

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL



“EFECTO DE LA ADICIÓN DE PECTINA OBTENIDA DE LA PENCA DE TUNA
(*Opuntia ficus-indica*) EN LA CALIDAD SENSORIAL Y PROPIEDADES TEXTURALES DEL
PAN FRANCÉS”

TESIS

PRESENTADA POR:

MARCO ANTONIO YANARICO CHOQUEHUANCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

PUNO - PERÚ

2016

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL

“EFECTO DE LA ADICIÓN DE PECTINA OBTENIDA DE LA PENCA DE TUNA
(*Opuntia ficus-indica*) EN LA CALIDAD SENSORIAL Y PROPIEDADES TEXTURALES DEL
PAN FRANCÉS”

TESIS

PRESENTADA POR:

MARCO ANTONIO YANARICO CHOQUEHUANCA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGROINDUSTRIAL

APROBADO POR EL JURADO REVISOR CONFORMADO POR:

PRESIDENTE

:


Ing. M. Sc. Pablo PARI HUARCAYA

PRIMER MIEMBRO

:


Ing. Edgar GALLEGOS ROJAS

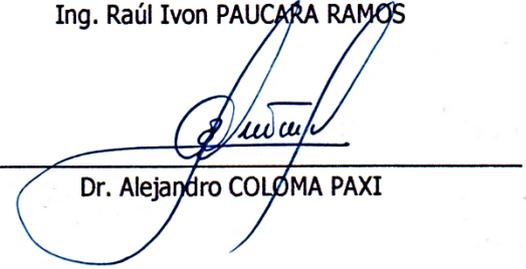
SEGUNDO MIEMBRO

:


Ing. Raúl Ivon PAUCARA RAMOS

DIRECTOR DE TESIS

:


Dr. Alejandro COLOMA PAXI

PUNO - PERÚ

2016

Área: Ingeniería y tecnología

Tema: Desarrollo de procesos y productos agroindustriales sostenibles y eficientes

DEDICATORIA

Esta tesis lo dedico a Dios por acompañarme siempre, a la memoria de mi madre Sofía quien me acompañó desde la eternidad y a mi querido padre Leoncio por su cariño, apoyo, comprensión y ejemplo de vida.

Así mismo lo dedico a mis hermanas Celia, Carina y Lizbeth por brindarme su apoyo incondicional y a mis sobrinos Leonardo, Sofy, Camila y Micaela por quererme mucho.

Marco Antonio

AGRADECIMIENTOS

A nuestra Alma Mater la Universidad Nacional del Altiplano, en particular a los catedráticos de la Facultad de Ciencias Agrarias, por haberme impartido sus valiosas enseñanzas y compartido experiencias en mi formación profesional.

A mi director de tesis Dr. Alejandro Coloma Paxi, por sus consejos, aliento y sugerencias durante todo el desarrollo del trabajo de investigación.

Amis jurados de tesis al Ing. M. Sc. Pablo Pari Huarcaya, al Ing. Edgar Gallegos Rojas, al Ing. Raúl Ivón Paucara Ramos, por su sabia enseñanza y contribución, críticas, sugerencias y correcciones para la culminación de esta investigación.

Al personal administrativo de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial por su apoyo durante la ejecución del proyecto. Y a todas las personas que intervinieron directa o indirectamente en el desarrollo del trabajo de investigación.

A la panificadora “Morenitos” Juliaca. Por permitirme trabajar en sus instalaciones para la elaboración del pan francés, al señor Gerson Machaca Málaga jefe de la panadería por todas las facilidades brindadas.

A mi madre que me cuida siempre desde el cielo y a mi querido padre Leoncio por el ejemplo de vida, bondad, esfuerzo y apoyo.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1. EL NOPAL	2
2.1.1. Definición.....	2
2.1.2. Clasificación Científica.....	2
2.1.3. Propiedades Nutricionales	2
2.1.4. Variedades.....	4
2.2. PECTINA	5
2.2.1. Definición.....	5
2.2.2. Contenido de pectina en varias especies de Nopal.....	6
2.2.3. Caracterización de la Pectina	7
2.2.4. Grado de Esterificación.....	7
2.2.5. Clasificación de Pectinas	8
2.2.6. Métodos de obtención de Pectina	11
2.2.7. Identificación de la Pectina	12
2.3. PANIFICACIÓN.....	13
2.3.1. Pan.....	13
2.3.2. Composición química del Pan	14
2.3.3. Ingredientes para la elaboración del Pan	14
2.3.3.1. Harina.....	14
2.3.3.2. Sal	15
2.3.3.3. Agua.....	16
2.3.3.4. Levadura	16
2.3.3.5. Azúcar	17
2.3.3.6. Las grasas.....	17
2.3.4. Fases de Panificación.....	18
2.3.4.1. Amasado.....	19

2.3.4.2. Boleado	19
2.3.4.3. Fermentado	19
2.3.4.4. Horneado	20
2.4. TEXTURA.....	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	23
3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN	23
3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL	23
3.2.1. Materia prima	23
3.2.2. Insumos	23
3.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS.....	24
3.3.1. Equipos	24
3.3.2. Materiales	24
3.3.3. Reactivos para análisis químico proximal.....	25
3.4. METODOLOGÍA DEL PROCESO EXPERIMENTAL.....	25
3.4.1. Proceso para determinar la caracterización de la pectina.....	25
3.4.1.2. Limpiado	25
3.4.1.3. Pelado	26
3.4.1.4. Cortado.....	26
3.4.1.5. Pesado	27
3.4.1.6. Extracción	27
3.4.1.7. Prensado y Filtrado.....	27
3.4.1.8. Lavado	27
3.4.1.9. Precipitado	27
3.4.1.10. Secado	27
3.4.1.11. Molienda y Tamizado	27
3.4.1.12. Envasado	27
3.4.2. Proceso para determinar el efecto de la concentración de pectina en las propiedades del pan francés.....	28

3.4.2.1. Recepción	29
3.4.2.2. Dosificado	29
3.4.2.3. Mezclado	29
3.4.2.4. Amasado y Sobado	29
3.4.2.5. Pesado	29
3.4.2.6. Boleado	29
3.4.2.7. Fermentado	29
3.4.2.8. Aplastado	29
3.4.2.9. Fermentado	29
3.4.2.10. Volteado	29
3.4.2.11. Fermentado	30
3.4.2.12. Horneado	30
3.4.2.13. Enfriado	30
3.4.3. Proceso para determinar el efecto del tiempo de almacenamiento en la propiedad microbiológica y textura del pan francés	30
3.4.3.1. Muestra	30
3.4.3.2. Primer día	31
3.4.3.3. Segundo día	31
3.4.3.4. Tercer día	31
3.4.3.5. Décimo día	31
3.5. UNIDADES DE ANÁLISIS Y OBSERVACIONES	31
3.5.1. Caracterización de la pectina	31
3.5.2. Obtención y determinación del efecto de la concentración de pectina en las propiedades del pan francés	32
3.5.3. Obtención y determinación del efecto del tiempo de almacenamiento en las propiedades del pan francés	33

3.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	34
3.6.1. Caracterización de la pectina	34
3.6.1.1. Determinación de pH (FAO citado por Lozada, 1998).....	34
3.6.1.2. Determinación de Rendimiento	34
3.6.1.3. Determinación de Peso Equivalente (FAO citado por Lozada, 1998)	34
3.6.1.4. Determinación de Grado de Metoxilación	35
3.6.2. Obtención y determinación del efecto de la concentración de pectina en las propiedades del pan francés.....	35
3.6.2.1. Determinación del efecto de la concentración de pectina en las propiedades químicas del pan francés.....	35
3.6.2.1.1. Determinación de Humedad (AOAC, 1990).....	35
3.6.2.1.2. Determinación de Proteína Total (AOAC, 1990).....	35
3.6.2.1.3. Determinación de Grasa (AOAC, 1990)	36
3.6.2.1.4. Determinación de Cenizas (AOAC, 1990)	36
3.6.2.1.5. Determinación de Fibra Cruda (AOAC, 1990)	37
Digestión ácida.....	37
Digestión alcalina	37
3.6.2.1.6. Determinación de Carbohidratos Totales	37
3.6.2.2. Determinación del efecto de la concentración de pectina en las propiedades microbiológicas del pan francés	37
3.6.2.3. Determinación del efecto de la concentración de pectina en la calidad sensorial del pan francés.....	38
3.6.3. Obtención y determinación del efecto del tiempo de almacenamiento en las propiedades del pan francés.....	38
3.6.3.1. Recuento de Mohos y Levaduras (ICMSF, 2000)	38
3.6.3.2. Determinación de Textura (AACC, 1988).....	38

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	39
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA PECTINA	41
4.2. OBTENCIÓN Y DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PECTINA EN LAS PROPIEDADES DEL PAN FRANCÉS	42
4.2.1.1. Humedad.....	43
4.2.1.2. Proteína.....	44
4.2.1.3. Grasa	45
4.2.1.4. Ceniza.....	45
4.2.1.5. Fibra	46
4.2.1.6. Carbohidratos	47
4.3. OBTENCIÓN Y DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LAS PROPIEDADES DEL PAN FRANCÉS	50
4.3.1. Determinación del efecto del tiempo de almacenamiento en las propiedades microbiológicas del pan francés	50
4.3.2. Determinación del efecto del tiempo de almacenamiento en la Textura del pan francés	52
CONCLUSIONES.....	1
RECOMENDACIONES.....	2
BIBLIOGRAFIA	3

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Contenido en 100 g de Nopal crudo	18
Tabla 2. Contenido de minerales en 100 g de Nopal crudo	18
Tabla 3. Contenido de aminoácidos en 100 g de Nopal crudo	19
Tabla 4. Composición química de la penca de tuna.....	19
Tabla 5. Contenido de pectina en varias especies de Nopal	22
Tabla 6. Características de pectinas establecidas por la FAO	22
Tabla 7. Clasificación de los preparados pectínicos en base a la velocidad de gelificación y relacionado con la temperatura de gelificación y grado de esterificación.....	26
Tabla 8. Composición químico proximal del pan francés	29
Tabla 9. Influencia de la temperatura sobre la masa.....	36
Tabla 10. Características de la pectina comercial de bajo metóxilo	48
Tabla 11. Requisitos microbiológicos exigidos para productos de panificación, galletería y pastelería.....	49
Tabla 12. Características de la pectina obtenida a partir de la penca de tuna.....	57
Tabla 13. Composición químico proximal de las muestras de pan francés	58
Tabla 14. Tabla ANOVA al 95 % para humedad	59
Tabla 15. Tabla ANOVA al 95 % para proteína.....	60
Tabla 16. Tabla ANOVA al 95 % para grasa	61
Tabla 17. Tabla ANOVA al 95 % para ceniza	62
Tabla 18. Tabla ANOVA al 95 % para fibra	63
Tabla 19. Tabla ANOVA al 95 % para carbohidratos	64
Tabla 20. Análisis microbiológico de las muestras de pan francés	64
Tabla 21. Tabla ANOVA al 95 % para Textura del pan.....	65
Tabla 22. Prueba de Tukey al 95 % para Textura del pan	65
Tabla 23. Análisis microbiológico de las muestras de pan francés almacenado	66

	Pág.
Tabla 24. Tabla ANOVA al 95 % para análisis microbiológico del pan.....	67
Tabla 25. Prueba de Tukey al 95 % para análisis microbiológico del pan	67
Tabla 26. Tabla ANOVA al 95 % para Textura “Dureza” del pan.....	68
Tabla 27. Prueba de Tukey al 95 % para Textura “Dureza” del pan	69
Tabla 28. Método FRIEDMAN al 95 % para Textura “Dureza” del pan.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Pectinas de bajo grado metóxilo, su grado de esterificación (GE) es inferior al 50 %	21
Figura 2. Pectinas de bajo metóxilo amidas (COONH ₂), su grado de esterificación (GE) y amidación (GA) son inferiores a 45 % y 25 % respectivamente.....	21
Figura 3. Diagrama de flujo para la obtención de pectina a partir de la penca de tuna	42
Figura 4. Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de pan francés.	44
Figura 5. Proceso para determinar el efecto del tiempo de almacenamiento en el pan.	46
Figura 6. Composición químico proximal de las muestras de pan francés a diferentes concentraciones de pectina.	59

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
a. Determinación de rendimiento	77
b. Determinación del peso equivalente.....	77
c. Determinación del grado de metóxilo	78
Anexo 1. Cantidad requerida de ingredientes para cada muestra de pan francés	79
Anexo 2. Evaluación sensorial para determinar el efecto de la concentración de pectina en el pan francés	79
a. Cuadro de escala hedónica para evaluación sensorial.....	79
b. Registro de datos del análisis sensorial de acuerdo a la escala hedónica.....	80
Anexo 3. Textura del pan francés con respecto al tiempo de almacenamiento	81
a. Valores de la variación de textura del pan	81
b. Graficas de Dureza vs. Tiempo de almacenamiento	82
c. Valores texturales “Dureza”	83
Anexo 4. Crecimiento microbiológico de mohos y levaduras en el pan frances.....	83
Anexo 5. Resultados promedio de Textura para las mejores concentraciones de pan francés	84
Anexo 6. Imágenes de la obtención de pectina y del pan francés.....	85
Anexo 7. Ficha de grado de aceptabilidad de la Textura.....	87
Anexo 8. Certificado microbiológico de las muestras de pan francés.....	88
Anexo 9. Certificado del análisis químico proximal de las muestras de pan	91

RESUMEN

Caracterización de la pectina obtenida de la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*), efecto de la concentración de pectina (0 %, 0.5 %, 1 %) y efecto del tiempo de almacenamiento (Primer día, Segundo día, Tercer día) en la composición químico proximal, microbiológica, la calidad sensorial y textura del pan francés. Inicialmente se procedió a extraer la pectina, posterior a ello se elaboraron las muestras de pan francés a diferentes concentraciones de pectina, finalmente fueron almacenados y analizados. Estos resultados fueron evaluados con el control ANOVA, para las concentraciones significativas se aplicó la prueba de Tukey seleccionando la concentración ubicado en el primer rango estadístico. De acuerdo al diseño estadístico, se observó que la adición de pectina da lugar a panes con mayor contenido de humedad que la muestra patrón. En cuanto a los contenidos químicos proximales, las muestras de pan a diferentes concentraciones de pectina no presentan diferencia significativa ($p < 0.05$) respecto al control en el contenido de grasa, ceniza, fibra, proteína y carbohidratos. Al comparar los valores experimentales con los calculados, se demostró que la pectina obtenida de la penca de tuna, es una pectina de bajo metóxilo. Se concluyó que la concentración de pectina afectó a la calidad sensorial y textura del pan francés, disminuyendo significativamente la dureza de la miga a comparación de la muestra patrón.

Palabras Claves: Penca de tuna, pectina, concentración, tiempo de almacenamiento, calidad sensorial, textura.

I.INTRODUCCIÓN

El pan posee una vida útil corta, que se atribuye al fenómeno de envejecimiento, el cual implica la presencia de todos los procesos que ocurren durante el almacenamiento del pan, exceptuando los cambios y deterioro provocados por microorganismos. Las principales características del pan envejecido son el cambio de sabor, la pérdida de aroma, agua y principalmente, el endurecimiento de la miga y ablandamiento de la corteza. Estos cambios se presentan poco tiempo después de que el pan ha sido sacado del horno.

El pan es un alimento básico que forma parte de la alimentación diaria del ser humano, es tan importante en la alimentación que se considera como sinónimo de alimento en muchas culturas. En la actualidad se trata de un alimento básico que puede encontrarse en casi cualquier tienda de alimentación y en grandes cantidades. La mejora de la calidad incorporando ciertos aditivos de origen natural, aún sigue no establecido; es así que la pectina obtenida de la penca de tuna sería una de las alternativas para mejorar la calidad del pan. Sin embargo, no se conoce la cantidad adecuada de pectina, otro factor importante en la calidad del pan sería el tiempo de almacenamiento.

Hoy en día, el consumidor ha tomado la textura del pan como un indicador de frescura del mismo, lo que ha servido como foco de atención en la importancia de las características de textura para determinar la aceptabilidad del pan.

Las consideraciones mencionadas anteriormente nos lleva a la necesidad de realizar el estudio de la adición de pectina en el pan, considerando factores de concentración y tiempo de almacenamiento sobre los efectos que estos tienen en: la composición química proximal, microbiológica, calidad sensorial y textura. Motivo por el cual se ha considerado los siguientes objetivos:

- Caracterización de la pectina obtenida por extracción alcalina de la penca de tuna.
- Determinar el efecto de la concentración de pectina en las propiedades químicas, microbiológicas y sensoriales del pan francés.
- Determinar el efecto del tiempo de almacenamiento en la propiedad microbiológica y en la textura del pan francés.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. EL NOPAL

2.1.1. Definición

Los nopales son plantas arbustivas, rastreras o erectas que pueden alcanzar 3,5 a 5 m de altura. El sistema radical es muy extenso, densamente ramificado, rico en raíces finas absorbentes y superficiales en zonas áridas de escasa pluviometría. La longitud de las raíces está en relación con las condiciones hídricas y con el manejo cultural, especialmente el riego y la fertilización (Villegas y de Gante, 1997).

El Nopal está formado por las siguientes partes: el tallo, la flor, el fruto (tuna) y los cladodios o pencas. Vulgarmente, los **cladodios** se conocen como pencas o palas. Su interior es gelatinoso, y contienen principalmente agua y sustancias nutritivas. Sobre ambas caras del cladodio se presentan las yemas, llamadas areolas, que tienen la capacidad de desarrollar nuevos cladodios, flores y raíces aéreas según las condiciones ambientales (Granados y Castañeda, 2000).

2.1.2. Clasificación Científica

La clasificación taxonómica del Nopal es la siguiente:

Reino: *Plantae*.

División: *Magnoliophyta*.

Clase: *Magnoliopsida*.

Orden: *Caryophyllales*.

Familia: *Cactaceae*.

Subfamilia: *Opuntioideae*.

Género: *Opuntia*.

Especie: *ficus-indica*.

Nombre binomial: *Opuntia ficus-indica*
(L.) Mill 1768.

Fuente: Barrientos (1983).

2.1.3. Propiedades Nutricionales

La principal aplicación de los nopales es como alimento en diversas formas. Sin embargo, los nopales no constituyen en si un alimento completo, forman parte, al igual que otras verduras, fuentes más importantes y que son dignas de mencionarse y contrastarse. Presentan los siguientes datos:

Tabla 1. Contenido en 100 g de Nopal crudo

Proporción comestible	78.00 %
Energía	27.00 kcal
Proteínas	1.7 g
Grasas	0.30 g
Carbohidratos	5.60 g
Calcio	93.00 mg
Hierro	1.60 mg
Tiamina (Vit. A)	0.03 mg
Riboflavina (Vit. B2)	0.06 mg
Niacina	0.3 mg
Ácido ascórbico (Vit. C)	8.00 mg
Retinol (Vit. A)	41.00 mg

Fuente: FAO, (1982).

Tabla 2. Contenido de minerales en 100 g de Nopal crudo

Calorías	40 kcal
Grasa	0.5 g
Colesterol	0 mg
Carbohidratos	9.6 g
Fibra dietética	3.6 g
Proteínas	0.7 g
Calcio	5.6 mg
Hierro	85 mg
Fosforo	24 mg
Potasio	220 mg
Sodio	5 mg

Fuente: FAO, (1982).

Tabla 3. Contenido de aminoácidos en 100 g de Nopal crudo

Lisina	4 %
Isoleucina	4 %
Treonina	4.8 %
Valina	3.8 %
Leucina	5.2 %
Triptófano	0.8 %
Metionina	0.7 %
Fenilalanina	5.40 %

Fuente: FAO, (1982).

Tabla4. Composición química de la penca de tuna

CONCEPTO	CONTENIDO (%)
Humedad	60.9 – 95.5
Ceniza	1.08 – 1.51
Fibra	5.31
Grasa	2.57
Proteínas	0.24 – 3.51
Carbohidratos	5.60
Pectina	1.28 – 3.12
Acidez (Ácido Cítrico)	0.03 – 0.12
pH	5.80 – 6.50

Fuente: Mella *et al.*, (1988) citado por Socolich, (1990).

Se indica que tiene un alto contenido en acidez, el mismo que se estima, imparte un sabor ácido que puede ser desagradable para un sector del consumo. Como se ve, existen leves variaciones entre las diferentes publicaciones. Sin embargo, en lo que coinciden todos, es en la presencia de diferentes componentes que son excepcionales para el mantenimiento de la Salud.

2.1.4. Variedades

Existen plantaciones de tunales en los andes del Perú: la mayor producción silvestre se encuentra en los valles interandinos en las regiones de Ayacucho, Huancavelica, Apurímac, Arequipa, Ancash, Lima y Moquegua, entre otras. Tiene gran diversidad de ecotipos (Novoa, 2006):

- Tuna verde o blanca.
- Tuna roja o morada.
- Tuna amarilla o anaranjada.

Como fruta de mesa se utilizan la tuna blanca y la morada, por ser frutos de buena calidad y preferidos por el público.

2.2. PECTINA

2.2.1. Definición

La pectina es un polisacárido natural y uno de los constituyentes mayoritarios de las paredes de las células vegetales (Berk, 1980).

La pectina es una sustancia de origen vegetal, presente en las plantas, principalmente en sus frutos; su característica principal es ser un gelificante natural. Las pectinas son hidrocoloides dependen del índice de madurez, tipo de ácido (ácido clorhídrico y ácido cítrico), y pH del agua acidulada para espesantes, estabilizantes y sobre todo gelificante (Maldonado *et al.*, 2010).

Sus propiedades de gelificación, estabilización de emulsiones y aporte de fibra nutricional, hace que se la utilice en las industrias alimenticia y farmacéutica. Para su producción se utilizan algunos subproductos propios de industrias de jugos de fruta, principalmente cáscaras de cítricos. Su precursor es la protopectina, definida como la sustancia péctica insoluble en agua que origina pectina soluble por despolimerización parcial (Zapataz *et al.*, 2009).

Las sustancias pécticas son mezclas complejas de polisacáridos que constituyen una tercera parte de la pared celular de las plantas dicotiledóneas y de algunas monocotiledóneas. Menor proporción de estas sustancias se encuentran en las paredes celulares de las plantas herbáceas (Jarvis *et al.*, 1988).

Las sustancias pécticas comprenden un extenso grupo de heteropolisacáridos vegetales, cuya estructura básica está integrada por moléculas de ácido D-galacturónico, unidas por enlaces glucosídicos α -D (1,4), en el cual los grupos carboxilos pueden estar esterificados con metilos o en forma de sal. Las pectinas se encuentran asociadas con otros hidratos de carbono, principalmente con hemicelulosas, en las paredes celulares de los vegetales, y son responsables de la firmeza de algunos productos (Badui, 2006).

La base de su estructura química la constituye el ácido d-galacturónico que se muestra en la Figura 1 cuyos grupos carboxilos están esterificados por radicales metilo en diferente proporción como se muestra en la Figura 2 la cual le da un grado de metilación del cual dependerá su capacidad de producir geles en condiciones normales con azúcar y ácido (Cheftel y col., 1999).

Las pectinas son polímeros del ácido galacturónico cuya estructura es la siguiente:

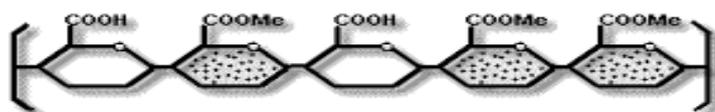


Figura 1. Pectinas de bajo grado metóxilo, su grado de esterificación (GE) es inferior al 50 %. Por ejemplo esta pectina tiene 40% GE

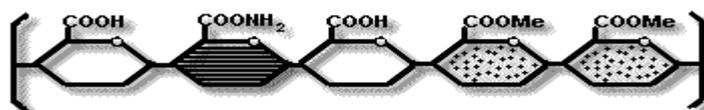


Figura 2. Pectinas de bajo grado metóxilo amidadas (COONH₂), su grado de esterificación (GE) y amidación (GA) son inferiores a 45 % y 25% respectivamente.

Las hojas son alternas, simples; los bordes dentados, pudiendo ser pronunciados o leves, según las variedades; lamina polimorfa, hojas inferiores romboidales, o triangulares, hojas superiores lanceadas o triangulares, planas u onduladas, algo carnosas, hojas jóvenes cubiertas de papilas esferoidales o globosas de 1.4 mm de diámetro, blancas purpuras o rojas. A veces, las hojas son brillantes y carentes de papilas, de bordes más o menos dentadas, 3 a 20 dientes; en el último caso las hojas son aserradas, peciolos largos, finos, acanalados en el lado superior. La coloración, en general, varía de verde claro a verde oscuro, las que a su vez se van transformando en amarillas, rojas o purpuras según su estado de maduración.

2.2.2. Contenido de pectina en varias especies de Nopal

En la Tabla 5, se indican el contenido de pectina en diversos tipos de penca de tuna o nopal (Villarreal *et al.*, (1998) citado por Meléndez,(2002)).

Tabla 5. Contenido de pectina en varias especies de Nopal

ESPECIE	% DE PECTINA		% DE		% DE PECTINA	
	TOTAL		PROTOPECTINA		SOLUBLE	
	Base Húmeda	Base Seca	Base Húmeda	Base Seca	Base Húmeda	Base Seca
<i>O. ficus indica</i>	1.91	13.84	0.097	3.56	1.418	10.28
<i>Opuntia sp I</i>	0.95	7.6	0.448	3.58	0.482	4.02
<i>O. amyclaea</i>	1.4	9.58	0.685	4.69	0.715	4.89
<i>Opuntia sp II</i>	0.84	7.05	0.721	6.05	0.129	1.00
<i>O. megacantha</i>	0.805	5.06	0.586	3.43	0.279	1.63
<i>O. streptacantha</i>	0.97	6.59	0.605	4.38	0.365	2.21
<i>O. robusta</i>	3.3	26.61	0.653	5.26	2.64	23.8

Fuente: Villarreal *et al.*, (1998) citado por Gamarra y Valencia (2006).

2.2.3. Caracterización de la Pectina

Las características de la pectina dependen del proceso de extracción y purificación, por eso es necesario hallar las mejores condiciones para la preparación de los extractos antes de precipitar la pectina y así evitar la disminución de la calidad (Venero, 1999).

Desde la preparación de la materia prima hasta la obtención de la pectina es conveniente poner sumo cuidado, a lo que nos garantizará que el producto obtenido tendrá una calidad satisfactoria (Lozada, 1998).

Tabla 6. Características de Pectinas establecidas por la FAO

REFERENCIA	FAO
Humedad	máx. 12 %
Ceniza	máx. 6 %
Grupo Metóxilo	máx. 11 %
Grado de Esterificación	máx. 64 %

Fuente: FAO, (1998) citado por Lozada (1998).

2.2.4. Grado de Esterificación

Un factor importante que caracteriza las cadenas de pectina es el grado de esterificación (GE) de los grupos carboxilo de los residuos de ácido urónico con alcohol metílico. Las pectinas probablemente se forman inicialmente en forma altamente estratificada, para experimentar algo de desesterificación después de insertarse en la pared celular o lámina media (Pagan, 1998).

El grado de metilación tiene un papel importante en la firmeza y cohesión de los tejidos vegetales. La reducción del grado de metilación tiene como consecuencia un aumento de la cohesión, ya que tiene la capacidad de formar geles con ayuda de calcio (Van Buren, 1991).

El efecto de fortalecimiento de los tejidos implica dos fenómenos separados: en tejido fresco, la formación de carboxilos libres incrementa la posibilidad y la fortaleza de los enlaces calcio entre polímeros. En los tejidos calentados, se da la combinación de un incremento en los enlaces de calcio y un decremento de la susceptibilidad de la pectina de polimerizarse por β -eliminación (Sajjaanantakul *et al.*, 1989).

2.2.5. Clasificación de Pectinas

Las pectinas se clasifican en:

- ✓ Pectinas de alto metóxilo (HM).
- ✓ Pectinas de bajo metóxilo (LM).

a) Pectinas de alto metóxilo (HM)

Las pectinas de alto metóxilo se caracterizan por formar geles con un contenido de azúcar al 50 %, estas pectinas contienen un alto contenido de metóxilo mayor al 7 %. Posee un diferente comportamiento respecto a la gelificación, entendiéndose por gelificación el inicio de la formación del gel que aparece una vez completada la cocción, la masa se enfría y alcanza la temperatura crítica de gelificación. Esta temperatura es característica de cada pectina (Lozada, 1998).

Las disoluciones de pectina son estables en medio ácido (pH: 2.5 a 4.5) incluso a temperaturas elevadas; estos geles presentan cambio en su rigidez hasta llegar a unos 50 °C por el contrario sufren una rápida degradación en medio alcalino.

En este grupo de pectinas de alto metóxilo el tiempo de gelificación de la pectina depende del porcentaje de esterificación. Si el porcentaje es de 60 a 67 la gelificación será lenta, para valores de 68 a 70 la gelificación es mediana y

para obtener una gelificación rápida sería necesario que la pectina tuviera un porcentaje de esterificación de 71 a 76 (Durán y Honores, 2012).

Estas pectinas encuentran su mayor empleo en la preparación de mermeladas, cuando las frutas con las cuales se preparan a nivel industrial poseen un bajo contenido de pectinas.

b) Pectinas de bajo metóxilo (LM)

Estas pectinas poseen un bajo contenido de metóxilo alrededor de 3 a 5 %. Al contrario de las pectinas de alto metóxilo, las pectinas de bajo metóxilo (LM) forman geles por interacción del calcio presentes en el medio, el pH y la concentración de sólidos es un factor secundario que influye en la velocidad y la temperatura de gelificación y además en la textura final del gel (Lozada, 1998).

En efecto estas pectinas tienen la propiedad de formar gel cuyo soporte está constituido por una estructura reticular de PECTINATOS DE CALCIO mientras su contenido de sólidos solubles puede bajar hasta 2 % y el valor de pH acercarse a la neutralidad para la gelificación, por esto la sola presencia de la pectina y de las sales de calcio es necesaria y suficiente (Durán y Honores, 2012).

Al igual que los geles de pectinas de alta metilación los geles de estas pectinas presentan las siguientes características:

- Los geles que se forman son elásticos.
- Su rigidez disminuye con el aumento de la temperatura.
- Su viscosidad aumenta al bajar el pH, a un pH de 2 precipita en forma de coágulos.
- Los geles son propensos a sinéresis durante el almacenaje.
- Se funde a temperaturas más bajas que los de alta esterificación. Los geles se degradan por el calentamiento y se regelifican por enfriado.
- Pectinas de este tipo se usan para la precipitación de gelatinas de escaso contenido de sólidos, para hacer jaleas con leche a un pH de 6.5 y con jugo de frutas y hortalizas a un pH de 2.5 para espesar salsas, budines y jaleas.

Las pectinas que se pudieran conseguir en el mercado internacional varían en su grado de esterificación y en algunos casos llevan incorporadas cantidades de sales de calcio para ser utilizados con valores de pH y sólidos solubles precisos. La extensión del campo de empleo, desde pH = 2.5 a 6.5 y °Brix = 0 – 80 %, permite obtener una amplísima gama de productos interesantes para la industria de alimentos, dulces, cosmética, farmacéutica, etc. (Abraján, 2008).

La dosis de pectina, que generalmente se determina por pruebas con pequeñas cantidades de materias primas disponibles, esta normalmente comprendida entre 0.3 y 2 % del peso final del producto. Las modalidades de empleo practico no difieren de las empleadas con pectinas de alto metóxilo, y como para estas, hay que tener un máximo cuidado en su perfecta disolución para la completa utilización del poder gelificante.

Las pectinas dan lugar a geles termorreversibles en presencia de sacarosa a pH bajo (pectinas de alto metóxilo) o iones calcio (pectinas de bajo metóxilo). Por su óptima capacidad de gelificación, la pectina es uno de los principales responsables de la textura de los productos vegetales y la viscosidad de sus zumos, y tiene un gran interés tecnológico para el sector de la alimentación (Yuste y Garza, 2003).

Además de la capacidad de gelificación, la segunda característica importante es la velocidad de gelificación, es decir, el paso de solución a gel, a eso también se le relaciona con la temperatura de gelificación. Estas características se muestran en la Tabla 8 (Grünauer, 2009).

Tabla7. Clasificación de los preparados pectínicos en base a la velocidad de gelificación y relacionado con la temperatura de gelificación y grado de esterificación

Tipo de preparado pectínico	Grado de esterificación	Tiempo de gelificación (min)	Temperatura de gelificación (°C)
De gelificación rápida	> 72	3 – 5	90 – 95
De gelificación media	68 – 72	5 – 10	70 – 80
De gelificación lenta	62 – 68	10 - 15	55 – 65

Fuente: Gaviria y López, (2005).

2.2.6. Métodos de obtención de Pectina

En la actualidad contamos con diversos métodos de obtención de pectina cada uno de los cuales pretende ser mejor que el otro. Existen por lo tanto diferencias debido a la calidad del producto, pero se debe tener en cuenta que no hay una técnica específica y rígida para lograr obtener pectina ya que cada materia prima cuenta con características propias, por ello se pretende conseguir un método adecuado según la materia prima a utilizar (Pagan, 1998).

Existen dos métodos de extracción, los cuales son:

a) Extracción ácida

Este tipo de extracción consiste en someter a la materia prima previamente acondicionada en agua acidulada bajo condiciones favorables de pH, temperatura y tiempo, y con agitación mecánica que se realiza aproximadamente cada 10 min, para evitar que las partículas se aglomeren. El extracto clarificado es concentrado (de ser necesario) para proceder a su precipitación (Pagan, 1998).

El propósito de la hidrólisis ácida es eliminar especialmente los iones calcio, los cuales tienen un efecto negativo en el rendimiento del proceso (Ortiz, 2009).

Según las investigaciones realizadas en la obtención de pectina mediante el método de hidrólisis ácida los niveles del pH del agua acidulada son de 2.0, 2.5 y 3.0 (Maldonado *et al.*, 2010).

b) Extracción alcalina

Este tipo de extracción consiste en someter a la materia en una solución alcali (usualmente se utiliza hexametáfosfato de sodio) bajo condiciones de temperatura bajas, tiempos prolongados para así favorecer la extracción. El extracto acuoso obtenido después de una filtración es enfriado y clarificado; finalmente el extracto clarificado es concentrado para proceder luego a su precipitación. El tratamiento de pectinas en álcali a elevada temperatura conduce a una rápida saponificación y degradación de la pectina (Pagan, 1998).

Los tipos de precipitación más frecuentes que se utilizan en la extracción de pectina son: con solventes (alcohol etílico y la acetona, entre otros) (Acuña, 1995).

a) Precipitación con alcohol etílico

La materia prima acondicionada es hervida con ácido diluido bajo condiciones favorables de pH, temperatura y tiempo. El extracto acuoso es enfriado y clarificado. El extracto clarificado es concentrado en evaporadores de múltiple efecto de acero inoxidable, hasta la concentración deseada. El concentrado es recogido del evaporador y precipitado con el alcohol acidulado; el precipitado es separado, escurrido y exprimido o centrifugado para extraer el exceso de alcohol.

La pectina extraída es nuevamente suspendida en alcohol, exprimida y secada. La pectina extraída por este método es de muy buenas características; debido a que este método ha sido generalizado para todos los productores de pectina los cuales han alcanzado notables conocimientos en manejo de solventes para el proceso de precipitación.

No obstante este método representa una enorme inversión por el consumo de grandes cantidades de alcohol y costos de operación general (Acuña, 1995).

b) Precipitación con acetona

Este método es similar a lo que ocurre con el alcohol, con la diferencia que en este método se forma una floculación fibrilar más manipulable; aunque en este método hay una mayor precipitación de impurezas.

El motivo por el cual no se utiliza este método principalmente es debido a los elevados costos de la acetona además de la necesidad de utilizar cloruro de sodio, para ayudar la precipitación (Acuña, 1995).

2.2.7. Identificación de la Pectina

Desde el punto de vista de la tecnología alimentaria la propiedad más importante de las pectinas es su aptitud para formar geles. Los geles consisten en moléculas

poliméricas con enlaces entre cruzados para formar una red interconectada y tupida e inmersa en un líquido. En geles de pectina y otros sistemas de alimentos conteniendo pectina, este líquido es agua. Las propiedades del gel son el resultado neto de interacciones complejas entre el soluto y el solvente. La influencia del agua como solvente, la naturaleza y magnitud de las fuerzas intermoleculares que mantiene la integridad que permiten tener una gran capacidad de retención de agua (Pagan, 1998).

En la mayoría de geles alimentarios, los enlaces entrecruzados en la red no son puntos de interacción ya que incluyen segmentos extensos a partir de dos o más moléculas poliméricas, generalmente en estructuras bien definidas llamadas zonas de unión que son estabilizadas por una combinación de fuerzas intermoleculares débiles. Individualmente estas fuerzas son suficientes para mantener la integridad estructural de las zonas de unión, pero su efecto es acumulativo y le imparte estabilidad termodinámica. Las fuerzas intermoleculares estabilizantes de la red del gel son los enlaces de puentes de hidrogeno y las interacciones hidrofóbicas (Fishman, 1989).

En resumen las cualidades de la pectina que influyen en los caracteres del gel son: la longitud de la molécula pectina, su grado de esterificación y la proporción entre los grupos hidrofóbicos e hidrofílicos.

2.3. PANIFICACIÓN

2.3.1. Pan

Definen al pan como un alimento hecho de harina y otros insumos complementarios y mezclados con el agua, forma una masa esponjosa y luego es cocida en horno; considerado como producto alimenticio de primera necesidad dentro de la canasta familiar (Stanley *et al.*, 2002).

En general se conoce como **pan común** al producto resultando de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal, agua y levadura; fermentado por especies de microorganismos propias de la fermentación panaria, al que se pueden agregar ingredientes especiales y aditivos autorizados. Cuando se emplean otras harinas al pan se lo denomina con el agregado del tipo de harina que se utilice, por ejemplo pan de maíz, etc. (Repo, 1998).

2.3.2. Composición química del Pan

Se puede observar que el pan es rico, de modo especial en carbohidratos (aproximadamente el 58 %), considerándose por tanto como una óptima fuente de calorías, como proteínas (9 %) (Repo, 1998).

Tabla8. Composición químico proximal del Pan francés.

COMPOSICIÓN	BASE HÚMEDA
Humedad	23 – 35 %
Ceniza	1.5 %
Proteínas	8.4 %
Grasa Total	0.2 %
Fibra Cruda	0.6 %
Carbohidratos Total	62.9 %
Carbohidratos Disponibles	60.5 %
Energía	277 Kcal/100 g

Fuente: CENAN, (2009).

Las características del pan común y especial son los siguientes (Repo, 1998):

- a. Su aspecto, textura, color, olor y sabor serán agradables y característicos del producto.
- b. No presentara enmohecimientos, residuos de insectos, sus huevos y larvas o cualquier otra materia extraña que denote su deficiente estado higiénico sanitario.
- c. Los panes especiales tendrán una humedad máxima del 38 %.
- d. La acidez será expresada en ácido láctico, referida a sustancia seca y determinada sobres extracto acuoso.

2.3.3. Ingredientes para la elaboración del Pan

Los ingredientes esenciales en la fabricación del pan son la harina, agua, azúcar, sal, manteca y levadura. Algunas sustancias llamadas mejorantes pueden agregarse en el amasado para perfeccionar la calidad de la masa (Stanley *et al.*, 2002).

2.3.3.1. Harina

La harina es el producto que resulta de la molturación o molienda del trigo. En principio, y como primera clasificación, las harinas se dividen en dos grupos. Uno comprende únicamente las obtenidas a partir del endospermo y el otro, se obtienen de la molturación total del grano de trigo, incluyendo germen, endospermo y las capas externas de la piel (Picas y Vigata, 1991).

Se puede definir la calidad de una harina como su capacidad para dar un producto final de excelentes características organolépticas, como el sabor y el olor, de buen valor nutritivo y de costo competitivo. Entre las sustancias proteicas asociadas a la harina de trigo predomina la gliadina y la glutenina, que fuertemente hidratadas, dan una masa elástica llamada gluten, principal responsable de las propiedades elásticas de la masa.

La calidad tecnológica de la harina depende no solo de la composición en aminoácidos del gluten, sino también de la presencia de aminoácidos sulfurados que contienen grupos tiol o disulfurados (Alcázar, 2000).

2.3.3.2. Sal

Es un compuesto químico formado por Cl y Na. La sal a utilizar en la panificación debe tener las siguientes características: granulación fina, poseer una cantidad moderada de yodo para evitar trastornos orgánicos, garantizar una pureza por encima del 95 % y sea blanca (yodo 0.004).

Funciones de la sal en panificación:

- Mejorar el sabor, fortalecer el gluten.
- La sal controla o reduce la actividad de la levadura, ejerce una acción bactericida no permite fermentaciones indeseables dentro de la masa.

La sal actúa principalmente sobre la formación del gluten, ya sea en la gliadina, uno de sus componentes, tiene menos solubilidad en el agua salada a la formación de una mayor cantidad del gluten.

Su propiedad antiséptica actúa en la fermentación, favorece la coloración, además influye en la duración y estado de conservación del producto, debido a su capacidad de absorber agua (higroscopicidad) (Alcázar, 2000).

La dosis y el momento de añadir la sal son dos factores importantes que varían según el tipo de harina y del sistema de elaboración. La cantidad de sal a usar es de 1.8 – 2.1 % por peso de la harina dando una concentración de 1.1 – 1.4 % de la sal en el pan (Quaglia, 1991).

2.3.3.3. Agua

El tipo de agua a utilizar debe ser alcalina, es aquella agua que usualmente utilizamos para beber. Cuando se amasa harina con la adecuada cantidad de agua, las proteínas gliadina y glutenina al mezclarse forman el gluten unidos por un enlace covalente que finalmente será responsable del volumen de la masa (Stanley *et al.*, 2002).

Funciones del agua en panificación:

- Formación de la masa: El agua es el vehículo de transporte para que los ingredientes al mezclarse formen la masa. También hidrata el almidón que junto con el gluten dan por resultado la masa plástica, suave y elástica.
- Fermentación: Para que las enzimas puedan actuar hace falta el agua para que puedan difundirse a través de la pared o la membrana que rodea la célula de levadura.
- El agua es el que hace posible la propiedad de plasticidad y extensibilidad de la masa, de modo que pueda crecer por la acción del gas producido en la fermentación.
- Efecto en el sabor y la frescura: El agua hace posible la porosidad y el buen sabor del pan.

2.3.3.4. Levadura

La mayor parte de los panes requieren de levadura para su elaboración. La levadura es un organismo vivo que crece en temperatura tibia; el frío detiene su crecimiento y el calor excesivo la mata. Su función es fermentar la masa, haciéndola crecer y suavizándola; además es fuente de vitaminas del complejo B y permite asimilar algunos minerales, como el Zinc. Mientras más levadura contenga la masa, más rápida será la fermentación (Picas y Vigata, 1991).

Son hongos microscópicos (*Saccharomyces cerevisiae*) que producen fermentación de los azúcares, en otras sustancias orgánicas como dióxido de carbono y alcohol, como el vino, la cerveza y la harina (Flores, 2004).

La levadura segrega durante la fermentación las siguientes enzimas:

- **Proteasa:** Acondiciona el gluten, dándoles las características plásticas.
- **Invertasa:** Actúa sobre los azúcares compuestos.
- **Maltasa:** Actúa directamente sobre la maltosa.
- **Zimasa:** Produce la transformación de los azúcares simples en alcohol y dióxido de carbono.

Para una fermentación de 3 h a 27 °C se utiliza 1.25 % de levadura por peso de harina, mientras para 8 h a 24 °C se utiliza solo 0.45 % (Quaglia, 1991).

2.3.3.5. Azúcar

Los azúcares añadidos a la masa en forma de mejorantes son principalmente de tipo monosacárido: Dextrosa o glucosa y fructosa.

El azúcar que se añade a la masa para elaborar productos horneados, además de la función de conferir un sabor dulce y ser alimento para levaduras, tienen efecto sobre la propiedad de absorción, sobre el tiempo de desarrollo de la masa y sobre las características organolépticas del producto (Roca y Rojas, 2002).

La concentración óptima del azúcar es de 10–12 %. El alimento debe obtener sustancias nitrogenadas solubles en cantidades no mayores de 2 % como sales minerales fosfatos de potasio, magnesio y amonio (Quaglia, 1991).

2.3.3.6. Las grasas

La adición de grasa al pan supone la mejora de la calidad en el aspecto organoléptico (miga más fina y blanda), además en su durabilidad. Al añadir las grasas se forma una sutil capa entre las partículas de almidón y la red glutínica, transformando la superficie hidrófila de las proteínas en una superficie más lipófila, por consiguiente se ligan más las diferentes mallas del gluten y aumenta la capacidad de estiramiento. Las grasas confieren a la miga una estructura fina y homogénea, ya que el gluten, al poder estirarse sin romperse, retiene las burbujas

de gas evitando que se unan formando burbujas más grandes (Roca y Rojas, 2002).

La manteca es la grasa más comúnmente utilizada, bien por motivos económicos o porque confiere al producto una particular suavidad que la hace muy aceptable por el consumidor. Desde el punto de vista tecnológico, es el vínculo más adecuado para distribuir más uniformemente el emulgente en la masa. El promedio de manteca utilizada equivale al 1 % de peso de la harina, su inclusión mejora el volumen del pan, reduce la dureza y la corteza y da panes más suaves (Quaglia, 1991).

2.3.4. Fases de Panificación

Todos los procesos que se han diseñado para la fabricación de pan tienen una finalidad común muy simple; la conversión de la harina de trigo en un alimento esponjoso y apetitoso. La consecución de este objetivo se logra a través de una serie de fases comunes (Stanley *et al.*, 2002):

- La mezcla de agua y harina junto con levadura, sal y otros ingredientes particulares en proporciones adecuadas.
- El desarrollo de una estructura de gluten en la masa mediante la aplicación de energía durante la mezcla, que se conoce normalmente como amasado.
- La incorporación de burbujas de aire durante el amasado de los ingredientes.
- El desarrollo continuado de la estructura de gluten que se forma como resultado del amasado, cuya finalidad es modificar las propiedades reológicas de la masa y mejorar su capacidad de expansión cuando aumente la presión del gas al generarse dióxido de carbono durante la fermentación. Esta fase del proceso suele denominarse maduración de la masa.
- La generación o modificación de las sustancias que componen el sabor y aroma específicos de la masa.
- La subdivisión de la masa en piezas unitarias.
- La modificación preliminar de la forma de esas piezas.
- Un tiempo de reposo que pretende modificar las propiedades físicas y reológicas de las piezas.
- El conformado de las piezas para lograr las configuraciones requeridas.
- La fermentación y la expansión de las piezas conformadas durante el reposo.

- La expansión posterior de las piezas y la fijación de la estructura final durante el horneado.

2.3.4.1. Amasado

La primera fase de elaboración consiste en mezclar el agua y la harina y los demás ingredientes previstos, que varían según el tipo de elaboración y el producto. Durante el amasado la harina absorbe agua, la cantidad de agua absorbida depende diversos factores como la granulometría, la calidad y la humedad de la harina, y la presencia simultánea de otras sustancias. La gran fuerza que se ejerce sobre los componentes de la masa da lugar a una pasta sosa, liza y elástica (Quaglia, 1991).

2.3.4.2. Boleado

Tras la división, las piezas individuales, se realiza en un movimiento rotatorio sobre la mesa de trabajo para formar una pieza de forma esférica de superficie lisa excepto en un punto de su base. La acción del moldeo fuerza la masa a moverse desde el interior del cuerpo de la pieza a través de la superficie hasta su base. Esto se consigue generalmente estirando la superficie de la pieza (Scade, 1981).

2.3.4.3. Fermentado

La masa para estar en condiciones ideales para la fermentación debe tener una temperatura de 25 °C; con una humedad relativa del 75-80 %. Temperaturas más altas favorecen el crecimiento de *Bacillus mesentiricus* y como resultado un pan ahilado o filante, mientras temperaturas bajas retrasan la fermentación (Quaglia, 1991).

Esta fase consiste en que las levaduras actúen fermentando parte de los componentes del pan. Para ello, la masa se somete a una temperatura y humedad óptimas para el desarrollo de *Saccharomyces cerevisiae*. Esta temperatura oscila entre los 24 y 29 °C y la humedad es de un 75 %. Esta fermentación ocurre en una masa muy grande, en la que todavía no se han separado las porciones que formarán las barras de pan (Flores, 2004).

Existen diferentes tipos de fermentación (Stanley *et al.*, 2002):

- **Fermentación en masa o método directo**, donde lo normal es dejar reposar todo el volumen de la masa preparando tras la mezcla y el amasado y antes de la subdivisión en piezas.
- **Esponja y masa**, donde una parte de la masa se somete a un periodo de fermentación prolongado y ésta se añade luego a los restantes ingredientes para, de nuevo, mezclarlos y obtener así el volumen final de masa
- **Procesado rápido**, donde no existe, o es muy corto, el periodo de fermentación en el conjunto de la masa después del amasado y antes de subdivisión en piezas.
- **Desarrollo mecánico de la masa**, donde una función primaria del amasado es aportar la energía suficiente que facilite el desarrollo de la masa, la que después, sin retraso alguno pasa de la amasadora a la divisora.

2.3.4.4. Horneado

El horneado es un proceso muy importante, pues se somete la masa a temperaturas determinadas y durante tiempos de cocción característicos al tipo de pan. Al someter al pan a estas temperaturas, que en general suelen ser mayores de 200 °C, se matan a todas las levaduras y a todos los posibles contaminantes excepto a formas de resistencia, que pueden provocar contaminaciones a la 24-36 h. También se consigue un aumento de la masa, al expandirse el CO₂ debido al calor y un endurecimiento de la superficie. Este endurecimiento se produce por la evaporación del agua de la corteza que supone una pérdida de peso de 8-14 % de la masa (Scade, 1981).

El proceso de cocción de las piezas de masa consiste en una serie de transformaciones de tipo físico químico y biológico, permite obtener al final ciertas características organolépticas y nutritivas. La temperatura del horno y la duración de cocción varían según el tamaño y el tipo de pan la temperatura oscilan entre 220 y 275 °C, mientras que el tiempo de cocción varía según lo siguiente (Quaglia, 1991):

- 45 - 50 min para panes de 2000 g
- 30- 40 min para panes de 900 g

- 20 - 30 min para panes de 500 g
- 13 - 18 min para panes de tamaño pequeño.

a.1. Fenómenos Físicos

Tabla 9. Influencia de la temperatura sobre la masa

TEMPERATURA °C	Fenómenos que ocurren en el interior de la masa
30	Expansión del gas y producción enzimática de azúcares
40 – 50	Muerte de sacaromicetos
50 – 60	Fuerte actividad enzimática, inicio de la solubilización del almidón
60 – 80	Final de la solubilización del almidón
100	Desarrollo y producción de vapor de agua
110 – 120	Formación de dextrina en la corteza (clara y amarillenta)
130 – 140	Formación de la dextrina parda
140 – 150	Caramelización (bronceamiento de la corteza)
150 – 200	Producto crujiente y aromático (pardo oscuro)
>200	Carbonización de la pieza (masa porosa y negra)

Fuente: Quaglia, (1991).

a.2. Fenómenos Bioquímicos

A temperatura inferior a 55 °C la levadura continua activa por lo que la fermentación prosigue; solo una vez alcanzados los 65 °C la actividad de la levadura y de las enzimas cesa, y al mismo tiempo empieza la coagulación del gluten y la parcial dextrinización del almidón.

2.4. TEXTURA

La textura es la propiedad sensorial de los alimentos que es detectada por los sentidos del tacto, vista y oído, y que se manifiesta cuando el alimento sufre una deformación. También se define a la textura como el conjunto de propiedades mecánicas, geométricas y de superficie de un producto perceptibles por los mecanoreceptores, los receptores táctiles y en ciertos casos los visuales y los auditivos (Anzaldúa, 1994).

El perfil de textura no sólo se utiliza para medir la textura de un alimento sino que incluye otros parámetros como: el sabor y olor. Esta prueba requiere de 8–10 panelistas entrenados. Consiste en que los panelistas realicen un análisis descriptivo de cada uno de los componentes, determinando los más representativos hasta percibir los componentes con menor intensidad (Hernández, 2005).

Para el consumidor la textura del pan es una característica muy importante a la hora de comprarlo y la evaluación lo hace con el sentido del tacto. A través de este método empírico, el consumidor evalúa la frescura del pan. Por otro lado el texturómetro Brookfield, es un método instrumental, que permite medir la textura del pan como dureza, adaptando la prueba de compresión, la misma que muestra resultados confiables y que tienen correlación con aquellos que realiza el ser humano. Ambas mediciones indican el grado de dureza o suavidad que tiene el pan elaborado (Anzaldúa, 1994).

El texturómetro, es un equipo que registra la respuesta de un material a las condiciones mecánicas impuestas (Carga/Fuerza). El instrumento realiza un movimiento hacia debajo de compresión o tensión y la lectura consistirá en la manera en que el material vuelva a su forma original una vez que las fuerzas son quitadas del mismo (Hernández, 2005).

Durante el enfriamiento y el almacenamiento del pan, las moléculas de almidón se reasocian dando lugar a un estado más ordenado o cristalino (retrogradación). La estructura y dureza del pan durante las primeras horas después del horneado están dadas por la retrogradación de la amilosa solubilizada, lo que implica la formación de dobles hélices en varios segmentos de las cadenas (Eliasson y Larsson, 1993).

La retrogradación de la amilopeptina ocurre a una velocidad mucho menor que la de la amilosa por lo que se postula como uno de los fenómenos responsables del endurecimiento del pan durante su almacenamiento. Durante el almacenamiento, el pan pierde gradualmente su frescura, y las alteraciones más notorias incluyen la pérdida de la crujibilidad de la corteza, el aumento de la dureza y la disminución de la elasticidad de la miga, y los cambios en su aroma y sabor (Cauvain, 1998).

III.MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El presente trabajo de investigación se realizó en los siguientes lugares:

- Laboratorio de Evaluación Nutricional, Microbiología y Post Cosecha de la Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno, donde se realizó la extracción de la pectina, el análisis fisicoquímico de la pectina, el análisis químico proximal, microbiológico y textura de las muestras de pan francés.
- Universidad Nacional del Altiplano - Puno, donde se realizó la evaluación sensorial de la textura de las muestras de pan, por 20 panelistas no entrenados (Estudiantes de la Universidad).
- La Panificadora “Morenitos” - Juliaca, donde se realizó la elaboración de pan francés a diferentes concentraciones.

3.2. MATERIAL EXPERIMENTAL

3.2.1. Materia prima

Cladodios de tuna, para obtener el material de estudio (pectina) se utilizó pencas de tuna (*Opuntia ficus-indica*) de la variedad morada, cultivados en el departamento de Arequipa. Se seleccionó pencas frescas, sanas y pulposas con una edad no mayor de 2 años.

3.2.2. Insumos

Los insumos que se utilizaron en la presente investigación son:

- Harina de trigo: Humedad del 14 %, color blanco, libre de olores extraños.
- Levadura seca activa para panificación: marca FLEISCHMANN.
- Sal yodada: blanca, granulación fina, pureza por encima del 95 %.
- Azúcar blanca industrial.
- Manteca vegetal comercial.
- Agua potable.

3.3. EQUIPOS, MATERIALES Y REACTIVOS

3.3.1. Equipos

- Equipo de extracción Soxhlet (condensador - flujo enfriador, trampa matraz).
- Balanza analítica (Marca METLER TOLEDO, capacidad de 200 ± 0.01 g).
- Potenciómetro digital (VWR modelo 2000 pH/Temp. Meter +/- 0.01g).
- Estufa (Vacumm Oven, Modelo 1400E, rango 0 - 300 °C).
- Mufla (Marca Labor Muszeripari, rango 0 - 900 °C).
- Texturómetro (Brookfield, modelo CT3 4500).
- Campana de desecación (Marca PIREX).
- Selladora manual (Marca ARNO).
- Contador de colonias tipo Quebec.
- Equipo micro digestor Kjendhal.

3.3.2. Materiales

- Vaso de precipitado de 100 y 600 ml (PIREX, marca Germany).
- Balones de digestión de 50 y 100 ml (PIREX).
- Pera de decantación (PIREX).
- Probeta de 250 ml (PIREX).
- Tubos de ensayo (PIREX).
- Luna de reloj (PIREX).
- Placas Petri (PIREX).
- Pipetas de 5, 10 y 25 ml
- Bolsa de tela de tocuyo.
- Crisoles de porcelana.
- Bolsa de polietileno.
- Matraz de 250 ml
- Fiola de 50 ml

- Mortero.
- Cuchillo.

3.3.3. Reactivos para análisis químico proximal

- Hexametáfosfato de sodio al 1 %.
- Hidróxido de sodio al 0.1 N y 0.25 N.
- Ácido clorhídrico 0.25 N.
- Alcohol etílico al 96 %.
- Indicador de hinton.
- Cloruro de sodio.
- Agua destilada.
- Etanol.

3.4. METODOLOGÍA DEL PROCESO EXPERIMENTAL

3.4.1. Proceso para determinar la caracterización de la pectina

Para determinar la caracterización de la pectina obtenida de la penca de tuna, primero se procedió a extraer la pectina siguiendo cuidadosamente la secuencia de operaciones mostrado en la Figura 3. Finalmente se evalúa las características de la pectina extraída.

Descripción de operaciones

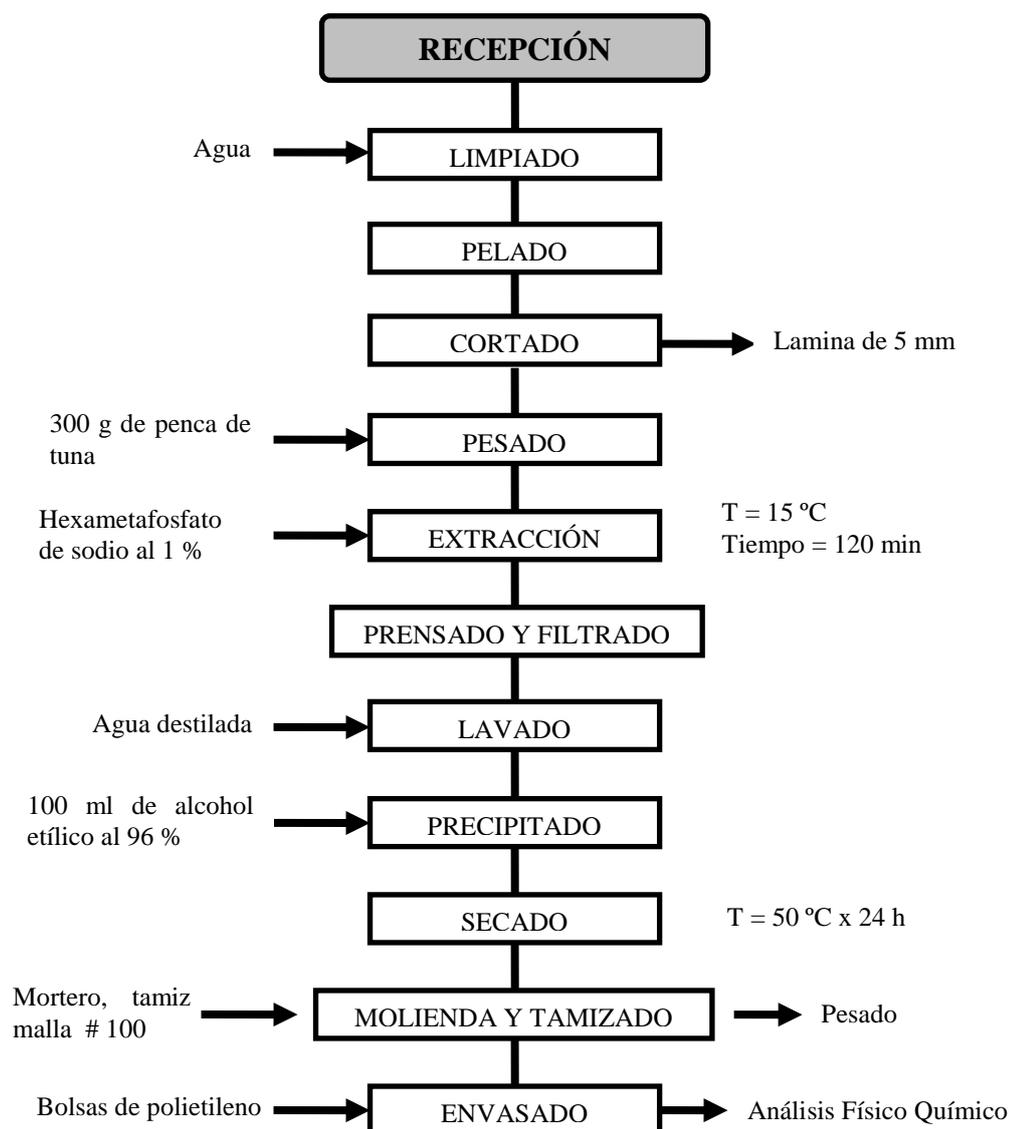
3.4.1.1. Recepción

Se recepcionó pencas frescas, sanas y pulposas.

3.4.1.2. Limpiado

Se realizó con agua potable y con ayuda de una escobilla se elimina la mayor parte de las espinillas toda partícula extraña, para así evitar contaminaciones y alteraciones en el producto final.

Figura 3 . Diagrama de flujo para la obtención de pectina a partir de la penca de tuna.



Fuente: Elaboración Propia

3.4.1.3. Pelado

Esta operación consiste en eliminar la piel de la penca de tuna; se realizó con la ayuda de cuchillos utilizando guantes quirúrgicos para su mayor higiene.

3.4.1.4. Cortado

Este proceso consiste en cortar la penca de tuna en láminas de 5 mm de espesor aproximadamente; ya que al trabajar con menor tamaño de partículas el proceso de extracción de pectina es más difícil de manejar.

3.4.1.5. Pesado

Se procedió a pesar la penca de tuna sin piel.

3.4.1.6. Extracción

Una vez pesada la muestra se procedió a colocar dentro de una bolsa de tela de tocuyo, siendo sumergida en un vaso de precipitado de 600 ml con hexametáfosfato de sodio al 1 %, a temperatura de 15 °C por un tiempo de 120 min.

3.4.1.7. Prensado y Filtrado

La muestra se sometió a un prensado manual obteniendo una masa mucilaginosa con su posterior filtrado.

3.4.1.8. Lavado

Se realizó con agua destilada a la masa mucilaginosa obtenida, el cual fluye arrastrando la mayor cantidad de residuos de hexametáfosfato de sodio.

3.4.1.9. Precipitado

Consiste en agregar 100 ml de alcohol etílico al 96 % a la masa mucilaginosa, volumen recomendado por Pagan (1998). Este proceso permite que la pectina precipite observándose claramente la separación entre el alcohol y pectina con un tiempo de reposo de 24 h.

3.4.1.10. Secado

Se realizó con la finalidad de eliminar los restos de alcohol y agua. Esta operación se realiza en una estufa a temperaturas de 50 °C por 24-48 h, obteniendo un producto seco.

3.4.1.11. Molienda y Tamizado

Consiste en colocar los trozos de pectina secos en un mortero para molerlos y luego tamizarlos en tamiz N° 100.

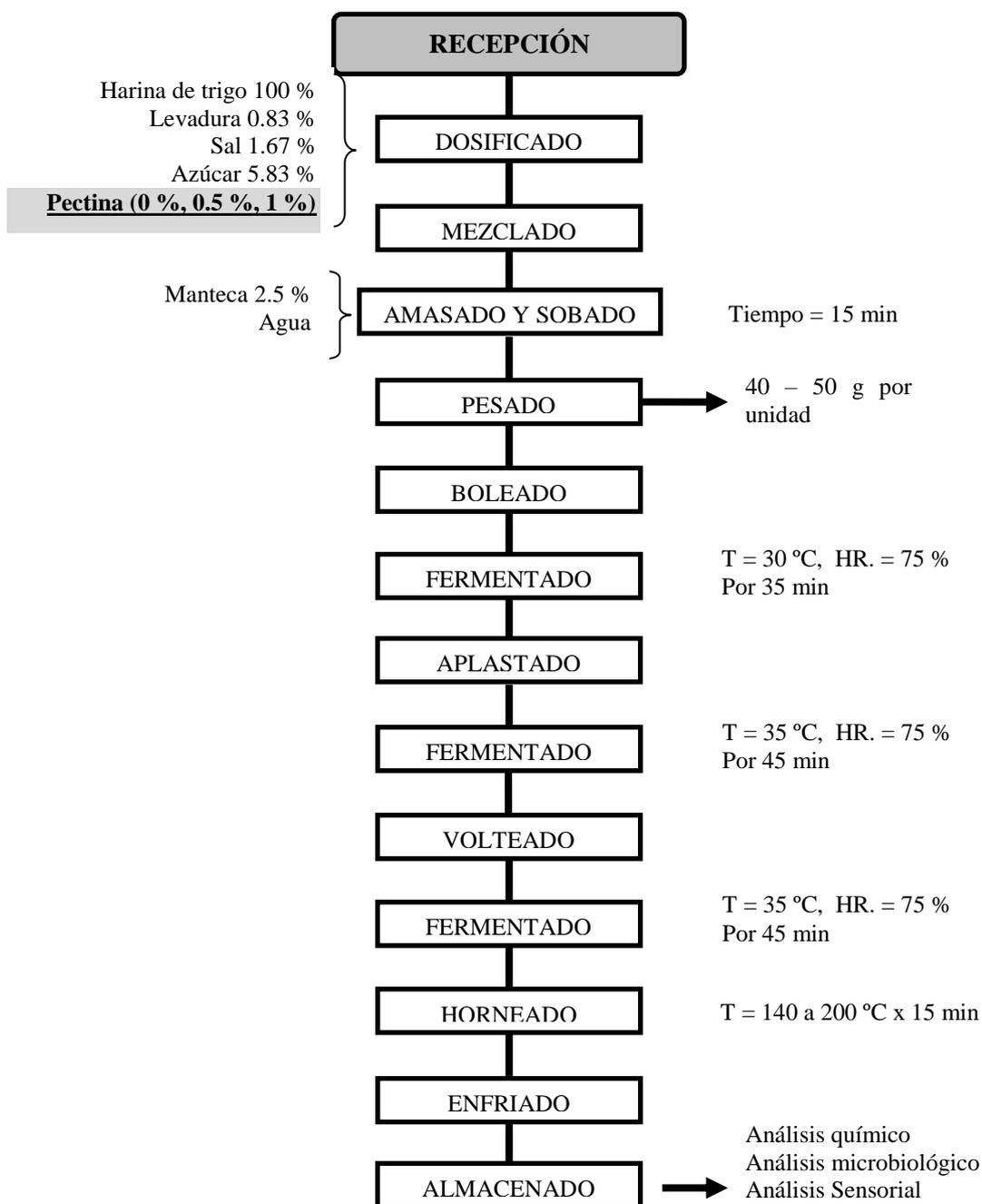
3.4.1.12. Envasado

Se envasó en bolsas de polietileno para evitar alteraciones del producto, y finalmente almacenados.

3.4.2. Proceso para determinar el efecto de la concentración de pectina en las propiedades del pan francés

Para determinar el efecto de la concentración de pectina en las propiedades químicas, microbiológicas y sensoriales del pan francés, se recurrió a la secuencia de operaciones que se detalla en la Figura 4, como sigue:

Figura 4 . Diagrama de flujo para el proceso de elaboración de pan francés.



Fuente: Elaboración Propia

Descripción de operaciones

3.4.2.1. Recepción

Se recibió la harina de trigo, pectina y demás insumos.

3.4.2.2. Dosificado

En esta etapa se pesó los ingredientes necesarios para la elaboración de panes.

3.4.2.3. Mezclado

En este proceso se mezclan todos los ingredientes.

3.4.2.4. Amasado y Sobado

En este proceso se mezcló primero a una velocidad lenta la harina, levadura y otros ingredientes secos, luego se agregan las sustancias líquidas y por último se adiciona la grasa, y se amasa a segunda velocidad. La calidad del pan depende del sobado, a un tiempo prolongado puede producirse una masa débil; y lo contrario si el tiempo de sobado es corto, la masa es poco manejable.

3.4.2.5. Pesado

En este proceso se pesó la masa de 40 – 50 g por unidad.

3.4.2.6. Boleado

Esta operación se realizó manualmente.

3.4.2.7. Fermentado

La masa elaborada es alimentada a las bandejas en forma manual, la cual luego es ingresada a la cámara fermentadora por un tiempo aproximado de 35 min por lo general de 30 a 35 °C.

3.4.2.8. Aplastado

Consiste en aplastar la masa y darle la forma al pan.

3.4.2.9. Fermentado

Esta operación consiste en dejar la masa en reposo por un tiempo aproximado de 45 minutos, y tiene como finalidad, que la masa recupere su elasticidad y aumente su volumen. La temperatura ideal es de 35 a 40 °C con HR = 75 %.

3.4.2.10. Volteado

Consiste en voltear la masa.

3.4.2.11. Fermentado

Luego de voltear la masa se dejó en reposo por un tiempo de 45 minutos, antes de colocarla al horno. La temperatura ideal es de 35 a 40 °C con HR= 75%.

3.4.2.12. Horneado

Se hornea generalmente de 140 a 200 °C dependiendo del tipo de pan por un tiempo de 15 min aproximadamente para pan francés.

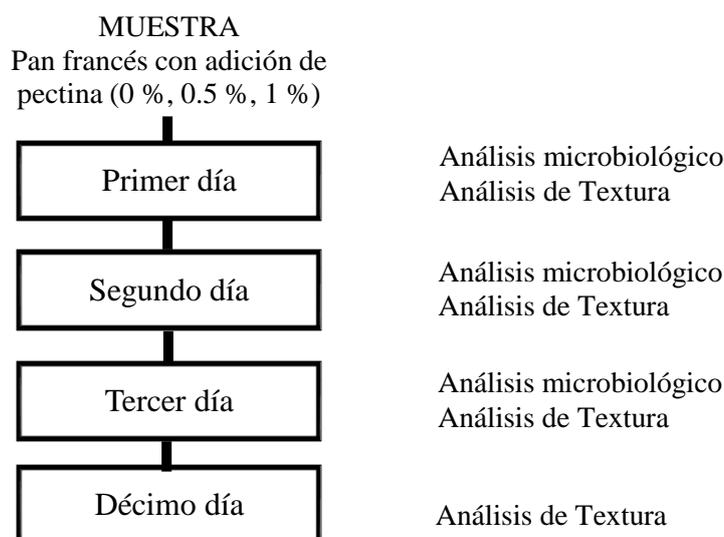
3.4.2.13. Enfriado

Luego del horneado los panes fueron transportados a la zona de enfriado, esta etapa de proceso se realiza al medio ambiente.

3.4.3. Proceso para determinar el efecto del tiempo de almacenamiento en la propiedad microbiológica y textura del pan francés

Para determinar el efecto del tiempo de almacenamiento en la propiedad microbiológica y textura del pan francés, se recurrió a la secuencia de operaciones que se detalla en la Figura 5.

Figura 5 . Proceso para determinar el efecto del tiempo de almacenamiento en el pan



Fuente: Elaboración Propia.

Descripción de operaciones

3.4.3.1. Muestra

Se utilizaron muestras elaboradas de pan francés con adición de pectina a diferentes concentraciones: C1 (Concentración 1, pan con 0 % de pectina o muestra patrón), C2 (Concentración 2, pan con 0,5 % de pectina) y C3 (Concentración 3, pan con 1 % de pectina).

3.4.3.2. Primer día

Se realizó el análisis microbiológico y el análisis de textura de las tres muestras de pan francés.

3.4.3.3. Segundo día

Se realizó el análisis microbiológico y el análisis de textura de las tres muestras de pan francés.

3.4.3.4. Tercer día

Se realizó el análisis microbiológico y el análisis de textura de las tres muestras de pan francés.

3.4.3.5. Décimo día

Del tercer día hasta el décimo día solo se realizó el análisis de textura de las tres muestras de pan francés.

3.5. UNIDADES DE ANÁLISIS Y OBSERVACIONES

3.5.1. Caracterización de la pectina

Factores de estudio

- Pectina

Variables de respuesta

- Características
 - Indicadores (pH, rendimiento, peso equivalente y grado de metóxilo)

Para lo cual las características de la pectina obtenida de la penca de tuna se comparan con las características de la pectina comercial de bajo metóxilo (Tabla 10).

Tabla 10. Características de la pectina comercial de bajo metóxilo

CARACTERÍSTICAS	PECTINA
pH	5.1
Rendimiento	1.91 %
Peso Equivalente	2113.40
Contenido de metóxilo	3.08 %

Fuente: Gamarra y Valencia, (2006).

3.5.2. Obtención y determinación del efecto de la concentración de pectina en las propiedades del pan francés

Factores de estudio

➤ Concentración de pectina (C)

- C1 = 0 %
- C2 = 0.5 %
- C3 = 1.0 %

Variables de respuesta

➤ Contenido químico proximal

- Indicadores % (Humedad, ceniza, proteína, grasa, fibra carbohidratos)

➤ Contenido microbiológico

- Indicadores ufc/g (Mohos y levaduras, salmonella)

➤ Calidad Sensorial

- Indicadores (Análisis sensorial)

Para lo cual los resultados del análisis microbiológico se comparan con los requisitos microbiológicos exigidos por el MINSA (Tabla 11).

Tabla 11. Requisitos microbiológicos exigidos para productos de panificación, galletería y pastelería.

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	n	c	m	M
1. N. Mohos y levaduras (ufc/g)	5	2	10 ²	10 ³
2. Escherichiacoli (ufc/g)	5	1	3	20
3. Staphylococcus aureus (ufc/g)	5	1	10	10 ²
4. Salmonella (ufc/g)	5	0	Ausencia/25g	-----

Dónde: ufc = Unidades formadoras de colonia.

n = Número de unidades de muestra que deben ser examinadas.

m = Límite inferior aceptable.

M = Límite superior aceptable.

C = Número máximo permitido de unidades de muestra defectuosas cuando se encuentra en cantidades mayores a este número el lote es rechazado.

3.5.3. Obtención y determinación del efecto del tiempo de almacenamiento en las propiedades del pan francés

Factores de estudio

- Tiempo de almacenamiento (D)
 - D1 = Primer día
 - D2 = Segundo día
 - D3 = Tercer día

Variables de respuesta

- Contenido microbiológico
 - Indicadores ufc/g (Mohos y levaduras)
- Textura
 - Indicadores mJ (Dureza)

3.6. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.6.1. Caracterización de la pectina

La finalidad de esta primera parte fue determinar las características de la pectina obtenida de los cladodios de tuna, para lo cual se realizaron los siguientes análisis:

3.6.1.1. Determinación de pH (FAO citado por Lozada, 1998)

Se determinó por el método potenciométrico, donde se añade un determinado volumen de la muestra en un vaso de precipitación. Efectuar la lectura en la escala correspondiente.

3.6.1.2. Determinación de Rendimiento

Se realiza pesando la cantidad de pectina seca obtenida a partir de una cantidad determinada de penca de tuna fresca, calculando el rendimiento según la fórmula:

$$R = \frac{P_f}{P_i} \times 100$$

Donde: R = Rendimiento de pectina en relación de la penca de tuna (%)

P_f= Peso de la pectina obtenida a partir de la penca de tuna.

P_i= Peso de la penca de tuna fresca.

3.6.1.3. Determinación de Peso Equivalente (FAO citado por Lozada, 1998)

Se realizó pesando 0.5 g de sustancia péctica en un matraz con tapa de 250 ml Humedecer con 5 ml de etanol. Añadir 1 g de cloruro de sodio para hacer más notorio el final. Añadir 100 ml de agua destilada libre de dióxido de carbono y 6 gotas de fenol o indicador de hinton. Asegurarse que toda sustancia péctica haya disuelto y que no se retengan grumos en las paredes del frasco. Titular lentamente con NaOH 0.1 N hasta que el color del indicador cambie (pH = 7.5), el cambio de color debe persistir por al menos 30 s.

$$\text{peso equivalente} = \frac{\text{peso de la muestra}}{\text{ml. de alcali} \times \text{normalidad de alcali}}$$

3.6.1.4. Determinación de Grado de Metoxilación

Se realizó agregando a la solución empleada para la determinación del peso equivalente 25 ml de solución hidróxido de sodio a 0.1 N, agitar perfectamente, tapar el Erlenmeyer y dejar en reposo por 30 min a temperatura ambiente. Agregar 25 ml de la disolución de ácido clorhídrico 0.25 N o la cantidad equivalente de ácido para neutralizar la soda adicionada. Agitar perfectamente y titular con solución de hidróxido de sodio 0.1 N, tomando como punto final de la titulación color rojizo permanente por 20 s. Se usa la siguiente fórmula:

$$\% \text{ metoxilo} = \frac{\text{meq. NaOH} \times \text{PM de metoxilo}}{\text{peso de la muestra en mg}} \times 100$$

3.6.2. Obtención y determinación del efecto de la concentración de pectina en las propiedades del pan francés

Con la finalidad de determinar el efecto de la concentración de pectina en las propiedades químicas, microbiológicas y sensoriales, se procedió a elaborar pan francés a diferentes concentraciones de pectina (0 %, 0.5 % y 1.0 %), siguiendo la formulación presentada en el Anexo 1. Luego se realizó los siguientes análisis:

3.6.2.1. Determinación del efecto de la concentración de pectina en las propiedades químicas del pan francés

3.6.2.1.1. Determinación de Humedad (AOAC, 1990)

Se realizó por desecación en estufa a 65 °C de una muestra de 5 g, hasta lograr peso constante durante 24 h, la determinación de humedad se hizo por diferencia de peso entre el peso inicial y el peso final obteniéndose en forma directa el porcentaje de humedad (AOAC, 1990).

$$\% \text{ Humedad} = \frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{g de muestra}} \times 100$$

3.6.2.1.2. Determinación de Proteína Total (AOAC, 1990)

Se determinó por el método semi microKjeldahl, usando el factor 6.25 para convertir el nitrógeno a proteína total. El procedimiento comprende tres etapas: digestión, destilación y titulación. Se pesó 0.1 g de muestra seca, se llevó a un balón Kjeldahl, se agregó 2.5 ml de Ácido sulfúrico y se colocó en una cocina de digestión hasta que quede cristalizado. A la muestra digerida se agregó NaOH, e inmediatamente se conectó a vapor para que se produzca la destilación, se conecta el sistema de condensación y se recibe el destilado en el Erlenmeyer conteniendo solución de ácido bórico con contenido de indicadores de pH; la destilación terminó cuando hay un viraje de color. Luego se procedió con la titulación con HCl. Se tomó registro del gasto del ácido y se procedió a realizar los cálculos con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ N} = \frac{\text{ml HCl} * \text{normalidad} * \text{Meq N}_2}{\text{g de muestra}} * 100$$

$$\% \text{ Proteina} = \% \text{ N} \times \text{F}$$

$$\text{F} = \text{Factor de conversión (6.25)}$$

3.6.2.1.3. Determinación de Grasa (AOAC, 1990)

Se determinó mediante el método de Soxhlet, para lo cual se pesó 2 g de muestra seca, se empaquetó en un papel filtro Whatman N° 2 se colocó el paquete en el cuerpo del aparato Soxhlet, tarado y libre de humedad (registrando el peso) y luego se agregó el hexano. Seguidamente se conectó a la fuente de calor, al calentarse se evapora el hexano y asciende a la parte superior, allí se condensa por condensación y cae sobre la muestra, regresando al balón por sifón. Se evapora el hexano remanente en el balón en una estufa a 60 °C y se enfría en una campana. Para calcular el porcentaje de grasa se utilizó la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Grasa} = \frac{(\text{peso de balón + grasa}) - (\text{peso de balón vacío})}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

3.6.2.1.4. Determinación de Cenizas (AOAC, 1990)

Se determinó calcinando 2 g de muestra seca en una mufla a una temperatura de 650 °C, para lo cual la muestra se pesó en un crisol previamente tarado y deshumedecido. La calcinación se realizó en la mufla durante 4 h hasta obtener un peso constante, pasado 30 min de calcinación se retira el crisol de la mufla dejándose enfriar, con un disgregador se rompe las partículas incineradas en forma uniforme y se introduce nuevamente a la mufla para culminar la calcinación. Transcurrido el tiempo se retira el crisol de la mufla y se dejó enfriar a temperatura ambiente, se colocó en un desecador y se procedió a pesar. El porcentaje de cenizas se determinó con la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Ceniza} = \frac{\text{Peso del crisol con muestra} - \text{peso de crisol vacío}}{\text{peso de la muestra}} \times 100$$

3.6.2.1.5. Determinación de Fibra Cruda (AOAC, 1990)

Se determinó mediante los siguientes pasos:

Digestión acida

Se pesó 3 g de muestra (exenta de grasa) en un vaso de 500 ml, la muestra con 200 ml de solución de H₂SO₃ se puso a ebullición por 30 min. Transcurrido el tiempo se filtró la solución y se lavó con agua destilada caliente hasta neutralizar la acidez.

Digestión alcalina

Se añadió 200 ml de solución NaOH al 1.25 % y se puso en ebullición por 30 min. A continuación se filtró al vacío en una capsula de cerámica porosa, lavando con agua destilada caliente, a continuación se secó en estufa por 2 h y se procedió a pesar (P1). Finalmente se dispuso en mufla para calcinar la materia orgánica obteniendo la ceniza y registrando el peso (P2). Para calcular el contenido de fibra se utilizó la siguiente relación:

$$\% \text{ Fibra Cruda} = \frac{P1 - P2}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

3.6.2.1.6. Determinación de Carbohidratos Totales (Collazos *et al.*, 1993)

Se calculó por diferencia, después de determinar humedad, ceniza, fibra, grasay proteína, con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ carbohidratos} = 100 \% - \% (\text{humedad} + \text{proteina} + \text{grasa} + \text{ceniza} + \text{fibra})$$

Los resultados obtenidos fueron registrados en la Tabla 13 para cada concentración.

3.6.2.2. Determinación del efecto de la concentración de pectina en las propiedades microbiológicas del pan francés

La calidad microbiológica del pan se evaluó mediante la presencia de mohos y levaduras, salmonellas. Se pesa 10 g de muestra de pan, los cuales fueron diluidos en 90 ml de una solución salina de peptona SSP al 25 %, posteriormente a partir de esta muestra se procedió a hacer las diluciones. Se adiciona agar en cada placa de 15-20 ml a 40-45 °C, finalmente se incubó a 37 °C. Transcurrida las 24 h, la cuantificación se realiza contando el número de unidades formadoras de colonias por gramo (ufc/g) con la ayuda de un contador de colonias tipo Quebec.

3.6.2.3. Determinación del efecto de la concentración de pectina en la calidad sensorial del pan francés

La evaluación sensorial se trabajó con 20 jueces no entrenados (Estudiantes de la Universidad Nacional del Altiplano), donde a los jueces se les presenta las muestras de pan en un orden establecido; se pide degustar y se registra sus respuestas, de acuerdo a la ficha de grado de aceptabilidad de la textura (Anexo 7), indicándoles una breve definición. Por otro lado se contabilizaron datos, calcularon respuestas promedio y se ejecutó el análisis de varianza.

3.6.3. Obtención y determinación del efecto del tiempo de almacenamiento en las propiedades del pan francés

Con la finalidad de determinar el efecto del tiempo de almacenamiento en las propiedades microbiológicas y en la textura del pan francés, se procedió a almacenar las muestras por un periodo de 3 días a temperatura ambiente, fueron analizados cada día (en el caso de la textura se almacenó en bolsa de polietileno y se analizó por un periodo de 10 días). Se realizó los siguientes análisis:

3.6.3.1. Recuento de Mohos y Levaduras (ICMSF, 2000)

Se realiza mediante diluciones sucesivas y siembra en placas en superficie, incubado a temperatura de 37 °C por 24-48 h. Posteriormente se procedió a realizar el recuento estándar de placas (REP). Las muestras de pan francés son analizadas durante 3 días.

3.6.3.2. Determinación de Textura (AACC, 1988)

Para determinar la Textura de las muestras de pan se evaluó con la ayuda de un texturómetro, de acuerdo al grado de dureza o trabajo de dureza. La prueba se realizó con una sonda cilíndrica y posteriormente se configura el test, en modo normal a una velocidad de ensayo de 1 mm/s, una distancia de 3 mm, se trabajó con cargas de 100 y 500 g. Los registros se hicieron en mJ Anexo 4a, estos datos fueron ordenados de acuerdo a las gráficas de dureza tal como se muestra en el Anexo 4b y registrados en el Anexo 4c.

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para el análisis estadístico se utilizó el paquete estadístico con el que se realizó el análisis de varianza ANOVA de los efectos de C (Concentración) y D (Tiempo de almacenamiento). Para las concentraciones significativas se aplicó la prueba de Tukey seleccionando la concentración ubicado en el primer rango estadístico.

Para la determinación del efecto de la concentración de pectina en las propiedades químicas del pan francés, se utilizó el DCA (diseño completamente al azar) con tres repeticiones.

$$Y_{ij} = \mu + \alpha_i + \varepsilon_{ij} \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

Y_{ij} = Variable de respuesta.

μ = Es el efecto de la media general o constante común.

α_i = Es el efecto del i-ésimo concentración.

ε_{ij} = Error experimental.

Para el análisis del efecto de la concentración de la pectina en las propiedades sensoriales del pan francés y el efecto del tiempo de almacenamiento en las propiedades microbiológicas y de textura se empleó el DBCA (diseño de bloques completos al azar), cuyo modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \varepsilon_{ij} \quad \text{Ecuación 2}$$

Dónde:

Y_{ij} = Valor esperado.

μ = Es el efecto de la media general o constante común.

τ_i = Es el efecto de la concentración (panes).

β_j = Es el efecto del bloque (jueces y días de almacenamiento).

ε_{ij} = Error experimental.

IV.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. CARACTERIZACIÓN DE LA PECTINA

En la Tabla 12 se muestra los resultados del análisis de la pectina obtenida a partir de la penca de tuna en comparación con una pectina comercial de bajo metóxilo, en donde se observa que:

El valor obtenido de pH fue 4.5, siendo este valor inferior en relación al valor reportado por Aza y Méndez (2011) que fue 5.1.

El valor obtenido del rendimiento de pectina en relación de la penca de tuna fue de 1.42 %, siendo este valor casi próximo al comparado con Villareal *et al.* (1998) citado por Meléndez(2002), Gamarra y Valencia (2006), quienes reportan 1.91 %. Este valor también se encuentra dentro del rango 1.28 – 3.12 % comparado con Mella *et al.* (1988) citado por Socolich (1990).

El contenido de peso equivalente de la pectina obtenida fue 1131.22 siendo este valor menor al comparado con Gamarra y Valencia (2006), quien reporta 2113,40. Según estos resultados es posible inferir que el nivel de grupos carboxilos libres en la pectina obtenida es relativamente alto o que su peso molecular promedio es relativamente bajo.

En cuanto al contenido de metóxilo de la pectina obtenida, reporta un valor de 3.67 % similar al de la pectina comercial que fue 3.08 % lo cual indicaría que es una pectina de bajo metóxilo ya que según Lozada (1998), las pectinas de bajo metóxilo se encuentran entre los rangos de 3 a 5 % del contenido de metóxilo.

Tabla 12 . Características de la pectina obtenida a partir de la penca de tuna

ANÁLISIS	PECTINA
pH (sol. 50 %)	4.5
Rendimiento	1.42 %
Peso equivalente	1131.22
Contenido de metóxilo	3.67 %

4.2. OBTENCIÓN Y DETERMINACIÓN DEL EFECTO DE LA CONCENTRACIÓN DE PECTINA EN LAS PROPIEDADES DEL PAN FRANCÉS

Los resultados del efecto de las concentraciones de pectina en las propiedades del pan francés fueron los siguientes:

4.2.1. Determinación del efecto de la concentración de pectina en las propiedades químicas del pan francés

Los resultados de la composición químico proximal de las muestras del pan francés con sus respectivas desviaciones estándar y con letras iguales que indican que no existe diferencia significativa al $P < 0.05$ se presenta en la Tabla 13 calculados de acuerdo al reporte emitido por el Laboratorio de Evaluación Nutricional (Anexo 9).

A continuación se realizó un análisis de varianza de una sola vía (ANOVA) al 95 % de confianza y para las concentraciones significativas se realiza una comparación múltiple de medias (Tukey) al 95 % de confianza para determinar las concentraciones que son diferentes unos de otros.

Tabla 13 . Composición químico proximal de las muestras de pan francés

COMPONENTES	C 1 (0 %)	C 2 (0.5 %)	C 3 (1 %)
Humedad	23.03±1.34 ^a	25.72±2.16 ^a	24.10±0.81 ^a
Proteína	9.91±0.17 ^b	9.57±0.36 ^b	9.95±0.19 ^b
Grasa	1.65±0.37 ^c	2.40±0.68 ^c	1.80±0.30 ^c
Ceniza	0.74±0.14 ^d	0.46±0.29 ^d	0.77±0.16 ^d
Fibra	0.67±0.04 ^e	0.57±0.07 ^e	0.59±0.34 ^e
Carbohidratos	64.00±0.61 ^f	61.28±0.17 ^f	62.79±2.40 ^f

C1 = Pan al 0 % de pectina (muestra patrón), C2 = Pan al 0.5 % de pectina, C3 = Pan al 1.0 % de pectina

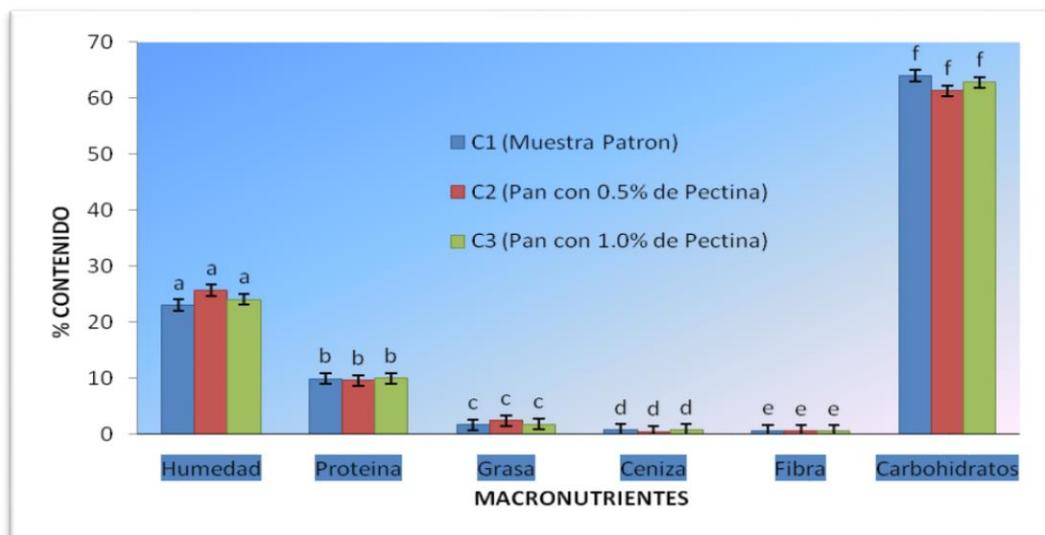


Figura 6 . Composición químico proximal de las muestras de pan francés a diferentes concentraciones de pectina.

4.2.1.1. Humedad

Realizando una comparación del contenido de humedad de la muestra patrón C1 23.03 % de la Tabla 13 con los valores reportados por CENAN (2009), quien indica un valor de 23-35 % la cual está dentro del rango de humedad.

Al analizar el contenido de humedad de las muestras sometidas a diferentes concentraciones de pectina con el control ANOVA, la Tabla 14 indica que no existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los valores de humedad registrados para cada uno de las concentraciones, con un nivel de confianza de 95 %, es decir que no existe una diferencia estadística entre las medias del contenido de humedad de las concentraciones a un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 14: Tabla ANOVA al 95 % para humedad

F. de V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	P
Concentraciones	2	11.01	5.50	2.32	0.179 ^{ns}
Error	6	14.23	2.37		
Total	8	25.24			

^{ns} Al nivel de 0.05, las medias son significativamente iguales

CV = 6.34 %

El contenido de humedad en las muestras C2 (25.72 %) fueron ligeramente superiores que los de la muestra C3 (24.10 %) y que no varían ampliamente del contenido de humedad de la muestra patrón (23.03 %) estos resultados se atribuyen a la migración de agua libre de la miga del pan hacia la corteza. Estos resultados están sustentados por diferentes estudios (Guarda *et al.*, 2004; Ribotta *et al.*, 2004; Torres, 2008) donde se ha demostrado que la adición de hidrocoloides al pan da lugar a la obtención de panes con mayor contenido de humedad, respecto a la muestra testigo. Se sabe que los hidrocoloides ayudan a retener el agua, retardando así el envejecimiento de este alimento.

4.2.1.2. Proteína

Realizando una comparación del contenido proteico de la muestra patrón C1 9.91 a 10.08 % de la Tabla 13 con los valores reportados por CENAN (2009), quien indica un valor de 8.4 % la cual es menor a los resultados de la presente investigación (Anexo 6), también se puede ver que el valor expresado por Repo (1998), valor de 9.0 % es ligeramente inferior, considerándose por tanto como una óptima fuente de proteínas.

Al analizar el contenido proteico de las muestras sometidas a diferentes concentraciones de pectina con el control ANOVA, en la Tabla 15 se evidencia una diferencia no significativa ($P < 0.05$) entre los valores de proteína registrados por cada uno de las concentraciones, con un nivel de confianza de 95 %, es decir que no existe una diferencia estadística de las medias del contenido proteico entre las concentraciones a un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 15: Tabla ANOVA al 95 % para proteína

F. de V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	P
Concentraciones	2	0.2616	0.1308	2.02	0.214 ^{ns}
Error	6	0.3892	0.0649		
Total	8	0.6508			

^{ns} Al nivel de 0.05, las medias son significativamente iguales

CV = 2.59 %

El contenido proteico en las muestras C2 (9.57 %) fueron ligeramente inferiores que C3 (9.95 %) y que no varían ampliamente del contenido proteico de la muestra patrón C1 (9.91 %).

4.2.1.3. Grasa

Realizando una comparación del contenido de grasa de la muestra patrón C1 1.65 % de la Tabla 13 con los valores reportados por CENAN (2009), quien indica un valor de 0.2 % la cual es ligeramente inferior a los resultados de la presente investigación.

Al analizar el contenido de grasa de las muestras sometidas a diferentes concentraciones de pectina con el control ANOVA, la Tabla 16 indica que no existe diferencia significativa ($P < 0.05$) entre los valores de grasa registrados para cada uno de las concentraciones, con un nivel de confianza de 95 %, es decir que no existe una diferencia estadística entre las medias del contenido graso de las concentraciones a un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 16: Tabla ANOVA al 95 % para grasa

F. de V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	P
Concentraciones	2	0.948	0.474	22.91	0.002 ^{ns}
Error	6	0.124	0.021		
Total	8	1.072			

^{ns} Al nivel de 0.05, las medias son significativamente iguales

CV = 7.43 %

El contenido graso en las muestras C2 (2.40 %) fueron ligeramente superiores que los de la muestra C3 (1.80 %) y que no varían ampliamente del contenido graso de la muestra patrón C1 (1.65 %) estos resultado se atribuye a la poca solubilidad de la grasa durante el proceso de horneado.

4.2.1.4. Ceniza

Realizando una comparación del contenido de ceniza de la muestra patrón C1 0.67 % de la Tabla 13 con los valores reportados por CENAN (2009), quien indica

un valor de 1.5 % la cual es ligeramente mayor a los resultados de la presente investigación.

Al analizar el contenido de ceniza de las muestras sometidas a diferentes concentraciones de pectina con el control ANOVA, la Tabla 17 indica que no existe diferencia estadística altamente significativa ($P < 0.05$) entre los valores de ceniza registrados para cada uno de las concentraciones, con un nivel de confianza de 95 %, es decir que no existe una diferencia estadística entre las medias del contenido de ceniza de las concentraciones a un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 17: Tabla ANOVA al 95 % para ceniza

F. de V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	P
Concentraciones	2	0.1754	0.0877	32.48	0.001 ^{ns}
Error	6	0.0162	0.0027		
Total	8	0.1916			

^{ns} Al nivel de 0.05, las medias son significativamente iguales

CV = 7.91 %

El contenido de cenizas en las muestras C3 (0.77 %) fueron ligeramente superiores que para la muestra C2 (0.46 %) y que no varían ampliamente del contenido de ceniza de la muestra patrón C1 (0.67 %).

4.2.1.5. Fibra

Al realizar una comparación del contenido de fibra de la muestra patrón C1 0.67 % de la Tabla 13 con los valores reportados por CENAN (2009), quien indica un valor de 0.6 %, la cual es parecido a los resultados de la presente investigación.

Al analizar el contenido de fibra de las muestras sometidas a diferentes concentraciones de pectina con el control ANOVA, la Tabla 18 indica que no existe diferencia estadística altamente significativa ($P < 0.05$) entre los valores del contenido medio de fibra registrados para cada una de las concentraciones, con un nivel de confianza de 95 %, es decir que no existe una diferencia estadística entre las medias del contenido de fibra de las concentraciones a un nivel de confianza del 95 %.

Tabla 18: Tabla ANOVA al 95 % para fibra

F. de V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	P
Concentraciones	2	0.0168	0.0084	3.65	0.092 ^{ns}
Error	6	0.0138	0.0023		
Total	8	0.0306			

^{ns} Al nivel de 0.05, las medias son significativamente iguales

$$CV = 7.86 \%$$

El contenido de fibra en la muestra patrón C1 (0.67 %) fueron ligeramente superiores que para la muestra C2 (0.57 %) y que no varían ampliamente del contenido de fibra de la muestra C3 (0.59 %).

4.2.1.6. Carbohidratos

Al realizar una comparación del contenido de carbohidratos de la muestra patrón C1 64 % de la Tabla 13 con los valores reportados por CENAN (2009), quien indica un valor de 60.5 a 62.9 %, la cual es ligeramente superior. También se puede ver que el valor expresado por Repo (1998), 58 % es superior, considerándose por tanto al pan francés como una óptima fuente de calorías.

Efectuando el análisis del contenido de carbohidratos de las muestras sometidas a diferentes concentraciones de pectina con el control ANOVA, la Tabla 19 indica que no existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre los valores del contenido de carbohidratos registrados para cada uno de las concentraciones, con un nivel de confianza de 95 %, es decir que no existe una diferencia estadística entre las medias del contenido de carbohidratos de las concentraciones a un nivel de confianza del 95 %.

El contenido de carbohidratos en la muestra patrón C1 (64 %) fueron superiores que la muestra C2 (61.28 %) y que no varían ampliamente del contenido de carbohidratos de la muestra C3 (62,79 %).

Tabla 19: Tabla ANOVA al 95 % para carbohidratos

F. de V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	Fc	P
Concentraciones	2	11.14	5.57	2.71	0.145 ^{ns}
Error	6	12.32	2.05		
Total	8	23.46			

^{ns} Al nivel de 0.05, las medias son significativamente iguales

$$CV = 2.28 \%$$

4.2.2. Determinación del efecto de la concentración de pectina en las propiedades microbiológicas del pan francés

Las unidades formadoras de colonias obtenidas en el experimento se realizaron mediante la técnica de recuento de placas, por ser un método sencillo y preciso ampliamente usado. En la Tabla 20 se reportan los resultados del análisis microbiológico de las muestras del pan francés, se observa que muestran valores inferiores al límite máximo permitido según los requisitos exigidos por el MINSA (2010). Siendo un indicativo de haber aplicado buenas prácticas de manufactura durante el proceso de elaboración del pan.

Tabla 20 : Análisis microbiológico de las muestras de pan francés

REQUISITOS	RESULTADOS		
	C1 (0 %)	C2 (0.5 %)	C3 (1 %)
Mohos (ufc/g)	Negativo	Negativo	Negativo
Levaduras (ufc/g)	310	660	350
Salmonella (ufc/g)	Negativo	Negativo	Negativo

C1 = Pan al 0% de pectina (muestra patrón), C2 = Pan al 0.5% de pectina, C3 = Pan al 1.0% de pectina

4.2.3. Determinación del efecto de la concentración de pectina en la localización sensorial del pan francés

En la valoración de la calidad sensorial de los alimentos interviene de manera fundamental la noción subjetiva que los consumidores poseen, lo cual determina que puedan ser utilizados como instrumentos de evaluación; en otro ámbito para analizar las características sensoriales de un alimento, la aceptabilidad se ha

entendido como la valoración que el consumidor realiza atendiendo a su propia escala interna de apreciación y al conjunto de experiencias que haya tenido.

Los panes elaborados están calificados por una textura de “me disgusta mucho” a “me gusta mucho” conforme al resultado del Anexo 2a. Efectuando el análisis de los datos de textura de las muestras sometidas a diferentes concentraciones de pectina con el control ANOVA, la Tabla 21 indica que existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre los panes, con un nivel de confianza de 95 %, es decir que existe una diferencia estadística entre las medias de las concentraciones a un nivel de confianza del 95 % (Anexo 5), por tanto podemos decir que los panelistas si notaron diferencia en la textura de los distintos panes.

Tabla 21 : Tabla ANOVA al 95 % para Textura del pan

F. de V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P
Concentraciones	2	27.2333	13.6167	126.20	0.000**
Panelistas	19	3.6500	0.1921	1.78	0.064 ^{ns}
Error	38	4.1000	0.1079		
Total	59	34.9833			

** Al nivel de 0.05, las medias son significativamente diferentes

^{ns} Al nivel de 0.05, las medias son significativamente iguales

CV = 8.60 %

La prueba de Tukey ($P < 0.05$) para determinar las medias que son significativamente diferentes unos de otros de la Tabla 22, indica, que la media de la concentración C3 es mayor y significativamente diferente a la media de las concentraciones C2 y C1, siendo la muestra patrón C1 la que posee menor media 2.9 y la muestra C3 con mayor media 4.5.

Tabla 22 : Prueba de Tukey al 95 % para Textura del pan

Concentraciones	N° Obs.	Media	Grupos Homogéneos
C3 (1 %)	20	4.5	a
C2 (0.5 %)	20	4.0	b
C1 (0 %)	20	2.9	c

C1 = Pan al 0% de pectina (muestra patrón), C2 = Pan al 0.5% de pectina, C3 = Pan al 1% de pectina

La textura juega un papel importante en la aceptación global de un producto, debido a que los consumidores esperan en ciertos productos una determinada textura; si el producto no cumple estas expectativas puede experimentarse una decepción (Carpenter *et al.*, 2002). Por lo citado anteriormente en este estudio, se enfatiza la textura, porque se considera, uno de los criterios importantes utilizados por los consumidores para evaluar la frescura y calidad de los alimentos. Estos resultados están sustentados por diferentes estudios (Rojas *et al.*, 2000) donde se ha demostrado que la adición de HPMC mejora la calidad sensorial del pan en la textura de la miga y en su sabor.

4.3. OBTENCIÓN Y DETERMINACIÓN DEL EFECTO DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO EN LAS PROPIEDADES DEL PAN FRANCÉS

4.3.1. Determinación del efecto del tiempo de almacenamiento en las propiedades microbiológicas del pan francés

En la Tabla 23 se reporta los resultados del análisis microbiológico (recuento de mohos y levaduras) de las muestras del pan francés, de acuerdo al reporte emitido por el Laboratorio de Microbiología (Anexo 8). Se observa que al transcurrir los días muestran valores superiores al límite máximo permitido según los requisitos exigidos por el MINSA 2010.

Tabla 23 : Análisis microbiológico de las muestras de pan francés almacenado

ALMACENAMIENTO	VALOR OBTENIDO (ufc/g)		
	C1 (0 %)	C2(0.5 %)	C3(1 %)
Primer día	3.1x10 ⁴	6.6x10 ⁴	3.5x10 ⁴
Segundo día	2.0x10 ⁴	9.0x10 ⁴	7.0x10 ⁴
Tercer día	8.2x10 ⁵	6.7x10 ⁵	8.2x10 ⁵

C1=Pan al 0% de pectina (muestra patrón), C2=Pan al 0.5% de pectina, C3=Pan al 1% de pectina

Las unidades formadoras de colonias obtenidas en esta investigación se realizaron mediante la técnica de recuento en placa, siendo las unidades de medición ufc/g. Efectuando el análisis de las muestras sometidas a diferentes concentraciones de pectina con el control ANOVA, en la Tabla 24 indica que no

existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre las concentraciones del recuento de microorganismos registrados para cada uno de las concentraciones, con un nivel de confianza de 95 %, es decir que no existe una diferencia estadística entre las medias de las ufc/g del recuento de microorganismos de las concentraciones a un nivel de confianza del 95 %. Sin embargo se puede ver que si existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre las ufc/g del recuento de microorganismos registrados para cada tiempo de almacenamiento según Anexo 4, con un nivel de confianza de 95 %,

Tabla 24 : Tabla ANOVA al 95 % para análisis microbiológico del pan

F. de V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P
Concentraciones	2	1.63800E+09	8.19000E+08	0.20	0.829 ^{ns}
Almacenamiento	2	1.03143E+12	5.15716E+11	123.55	0.000 ^{**}
Error	4	1.66960E+10	4.17400E+09		
Total	8	1.04977E+12			

^{**} Al nivel de 0.05, las medias son significativamente diferentes

^{ns} Al nivel de 0.05, las medias son significativamente iguales

La prueba de Tukey ($P < 0.05$) para determinar las medias que son significativamente diferentes unos de otros, de la Tabla 25 indica que la media del tercer día es mayor y significativamente diferente a la media del primer y segundo día, siendo el primer día la que posee menor media 44000 y el tercer día con mayor media 770000.

Tabla 25 : Prueba de Tukey al 95 % para análisis microbiológico del pan

Almacenamiento	N° Obs.	Media	Grupos Homogéneos
D3	3	770000	a
D2	3	60000	b
D1	3	44000	b

D1 = Primer día, D2 = Segundo día, D3 = Tercer día

En el Anexo 4 se muestra el crecimiento microbiológico de mohos y levaduras, que se generan en el transcurso de los días de almacenamiento del pan francés. Se evidenció que el tercer día existe un mayor crecimiento de microorganismos a

diferencia de los dos primeros días corroborado por la Tabla 25 y que la muestra C2 contiene menor cantidad de microorganismos a diferencia de las muestras C1 y C3.

4.3.2. Determinación del efecto del tiempo de almacenamiento en la Textura del pan francés

En el Anexo 3c se reporta los resultados de los valores texturales “Dureza” de las muestras del pan francés. Se aplicó el diseño de bloques completo al azar, en el cual se tiene un total de 30 respuestas experimentales, a continuación se realiza el análisis de estadístico de varianza mediante el cual se consiguió discriminar las mejores concentraciones.

Efectuando el análisis de los datos de textura “Dureza” de las muestras sometidas a diferentes concentraciones de pectina con el control ANOVA, la Tabla 26 indica que existe diferencia estadística significativa ($P < 0.05$) entre las concentraciones, con un nivel de confianza de 95 %, es decir que existe una diferencia estadística entre las medias de las concentraciones a un nivel de confianza del 95 % según Anexo 5.

Tabla 26 : Tabla ANOVA al 95 % para Textura “Dureza” del pan

F. de V.	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F	P
Concentraciones	2	16.8000	8.4000	47.25	0.000**
Almacenamiento	9	0.0000	0.0000	0.00	1.000 ^{ns}
Error	18	3.2000	0.1778		
Total	29	20.0000			

** Al nivel de 0.05, las medias son significativamente diferentes

^{ns} Al nivel de 0.05, las medias son significativamente iguales

La prueba de Tukey de la Tabla 27 muestra, que la concentración C3, difiere de las concentraciones C2 y C1 a un nivel de significancia 0.05, considerando así un comportamiento de dureza distinto entre los panes. Como interesa que el pan presente una característica suave y no dura porque sino se atribuiría a envejecimiento, las muestras consideradas con dureza aceptable corresponden a las medias 2.8 y 2.2.

Tabla 27 : Prueba de Tukey al 95 % para Textura “Dureza” del pan

Concentraciones	N° Obs.	Media	Grupos Homogéneos
C3 (1 %)	10	2.8	a
C2 (0.5 %)	10	2.2	b
C1 (0 %)	10	1.0	c

C1 = Pan al 0% de pectina (muestra patrón), C2 = Pan al 0.5% de pectina, C3 = Pan al 1.0% de pectina

El método FRIEDMAN de la Tabla 28 muestra, que las concentraciones consideradas con dureza aceptable son C3 y C2 a un nivel de significancia de 0.05. Las concentraciones de pectina 0.5 y 1 % añadidas al pan francés elaborado contribuyen a mejorar la calidad textural del pan, así se observa en la Tabla 27 y 28.

Tabla 28 : Método FRIEDMAN al 95 % para Textura “Dureza” del pan

C3-C1	18	>	11	1
C3-C2	6	<	11	0
C2-C1	12	>	11	1

Sig. 1 indica que es significativa al nivel de 0.05

Sig. 0 indica que no es significativa al nivel de 0.05

Así también como se muestra en el Anexo 3a y 3b donde el comportamiento de dureza o trabajo de dureza van disminuyendo conforme a la adición de pectina en una mayor proporción. Estos resultados están sustentados por diferentes estudios (Guarda *et al.*, 2004; Pérez *et al.*, 2009; De la O, 2008) donde se ha demostrado que la adición de diferentes tipos de hidrocoloides da lugar a una disminución en la dureza, debido probablemente a que interfieren con la movilidad de las cadenas de amilosa y amilopectina durante el almacenamiento, afectando así la retrogradación del almidón. Además, la pérdida y redistribución de agua que experimenta el pan, también contribuye al endurecimiento de la miga.

CONCLUSIONES

Del estudio efecto de la concentración de pectina obtenida de la penca de tuna (*Opuntia ficus-indica*) y el efecto del tiempo de almacenamiento en las propiedades del pan francés, se concluye:

- 1.- En el proceso de obtención de pectina a partir de la penca de tuna, se determinó sus características que fue: pH 4.5, rendimiento 1.42 %, peso equivalente 1131.22 y contenido de metóxilo 3.76 %. Concluyéndose que la pectina obtenida de la penca de tuna es una pectina de bajo metóxilo.
- 2.- La concentración de pectina en el pan francés no afectó en las propiedades químico proximal y microbiológicas, sin embargo afectó significativamente ($p < 0.05$) a la calidad sensorial (textura), las concentraciones apropiadas son C2 (0.5 %) y C3 (1 %).
- 3.- El tiempo de almacenamiento afectó significativamente ($p < 0.05$) en las propiedades microbiológicas, al tercer día existe un menor crecimiento microbiológico en la concentración C2. En cuanto a la Textura “dureza” no afectó el tiempo de almacenamiento, sin embargo se observó un efecto significativo en las concentraciones, las concentraciones consideradas con dureza aceptable son C2 (0.5 %) y C3 (1 %).

RECOMENDACIONES

- 1.- Se recomienda seguir en la búsqueda de otros hidrocoloides de origen natural que permitan la extensión de vida útil del pan, ya que la problemática de la panadería es que el pan es un producto de vida corta.
- 2.- En próximas investigaciones realizar el análisis reológico de masa.
- 3.- Estimar el tiempo de vida útil para el pan, con adición de pectina, para orientar al consumidor la mejor manera de preservarlo.
- 4.- Realizar estudios del pan almacenados en empaques.

BIBLIOGRAFIA

- AACC. (1988). *Cereal Laboratory Methods* (pp. 74-09). Amer. Ass. of Cereal Chem., St. Paul, Minnesota, EE.UU.
- Abraján, M. A. (2008). Efecto del Método de extracción en las características químicas y físicas del mucílago del Nopal (*Opuntia ficus-indica*) y estudio de su aplicación como recubrimiento comestible. (Tesis Doctoral), Universidad Politécnica de Valencia, España.
- Acuña, G. (1995). Extracción y caracterización de pectina a partir de corteza de toronjo (*Citrus paradisi*) (pp. 85–96). (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniería Alimentaria), Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima, Perú.
- Alcazar, J. (2000). *Industrias Alimentarias*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Anzaldúa, A. (1994). La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.
- AOAC. (1990). *Official methods of analysis*. Association of Official Analytical chemists. Washington, EE.UU.
- Aza, M. y Méndez, M. (2011). Extracción de pectina de nopal (*Opuntia Ficus Indica*) por medio ácido aplicando dos niveles de temperatura, tiempo y estados de madurez. (Tesis de grado), Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador.
- Badui, D. (2006). *Química de los alimentos*. Editorial Longan. México.
- Barrientos, P. F. (1983). Nopal y agaves como recurso de zonas áridas y semiáridas de México en recursos agrícolas de zonas áridas y semiáridas de México. Centro de genética, Chapingo, México.
- Berk, Z. (1980). Introducción a la bioquímica de los Alimentos (pp. 98-101). Editorial el manual moderno SA. México.
- Carpenter, R., Lyon, D., Hasdell, T. (2002). Análisis Sensorial en el desarrollo y Control de la calidad de los alimentos (pp. 108). Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Cauvain, S. (1998). Improving the control of staling in frozen bakery products. *Food Science and Technology* (pp. 9, 56-61).

- CENAN. (2009). Tabla Peruana de Composición de Alimentos (8ª Ed.). Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Salud. Lima, Perú.
- Cheftel, J. C. y Col. (1999). Introducción a la bioquímica y tecnología de los alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Collazos, C., Philip, W., Viñas, E., Alvistur, J., Urquieta, A. y Vásquez, J. (1993). Composición de Alimentos de mayor consumo en el Perú (6ª Ed.). Ministerio de Salud, Instituto Nacional de Nutrición, Lima, Perú.
- De la O, J. (2008). Efecto de la adición de hidrocoloides sobre calidad y envejecimiento de pan recalentado en horno de microondas y sobre las propiedades de los componentes del pan. (Tesis de Maestría), Universidad de las Américas, Puebla, México.
- Durán, V. y Honores, M. (2012). Obtención y Caracterización de pectina en polvo a partir de cáscara de maracuyá (*Passiflora Edulis*) (pp. 7-10). (Tesis de Grado), Universidad de Litoral, Guayaquil, Ecuador.
- Eliasson, A., Larsson, K. (1993). *Bread. En: Cereals in Breadmaking* (pp. 325-363). Editado por Eliasson, A. y Larsson, K. Nueva York, EE.UU.
- FAO. (1998). *Food Nutrition Paper, Legumes in Human Nutrition*. Rome, (p. 108).
- Fishman, M. (1989). *Chemistry and Function of Pectins*. ACS Symposium Series.
- Flores, G. (2004). Los vinos, los quesos y el pan. Editorial Limusa S.A. México.
- Gamarra, N. y Valencia, Y. (2006). Obtención de pectina a partir de penca de tuna (*Opuntia ficus indica* Mill) y su caracterización reológica. (Tesis de Grado), Ingeniería de Industrias Alimentarias, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Gaviria, N. y López, L. (2005). Extracción a escala laboratorio de la pectina de maracuyá y escaldado preliminar a planta piloto (p. 100). (Tesis de Grado), Departamento de Ingeniería de Procesos, Universidad EAFIT.
- Granados, D. y Castañeda, A. D. (2000). El Nopal. Historia, Fisiología, Genética e Importancia Frutícola. Editorial Trillas. México.
- Grünauer, C. (2009). Influencia del secado sobre la captación de agua de pectina extraída a partir del *Citrus xaurantifolia Swingle* (p. 96). (Tesis de Grado),

Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior.
Guayaquil, Ecuador.

Guarda, A., Rosell, C. M. y Galotto, M. J. (2004). Different hidrocolloids as bread improvers and antistaling agents. *Food Hydrocolloids*.

Hernández, E. (2005). Evaluación Sensorial. Facultad de Ciencias Básicas e Ingeniería, Universidad Nacional Abierta y Adistancia, Bogotá, Colombia.

ICMSF. (2000). International Commission on Microbiological Specification for Foods.

Jarvis, M., Forsyth, W. y Duncan, H. (1988). *A survey of the pectin content of nonlignified of monocot cell walls*. *Plant Physiol*(pp. 88, 309-314).

Lozada, K. (1998). Determinación de parámetros tecnológicos para la obtención de pectina a partir del mucilago de papaya arequipeña (*Carica papaya pubescens*) mediante métodos fisicoquímicos (pp. 42-47). (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias), Universidad Católica Santa María, Arequipa.

Maldonado, Y., Salazar, S., Millones, E., Torres, E. y Vásquez C. (2010). Extracción de pectina mediante el método de hidrólisis ácida en frutos de maushan y Badillo.

Melendez, J. (2002). Determinación de los parámetros óptimos en el aprovechamiento de la penca de tuna (*Opuntia ficus indica*) como alimento nutraceutico. (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniería Alimentaria), Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

MINSA. (2010). Norma Sanitaria para la Fabricación, Elaboración y Expendio de Productos de Panificación, Galletería y Pastelería: R.M. N° 1020-2010/MINSA/Ministerio de Salud. Dirección General de Salud Ambiental, Lima, Perú.

Novoa, S. (2006). Sobre el Origen de la Tuna en el Perú, Algunos Alcances.

Ortiz, (2009). Proceso de obtención de pectina.

Pagan, J. (1998). Degradación enzimática y características físicas y químicas de la pectina del bagazo de melocotón (pp. 35, 78-83). (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniería Alimentaria), Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú

- Pérez, G., Vergara, F. y Barcenás, M. E. (2009). Efecto del uso de hidrocoloides en las propiedades de pan recalentado en horno de microondas. Tesis de licenciatura, Universidad de las Américas, México.
- Picas, C. y Vigata, A. (1991). Técnicas de Pastelería, Panadería y Conservación de Alimentos. Madrid, España.
- Quaglia, G. (1991). Ciencia y tecnología de la panificación. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
- Repo, R. (1998). Introducción a la Ciencia y Tecnología de Cereales y Granos Andinos, Editorial Agraria. Lima, Perú.
- Ribbota, P. D., Pérez, G. T., León, A. E. y Añón, M. C. (2004). Effect of emulsifier and guar gum on microstructural, rheological and baking performance of frozen bread dough. *Food Hydrocolloids*.
- Roca, A. y Rojas, E. (2002). Tabla de composición de Alimentos Industrializados. Lima, Perú.
- Rojas, J. A., Rosell, C. M. y Benedicto C. (2000). Influence of hydrocolloids on dough rheology and bread quality. *Food Hydrocolloids*.
- Sajjaanantakatul, T., Van Buren, J. y Downing, D. (1989). Effect of methyl ester content on heat degradation of chelator-soluble carrot pectin. *J. Food Sci.* (pp. 54, 1272-1277).
- Scade, J. (1981). *Cereales*. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Socolich, A. (1990). Ubicación y extracción del mucilago de la penca de tuna (*Opuntia ficus indica*). (Tesis para optar el Título Profesional de Químico Farmacéutico), Universidad Católica Santa María, Arequipa, Perú.
- Stanley, P., Caucaín, F. y Lindas, Y. (2002). Fabricación del Pan. Editorial Acribia S.A. Zaragoza, España.
- Torres, R. (2008). Efecto de la adición de hidrocoloides sobre las características de pan recalentado con microondas. (Tesis de Licenciatura), Universidad de las Américas, Puebla, México.

- Van Buren, J. (1991). Function of pectin in plant tissue structure and firmness. En: The Chemistry and Technology of Pectin. Reginald Walter (Ed.). Chapter 1. Academic Press, New York, EE.UU.
- Venero, M. (1999). Investigación para la obtención de pectina a partir del níspero por el método de extracción, precipitación de acetona. (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Químico), Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.
- Villegas, C. y De Gante, M. (1997). Los Nopales (*Opuntia spp.*) recursos y símbolos tradicionales en México (pp.271-273). In. Memorias. VII Congreso Nacional y V Internacional sobre Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal, Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, México.
- Yuste, J. y Garza, S. (2003). Los geles de pectina y su aplicación en la industria alimentaria.
- Zapataz, A., Escobar, C., Cavalitto, S. y Hours, R. (2009). Evaluación de la capacidad de solubilización de pectina de cáscara de limón usando protopectinasa VITAE (pp. 67-74). Revista de la Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

ANEXOS

a. Determinación de Rendimiento

Procedimiento

Se realiza pesando la cantidad de pectina seca obtenida a partir de una cantidad determinada de penca de tuna fresca.

Cálculos:

$$R = \frac{P_f}{P_i} \times 100$$

$$R = \frac{4.26}{300} \times 100$$

$$R = 1.42 \%$$

Dónde:

R = Rendimiento de pectina en relación de la penca de tuna (%).

Pf = Peso de la pectina obtenida a partir de la penca de tuna (g).

Pi = Peso de la penca de tuna fresca (g).

b. Determinación del peso equivalente

Método: El peso equivalente se usa para calcular el contenido de ácido Anhidrogalacturónico y el grado de esterificación.

Procedimiento

Pesar 0.5 g de sustancia péctica en un frasco con tapa. Humedecer con 5 ml de etanol, agregar 1 g de cloruro de sodio para hacer más notorio el final. Añadir 100 ml de agua destilada libre de carbonatos y 6 gotas de indicador rojo de fenol o indicador de hinton. Asegurarse que la sustancia péctica se haya disuelto y que no se retengan grumos en las paredes del frasco. Titular lentamente con NaOH 0.1 N hasta que el color del indicador cambie (de amarillo a púrpura rojizo).

Cálculos:

$$\text{Peso Equivalente} = \frac{P2}{P \times P1}$$

$$\text{Peso Equivalente} = \frac{500}{4.42 \times 0.1}$$

$$\text{Peso Equivalente} = 1131.22$$

Dónde:

P = ml de NaOH gastado.

P1 = Normalidad de NaOH.

P2 = Peso de la muestra en mg

c. Determinación del grado de metóxilo

Método: Este método se basa en la saponificación de la pectina y la posterior titulación del grupo carboxilo liberado.

Procedimiento

A la solución anterior del peso equivalente agregarle 25 ml de solución de 0.25 N de NaOH. Agitar vigorosamente y mantenerla por 30 min a temperatura ambiente en un frasco con tapa. Agregarle 25 ml de HCL 0.25 N y titular con solución 0.1 N de NaOH hasta el mismo punto anterior (peso equivalente).

Cálculos:

$$\% \text{ METÓXILO} = \frac{P \times P1 \times 3.1}{P2} \times 100$$

$$\% \text{ METÓXILO} = \frac{5.93 \times 0.1 \times 3.1}{500} \times 100$$

$$\% \text{ METÓXILO} = 3.67\%$$

Dónde:

P = ml de NaOH gastado

P1 = Normalidad de NaOH

P2 = Peso de la muestra en mg

Anexo 1. Cantidad requerida de ingredientes para cada muestra de pan francés

INSUMOS	%	MUESTRAS (g)		
		C1 (0 %)	C2 (0.5 %)	C3 (1 %)
Harina de trigo	100	1500	1500	1500
Levadura	0.83	12.45	12.45	12.45
Sal	1.67	25.05	25.05	25.05
Azúcar	5.83	87.45	87.45	87.45
Manteca	2.50	37.5	37.5	37.5
Pectina		0	7.5	15

C1 = Pan al 0 % de pectina (muestra patrón)

C2 = Pan al 0.5 % de pectina

C3 = Pan al 1.0 % de pectina

Anexo 2. Evaluación sensorial para determinar el efecto de la concentración de pectina en el pan francés**a.** Cuadro de escala hedónica para evaluación sensorial

	Escala
ME DISGUSTA MUCHO	1
ME DISGUSTA	2
NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA	3
ME GUSTA	4
ME GUSTA MUCHO	5

b. Registro de datos del análisis sensorial de acuerdo a la escala hedónica

PANELISTA	CONCENTRACIONES		
	C1 (0 %)	C2 (0.5 %)	C3 (1.0 %)
1	3	4	5
2	3	5	5
3	3	4	4
4	3	4	5
5	3	4	4
6	2	4	4
7	3	4	4
8	3	4	5
9	3	4	5
10	3	4	5
11	3	4	4
12	3	4	5
13	3	4	4
14	3	4	4
15	3	4	5
16	3	4	4
17	2	4	4
18	3	4	5
19	3	4	4
20	3	4	5

C1 = Pan al 0 % de pectina (muestra patrón)

C2 = Pan al 0.5 % de pectina

C3 = Pan al 1.0 % de pectina

Anexo 3. Textura del pan francés con respecto al tiempo de almacenamiento

a. Valores de la variación de textura del pan

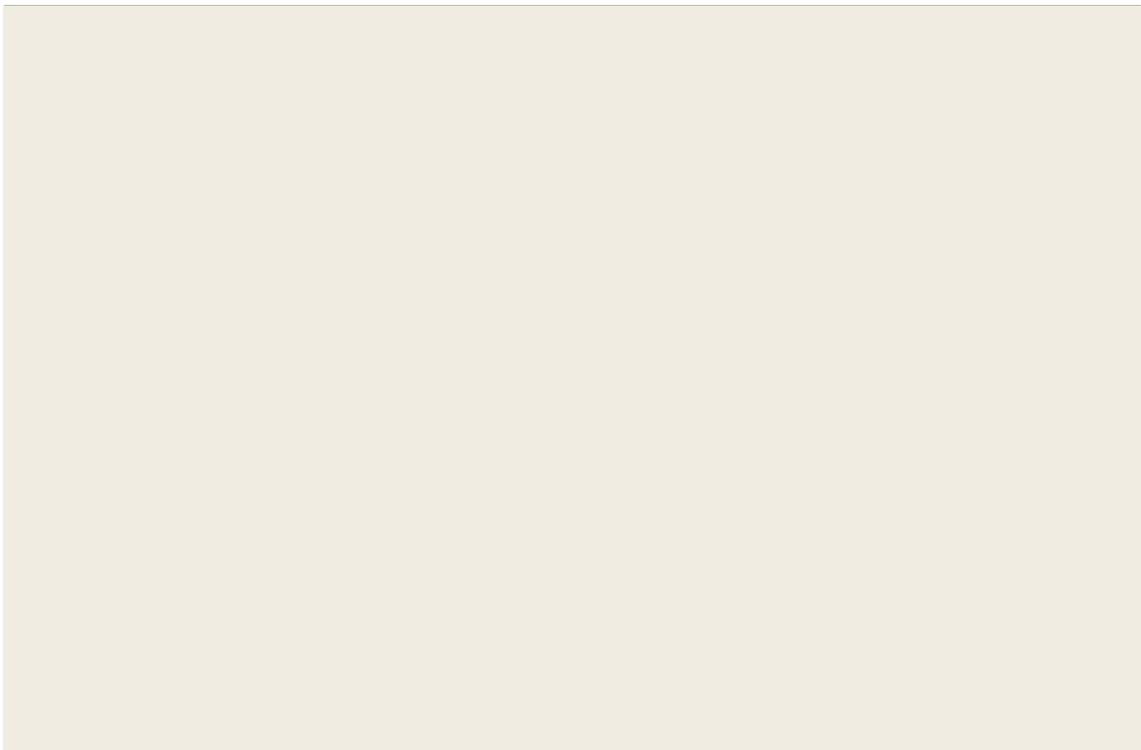
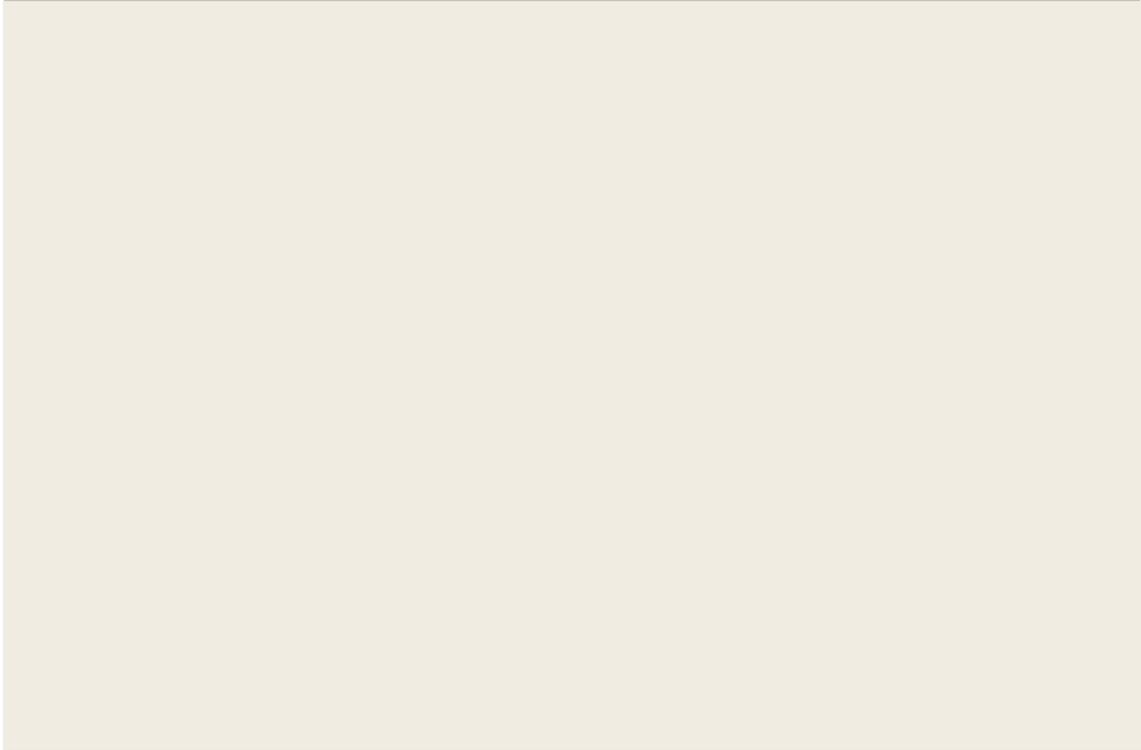
ALMACENAMIENTO	CARGA DE DISPARO (g)	TRABAJO DE DUREZA(mJ)		
		C1 (0 %)	C2 (0 %)	C3 (0 %)
Primer día	100	24.50	16.23	12.82
	500	40.21	24.58	22.05
Segundo día	100	24.51	17.83	13.93
	500	41.44	26.07	23.89
Tercer día	100	26.75	16.01	13.73
	500	46.95	29.18	25.41
Cuarto día	100	30.22	17.91	15.23
	500	49.86	29.26	27.19
Quinto día	100	33.15	17.95	16.32
	500	50.05	29.88	28.35
Sexto día	100	37.54	17.97	23.40
	500	51.41	25.25	29.98
Séptimo día	100	35.73	21.41	19.28
	500	53.03	30.75	31.61
Octavo día	100	44.30	35.32	26.74
	500	65.60	42.16	37.81
Noveno día	100	57.18	40.91	37.56
	500	73.26	47.19	46.98
Décimo día	100	61.50	54.93	48.75
	500	79.65	56.08	55.37

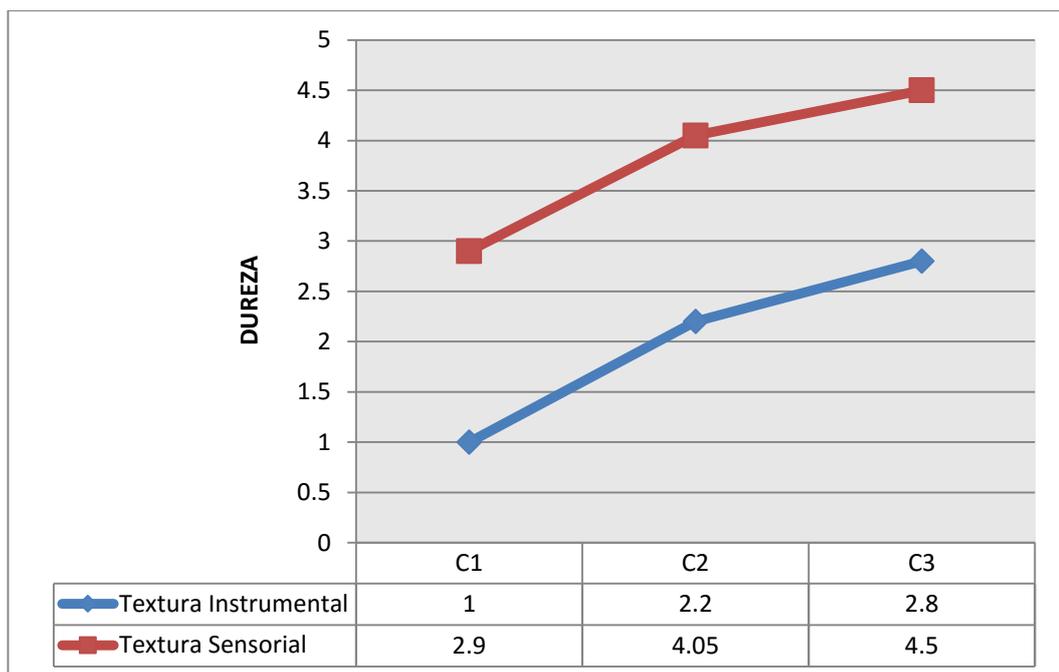
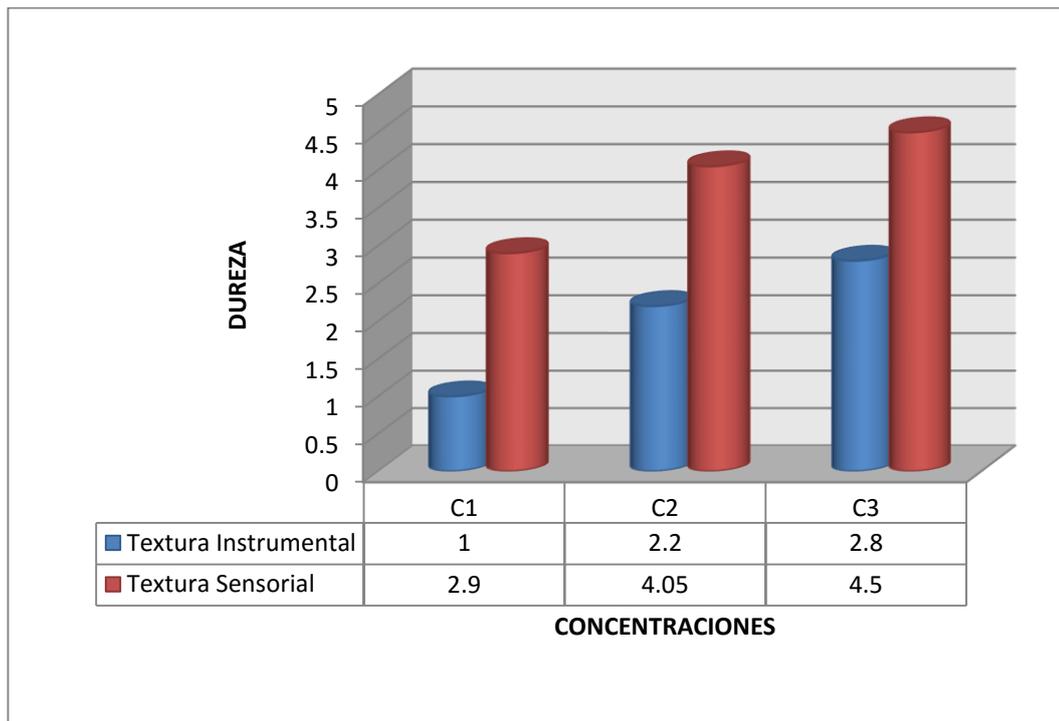
C1 = Pan al 0 % de pectina (muestra patrón)

C2 = Pan al 0.5 % de pectina

C3 = Pan al 1.0 % de pectina

b. Graficas de Dureza vs. Tiempo de almacenamiento





Anexo 6 . Imágenes de la obtención de pectina y del pan francés

Imagen 1 . Cladodio o penca de tuna



Imagen 2 . Pelado de la penca



Imagen 5 . Filtrado y lavado



Imagen 3 . Pesado de la penca



Imagen 6 . Precipitado con alcohol



Imagen 4 . Extracción de pectina

Imagen 7 . Secado en estufa



Imagen 8 . Molienda de la pectina



Imagen 9 . Pan francés con adición de pectina



Imagen 10 . Texturómetro



Anexo 7 . Ficha de grado de aceptabilidad de la Textura

FICHA DE GRADO DE ACEPTABILIDAD DE LA TEXTURA

Nombre del Catador:.....

Muestra Evaluada: C1 (0%)

Fecha:.....

				
ME GUSTA MUCHO	ME GUSTA	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA	ME DISGUSTA	ME DISGUSTA MUCHO

Muestra Evaluada: C2 (0.5%)

				
ME GUSTA MUCHO	ME GUSTA	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA	ME DISGUSTA	ME DISGUSTA MUCHO

Muestra Evaluada: C3 (1.0%)

				
ME GUSTA MUCHO	ME GUSTA	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA	ME DISGUSTA	ME DISGUSTA MUCHO

Pruebe la muestra y después marque con una X el nivel de aceptabilidad de acuerdo con la definición dada en el texto.

MUCHAS GRACIAS

Anexo 8 . Certificado microbiológico de las muestras de pan francés

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial
Laboratorio de Microbiología

INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO Nº 01-009/15

I. Datos de solicitante
 Nombres y Apellidos : Marco Antonio Yanarico Choquehuanca
 Dirección : Jr. Nicaragua Mz 2 Lot 7

II. Datos del servicio
 Nº de Solicitud del Servicio : 01-009/MAYC
 Fecha de ingreso : 29 de Septiembre, 2015
 Servicio solicitado : Análisis microbiológico

III. Nombre del producto : PAN FRANCÉS CON ADICION DE PECTINA

IV. Datos de la muestra
 Presentación : Bolsas de plástico de 120 g
 Tipo de sistema : 1/Composito.
 Fecha de producción : N/P
 Fecha de vencimiento : N/P
 Tamaño de lote : N/P

V. Aspectos técnicos del muestreo
 Muestreado por : El solicitante
 Condición de muestreo : Muestra recibida en laboratorio
 Detalle de la muestra : Pan Francés con adición de Pectina
 Nº de unidades de la muestra : Tres (03) muestra de 120 g
 Código de la muestra : MC1, MC2, MC3
 Para ensayo en Laboratorio : 01-009/15
 Identificación de la muestra : Sin muestra dirimente

VI. Fecha de ensayo : 30 de Septiembre, 2015

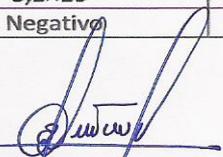
VII. Resultados

ALLE DE LA MUESTRA

CODIGO	PRODUCTO
MC1	Pan Francés con adición de pectina a concentración 1
MC2	Pan Francés con adición de pectina a concentración 2
MC3	Pan Francés con adición de pectina a concentración 3

ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO

REQUISITOS	VALOR OBTENIDO		
	MC1	MC2	MC3
Salmonella sp (ufc/g)	Negativo	Negativo	Negativo
Levaduras (ufc/g)	3,1×10 ⁴	6,6×10 ⁴	3,5×10 ⁴
Mohos (ufc/g)	Negativo	Negativo	Negativo


Dr. Alejandro Coloma Paxi
 Jefe de Laboratorio de Microbiología





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial
 Laboratorio de Microbiología

INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO Nº 01-010/15

- I. Datos de solicitante**
 Nombres y Apellidos : Marco Antonio Yanarico Choquehuanca
 Dirección : Jr. Nicaragua Mz 2 Lot 7
- II. Datos del servicio**
 Nº de Solicitud del Servicio : 01-010/MAYC
 Fecha de ingreso : 29 de Septiembre, 2015
 Servicio solicitado : Análisis microbiológico
- III. Nombre del producto** : PAN FRANCÉS CON ADICION DE PECTINA
- IV. Datos de la muestra**
 Presentación : Bolsas de plástico de 120 g
 Tipo de sistema : 1/Composito.
 Fecha de producción : N/P
 Fecha de vencimiento : N/P
 Tamaño de lote : N/P
- V. Aspectos técnicos del muestreo**
 Muestreado por : El solicitante
 Condición de muestreo : Muestra recibida en laboratorio
 Detalle de la muestra : Pan Francés con adición de Pectina
 Nº de unidades de la muestra : Tres (03) muestra de 120 g
 Código de la muestra : MC1, MC2, MC3
 Para ensayo en Laboratorio : 01-010/15
 Identificación de la muestra : Sin muestra dirimente
- VI. Fecha de ensayo** : 01 de Octubre, 2015
- VII. Resultados**

DETALLE DE LA MUESTRA

CODIGO	PRODUCTO
MC1	Pan Francés con adición de pectina a concentración 1
MC2	Pan Francés con adición de pectina a concentración 2
MC3	Pan Francés con adición de pectina a concentración 3

ANALISIS MICROBIOLÓGICO

REQUISITOS	VALOR OBTENIDO		
	MC1	MC2	MC3
Levaduras (ufc/g)	2,0×10 ⁴	9,0×10 ⁴	7,0×10 ⁴
Mohos (ufc/g)	Negativo	Negativo	Negativo



Dr. Alejandro Coloma Paxi
 Jefe de Laboratorio de Microbiología



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO-PUNO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial
Laboratorio de Microbiología

INFORME DE ENSAYO MICROBIOLÓGICO Nº 01-011/15

- I. Datos de solicitante**
 Nombres y Apellidos : Marco Antonio Yanarico Choquehuanca
 Dirección : Jr. Nicaragua Mz 2 Lot 7
- II. Datos del servicio**
 Nº de Solicitud del Servicio : 01-011/MAYC
 Fecha de ingreso : 29 de Septiembre, 2015
 Servicio solicitado : Análisis microbiológico
- III. Nombre del producto** : PAN FRANCÉS CON ADICION DE PECTINA
- IV. Datos de la muestra**
 Presentación : Bolsas de plástico de 120 g
 Tipo de sistema : 1/Composito.
 Fecha de producción : N/P
 Fecha de vencimiento : N/P
 Tamaño de lote : N/P
- V. Aspectos técnicos del muestreo**
 Muestreado por : El solicitante
 Condición de muestreo : Muestra recibida en laboratorio
 Detalle de la muestra : Pan Francés con adición de Pectina
 Nº de unidades de la muestra : Tres (03) muestra de 120 g
 Código de la muestra : MC1, MC2, MC3
 Para ensayo en Laboratorio : 01-011/15
 Identificación de la muestra : Sin muestra dirimente
- VI. Fecha de ensayo** : 02 de Octubre, 2015
- VII. Resultados**

DETALLE DE LA MUESTRA

CODIGO	PRODUCTO
MC1	Pan Francés con adición de pectina a concentración 1
MC2	Pan Francés con adición de pectina a concentración 2
MC3	Pan Francés con adición de pectina a concentración 3

ANALISIS MICROBIOLÓGICO

REQUISITOS	VALOR OBTENIDO		
	MC1	MC2	MC3
Levaduras (ufc/g)	8,2×10 ⁵	6,7×10 ⁵	8,2×10 ⁵
Mohos (ufc/g)	Negativo	Negativo	Negativo



[Signature]
Dr. Alejandro Coloma Paxi
 Jefe de Laboratorio de Microbiología

Anexo 9 . Certificado del análisis químico proximal de las muestras de pan



LABORATORIO DE EVALUACIÓN NUTRICIONAL DE ALIMENTOS

INFORME DE ANÁLISIS DE ALIMENTOS Nro. 0070-2015-LENA-EPIA

SOLICITANTE : MARCO ANTONIO YANARICO CHOQUEHUANCA
 TITULO DE TESIS : "EFECTO DE LA ADICION DE PECTINA OBTENIDA DE LA PENCA DE TUNA (*Opuntia ficus-indica*) EN LA CALIDAD SENSORIAL Y PROPIEDADES TEXTURALES DEL PAN FRANCES"
 ESCUELA PROFESIONAL : INGENIERIA AGROINDUSTRIAL
 FACULTAD : CIENCIAS AGRARIAS
 PRODUCTOS : PAN FRANCES CON ADICION DE PECTINA
 ENSAY O SOLICITADO : FISICO QUIMICO
 FECHA DE RECEPCION : 29 de Setiembre del 2015
 FECHA DE ENSAYO : 29 de Setiembre del 2015
 FECHA DE CULMINACION : 05 de Octubre del 2015

RESULTADOS:

De acuerdo al Informe de los Análisis de Laboratorio que obra en los archivos los resultados son:

RESULTADOS FISICO QUIMICOS

MUESTRA	% Solidos Totales	% Humedad	% Ceniza	% Proteína	% Grasa	% Fibra	% Carbohidratos	Energía Kcal/100 g
C 1	76,97	23,03	0,74	9,91	1,65	0,67	64,00	310,49
C 2	74,28	25,72	0,46	9,57	2,40	0,57	61,28	305,00
C 3	75,90	24,10	0,77	9,95	1,80	0,59	62,79	307,36

METODOS UTILIZADOS EN LABORATORIO:

- AOAC. 1990

CONCLUSIÓN : Los resultados Físico Químicos están conformes.

Puno, C.U. 05 de Octubre del 2015

Ing° OSWALDO ARPASI ALCA
 Control de Calidad de Alimentos
 LABORATORIO
 C.I.P. 160625

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
 FAC. CS. AGRARIAS
 Ing M.Sc. M. Alfredo Callohuanca P.
 DFCANO