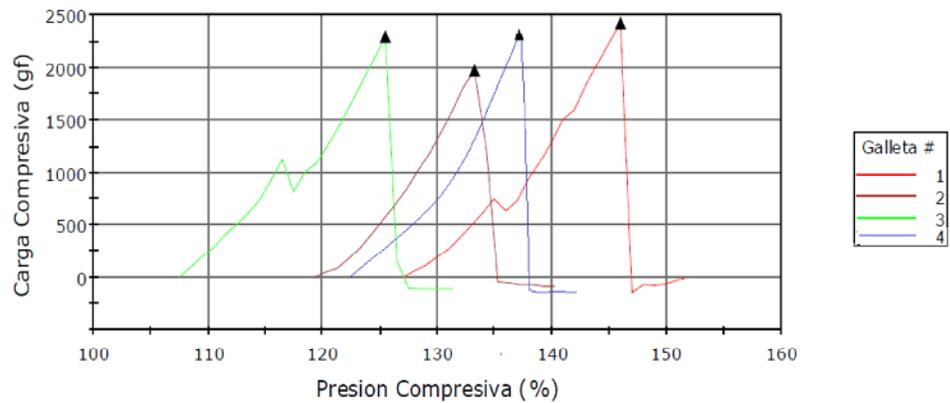
$$\text{error}_{\text{fósforo}} = -13,6\%$$

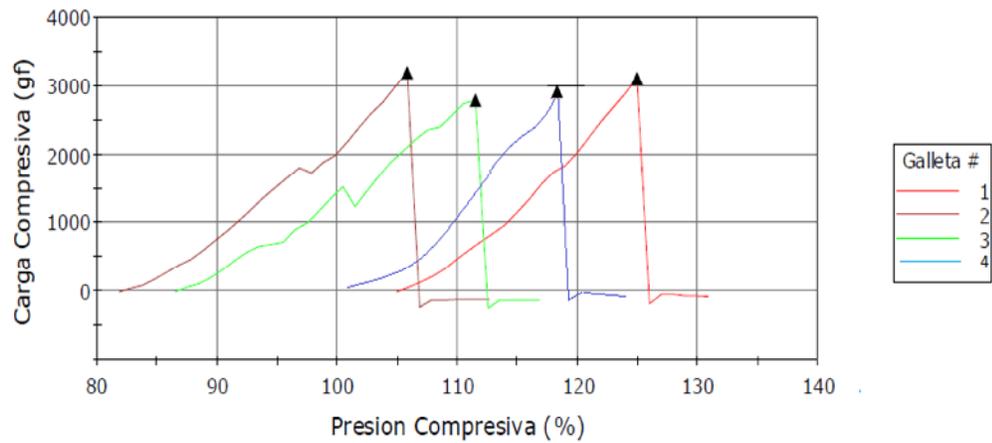
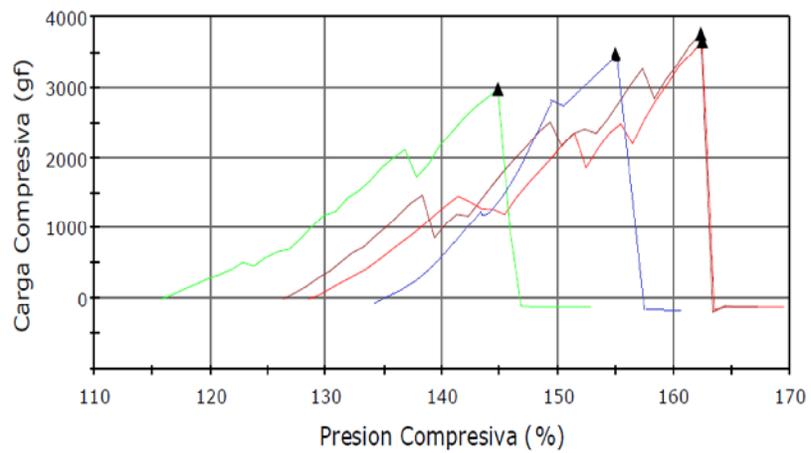
Anexo 6. Curvas de dureza en galletas dulces de tuna

a. Curva de dureza de la galleta Testigo



b. Curva de dureza de la galleta dulce de tuna con 5% de sustitución



c. Curva de dureza de la galleta dulce de tuna con 10% de sustitución**d. Curva de dureza de la galleta dulce de tuna con 15% de sustitución**

Anexo 7. Galletas dulces de tuna



Formulación 0%



Formulación 5%



Formulación 10%



Formulación 15%