



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN**

**“Elaboración de un panqué libre de gluten
con queso crema, reducido en azúcares y
enriquecido en proteína”**

TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERA EN ALIMENTOS

P R E S E N T A N:

DURÁN ACEVES ABIGAIL

**MARTÍNEZ RANGEL BRENDA
ESMERALDA**

ASESORA:

DRA. SARA ESTHER VALDÉS MARTÍNEZ

CUAUTITLÁN IZCALLI, ESTADO DE MÉXICO, 2020



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: Trabajo de Tesis.

Elaboración de un panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína.

Que presenta la pasante: Abigail Durán Aceves

Con número de cuenta: 310178316 para obtener el Título de la carrera: Ingeniería en Alimentos

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

“POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU”

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de Octubre de 2019.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Sara Esther Valdés Martínez	
VOCAL	I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez	
SECRETARIO	M. en C. María Guadalupe Amaya León	
1er. SUPLENTE	M. en C. Julieta González Sánchez	
2do. SUPLENTE	I.A. Alberto Solís Díaz	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE EXÁMENES PROFESIONALES



DEPARTAMENTO DE
EXÁMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

M. en C. JORGE ALFREDO CUÉLLAR ORDAZ
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: I.A. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Exámenes Profesionales
de la FES Cuautitlán.

Con base en el Reglamento General de Exámenes, y la Dirección de la Facultad, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el: **Trabajo de Tesis.**

Elaboración de un panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína.

Que presenta la pasante: **Brenda Esmeralda Martínez Rangel**
Con número de cuenta: **412062124** para obtener el Título de la carrera: **Ingeniería en Alimentos**

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el **EXAMEN PROFESIONAL** correspondiente, otorgamos nuestro **VOTO APROBATORIO.**

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de Octubre de 2019.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	Dra. Sara Esther Valdés Martínez	
VOCAL	I.B.Q. Saturnino Maya Ramírez	
SECRETARIO	M. en C. María Guadalupe Amaya León	
1er. SUPLENTE	M. en C. Julieta González Sánchez	
2do. SUPLENTE	I.A. Alberto Solís Díaz	

NOTA: los sinodales suplentes están obligados a presentarse el día y hora del Examen Profesional (art. 127).

DEDICATORIAS

A mi Señor Padre Celestial el forjador de mi camino, El que me acompaña, El que siempre me levanta, El creador de las personas que más amo.

A mis padres por enseñarme el camino verdadero, por su amor, comprensión, paciencia y apoyo.

Por darme las bases para ser quien soy, por estar conmigo en éste camino que hoy concluyo. Les amo.

A Javier, mi amado esposo, por tu apoyo incondicional, tu amor y esfuerzo en ésta última etapa de mi carrera.

Dios esté con nosotros, hoy, mañana y siempre. Te amo.

Tía Gaby sin tu ayuda nunca hubiera tomado éste camino. Gracias por tu apoyo, tus consejos y por cada desvelada para llegar hasta aquí.

Esme... Mi compañera, mi amiga, gracias por estar conmigo en éste camino, que después de tanto, por fin concluimos.

Abigail Durán Aceves

*A mis padres
Por ser los ingenieros de mi vida.
A mis hermanos
Por ser el motor de mis sueños.
A mi amiga (Aby)
Por ser el engrane de mi proyecto de vida.*

Brenda Esmeralda Martínez Rangel

ÍNDICE

RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I. ANTECEDENTES.....	3
1.1 Leche.....	3
1.1.1 Definición.....	3
1.1.2 Composición química.....	3
1.2. Queso.....	5
1.2.1 Definición.....	5
1.2.2 Composición química.....	6
1.2.3 Clasificación de quesos.....	6
1.2.4 Etapas en la elaboración de un queso	7
1.3 Queso crema.....	13
1.3.1 Definición	13
1.3.2 Composición química.....	14
1.4 Harinas.....	14
1.4.1 Definición	14
1.4.2 Harina de trigo.....	15
1.4.2.1 Definición	15
1.4.2.2 Composición química.....	15
1.4.2.3 Gluten	16
1.4.3 Harina de arroz	17
1.4.3.1 Definición	17
1.4.3.2 Composición química.....	17
1.4.4 Harina de amaranto	17
1.4.4.1 Definición	17

1.4.4.2 Composición química.....	18
1.5 Panqué tradicional	18
1.5.1 Historia.....	18
1.5.2 Definición	19
1.5.3 Composición química.....	20
1.5.4 Etapas en la elaboración de un panqué tradicional.....	21
1.5.5 Funcionalidad de los ingredientes.....	23
1.6 Intolerancia al gluten y su importancia	25
1.6.1 Síntomas.....	25
1.6.2 Detección y situación actual.....	26
CAPITULO II. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL	28
2.1 Justificación	28
2.2 Objetivo general.....	29
2.3 Objetivos particulares.....	29
2.4 Cuadro metodológico	30
2.5 Actividades preliminares	31
2.5.1 Elaboración y estandarización de la materia prima (queso crema).....	31
2.5.1.1 Método de Pearson.....	31
2.5.2 Elaboración de un panqué tradicional de harina de trigo.....	34
2.5.2.1 Caracterización del horno tostador eléctrico.....	34
2.5.3 Elaboración de un panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína.....	38
2.6 Materiales y métodos	40
2.6.1 Desarrollo de 3 formulaciones.....	40
2.6.2 Evaluación sensorial (Encuesta de aceptación).....	42
2.6.3 Análisis químico proximal del queso crema y del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína	45

2.6.4 Análisis microbiológico del queso crema y del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína.....	45
2.6.5 Score Químico del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína	46
2.6.6 Cálculo del contenido calórico del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína	46
CAPITULO III. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	48
3.1 Elaboración del producto	48
3.2 Evaluación sensorial	49
3.3 Análisis químico proximal del queso crema y del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína	59
3.4 Análisis microbiológico del queso crema y del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína	62
3.5 Score Químico del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína	64
3.6 Aporte calórico del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína	67
CONCLUSIONES.....	69
RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS.....	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas generales en la elaboración de un queso fresco	8
Figura 2. Ejemplo de Método de Pearson.....	9
Figura 3. Etapas en la elaboración de un panqué tradicional	21
Figura 4. Cuadro Metodológico.....	30
Figura 5. Etapas en la elaboración de un queso crema adaptado	33
Figura 6. Vista Frontal.....	35
Figura 7. Vista Superior	35
Figura 8. Historia térmica primer nivel.....	36
Figura 9. Historia térmica segundo nivel	37
Figura 10. Etapas en la elaboración de un panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína.....	39
Figura 11. Formato de evaluación sensorial	43
Figura 12. Diagrama de bigotes para a) Textura y b) Apariencia.....	50
Figura 13. Diagrama de bigotes par a) Color y b) Olor	51
Figura 14. Diagrama de bigotes par Sabor	52
Figura 15. Diagrama de bigotes para a) Textura y b) Apariencia.....	53
Figura 16. Diagrama de bigotes para a) Color y b) Olor	54
Figura 17. Diagrama de bigotes para Sabor	55
Figura 18. Gráfico de resultados de aceptación del producto	56
Figura 19. Gráfico de resultados del precio del producto.....	57
Figura 20. Gráfico de resultados de frecuencia de consumo del producto	57
Figura 21. Gráfico de resultados acerca del conocimiento sobre la intolerancia al gluten	58
Figura 22. Gráfico de resultados acerca del conocimiento de algun panqué para intolerantes al gluten.....	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Composición general de la leche	3
Tabla 2. Composición química y valor nutritivo de la leche de vaca con respecto a los quesos frescos típicamente consumidos en México.....	6
Tabla 3. Clasificación de quesos	6
Tabla 4. Composición química de un queso crema	14
Tabla 5. Composición química de la harina de trigo.....	15
Tabla 6. Composición química de la harina de arroz	17
Tabla 7. Composición química de la harina de amaranto	18
Tabla 8. Composición química de un panqué tradicional.....	20
Tabla 9. Funcionalidad de los ingredientes para la elaboración de un panqué tradicional.....	23
Tabla 10. Manifestaciones clínicas según la edad de presentación	25
Tabla 11. Formulación original de un queso crema	31
Tabla 12. Formulación modificada del queso crema.....	32
Tabla 13. Formulación de un panqué tradicional de harina de trigo	34
Tabla 14. Linealidad del primer nivel en los cuatro cuadrantes	36
Tabla 15. Linealidad del segundo nivel en los cuatro cuadrantes	37
Tabla 16. Formulación de panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína.....	38
Tabla 17. Primera etapa de formulaciones	40
Tabla 18. Segunda etapa de formulaciones	41
Tabla 19. Tercera etapa de formulaciones.....	41
Tabla 20. Formulaciones finales	42
Tabla 21. Métodos de análisis químico proximal para el queso crema y el panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína	45
Tabla 22. Microorganismos a determinar en el queso crema y el panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína.....	46
Tabla 23. Aporte energético por nutrimento.....	47
Tabla 24. Análisis estadístico de las pruebas sensoriales	49
Tabla 25. Análisis estadístico de las pruebas sensoriales	53
Tabla 26. Resultados de análisis químico proximal del queso crema.....	60

Tabla 27. Resultados de análisis químico proximal del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína	61
Tabla 28. Resultados de análisis microbiológicos del queso crema	63
Tabla 29. Resultados de análisis microbiológicos del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína	64
Tabla 30. Resultados del Score Químico del panqué tradicional	65
Tabla 31. Resultados del Score Químico del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína	66
Tabla 32. Comparación de Score Químico del panqué tradicional con respecto al panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína.....	66
Tabla 33. Comparación del contenido energético del panqué libre de gluten con un producto tradicional marca comercial	68

RESUMEN

El objetivo general del presente trabajo fue formular un panqué libre de gluten con queso crema como sustituto de grasa en la formulación, reducido en azúcares y enriquecido en proteína, a base de mezclas de harinas de amaranto y arroz.

Los productos horneados sobre la base de harina de trigo, son consumidos en forma masiva. Entre ellos, el pan ocupa un lugar preponderante en todo el mundo. Existe, sin embargo, un grupo poblacional que presenta intolerancia a las prolaminas presentes no sólo en el trigo, sino también en la avena, la cebada y el centeno, conjunto de cereales identificados como TACC*. Este serio síndrome, caracterizado por una mala absorción intestinal es llamado intolerancia al gluten y puede llevar a una severa malnutrición¹. Aunado a esto, la creciente demanda de la población asociada a una alimentación balanceada y saludable, ha llevado a desarrollar alimentos con un gran aporte nutrimental, pero a su vez balanceados y saludables, como son los quesos.

La metodología consistió en la elaboración de un queso crema, con menor contenido de grasa y un mayor contenido de proteína, y el desarrollo de tres formulaciones de panqué variando el contenido de amaranto y arroz (50/50, 65/35 y 75/25 %), sensorialmente se demostró que la formulación que cumplió con los parámetros evaluados color, olor, sabor, textura y apariencia era la que contenía el 65/35 % de harina de amaranto y arroz. A esta formulación y al queso crema se les llevó a cabo un análisis microbiológico y análisis químico proximal, así como también un Score Químico; en conclusión se obtuvo que el producto es una alternativa altamente favorable, debido a los beneficios que ofrece como lo es su alto valor nutrimental, además de tener un aporte reducido en azúcares, lo que lo hace un alimento ideal para una dieta sana y apto para personas intolerantes al gluten.

**Trigo, Avena, Cebada y Centeno.*

INTRODUCCIÓN

La demanda por productos panificables libres de gluten va en aumento, debido a la intolerancia que cierta fracción de la población tiene a las prolaminas presentes en las harinas comúnmente utilizadas en panificación, tales como el trigo, la avena, el centeno y la cebada¹. Sin embargo, la sustitución del gluten, que contiene las prolaminas, presenta un desafío para la obtención de productos de buena calidad². Entre los cereales considerados aptos para ser consumidos por la población intolerante al gluten y en dietas especiales se encuentra el arroz, el amaranto y el sorgo ya que no contienen gluten³.

La composición nutrimental del amaranto ha sido extensamente estudiada, encontrando que el contenido proteico, el espectro de aminoácidos y los niveles de vitaminas y minerales son excelentes. Tiene un contenido importante de lisina, aporta cantidades importantes de fibra dietética y vitaminas E y B, puede ser una fuente importante de niacina, lisina, fósforo⁴. En el arroz, uno de los principales nutrientes son los hidratos de carbono, aunque el arroz también aporta minerales, vitaminas (niacina y tiamina) y proteínas en bajas cantidades⁵. El empleo de harinas compuestas permite diseñar alimentos con un alto contenido en proteína, fibra, minerales, entre otros². Una dieta sin gluten a pesar de que es sana, puede tener algunas deficiencias en nutrientes, por ello a lo largo de la historia se han desarrollado alimentos libres de gluten adicionados con otros alimentos ricos en nutrientes aptos para la población intolerante al gluten; entre estos se encuentran los quesos. El queso es el producto fresco o maduro, sólido o semisólido, obtenido por separación del suero después de la coagulación de la proteína de la leche natural, desnatada total o parcialmente, del suero de mantequilla, o de una mezcla de algunos o todos estos productos, por la acción del cuajo u otros coagulantes apropiados, con hidrólisis previa de la lactosa. El queso crema es el producto lácteo, fermentado no madurado de pasta semicocida, acidificado hasta alcanzar un pH 4.3-4.8. Es fresco, blando, con alto contenido de humedad, grasa y elaborado con leche entera y/o pasteurizada, posee una consistencia, suave unttable y cremoso, es rico en proteínas, vitaminas y minerales⁶.

CAPITULO I. ANTECEDENTES

1.1. LECHE

1.1.1 DEFINICIÓN.

La leche es el producto de la secreción mamaria normal de animales bovinos, bufalinos y caprinos lecheros sanos, obtenida mediante una o más ordeñas completas, sin ningún tipo de adición⁷.

Es un líquido de composición compleja, blanco y opaco, de sabor dulce y reacción iónica (pH) próxima a la neutralidad.

Es una emulsión de materia grasa, en forma globular, en un líquido que muestra analogías con el plasma sanguíneo. Este líquido es así mismo una suspensión de materiales proteicos en un suero constituido por una solución neutra que contiene, principalmente, lactosa y sales minerales⁸.

Es el producto obtenido de la secreción de las glándulas mamarias de las vacas, sin calostro el cual debe ser sometido a tratamientos térmicos u otros procesos que garanticen la inocuidad del producto; además puede someterse a otras operaciones tales como clarificación, homogeneización, estandarización u otras, siempre y cuando no contaminen al producto y cumpla con las especificaciones de su denominación⁹.

1.1.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA.

Tabla 1. Composición general de la leche³¹.

COMPONENTES	%
Humedad	88.32
Grasas	3.25
Proteína	3.22
Carbohidratos	4.52
Cenizas	0.69

Fuente: Menchu, M. & Méndez, H. 2012. Tablas de composición de alimentos en Centroamérica: ICAP. Guatemala. Serviprensa. 26.

El porcentaje de agua varía cuando se altera la cantidad de cualquiera de los otros componentes de la leche.

El agua contenida en la leche sirve como medio de solución y de dispersión o suspensión para los otros ingredientes.

La grasa sirve como medio de transporte de las vitaminas liposolubles A, D, E, y K. El caroteno, que da origen a la vitamina A, da a la leche el color crema.

La grasa se encuentra altamente emulsificada y ello facilita su digestión; el hecho de contener más ácidos grasos de cadena corta que de cadena larga parece estimular su utilización por niños y ancianos.

La grasa imparte suavidad, finura y agradable sensación a los productos en que ella forma parte, y en su ausencia el producto resulta desabrido, duro, arenoso o aguado.

La cantidad de ácidos grasos saturados que se encuentran en la grasa es de aproximadamente 62%, ácidos grasos no saturados 33% y ácidos grasos no saturados con dos, tres, cuatro y cinco enlaces dobles 4%. También se sabe que la mayor parte de los ácidos grasos están formados por ácidos volátiles de bajo peso molecular.

Las proteínas de la leche están formadas por 78% de caseína, 17% de proteínas del suero y 5% de sustancias nitrogenadas no proteicas.

Las proteínas de la leche son polímeros de alfa aminoácidos y algunas veces contienen, además de aminoácidos, otros compuesto, pero su estructura básica está formada por aminoácidos unidos por medio del enlace peptídico entre el grupo amino y el grupo carboxilo.

La caseína es el componente principal de la proteína de la leche y representa cerca del 80% de la proteína total, además de participar en muchos procesos tecnológicos, por ejemplo la producción de quesos.

Gracias a la coagulación de esta es factible la obtención de diversos productos.

Las proteínas del suero están formadas por holoproteínas y glicoproteínas. Representan cerca del 0.4 al 0.8% de la leche y aproximadamente de 15 al 20% de las proteínas de la leche.

La proteína más importante de este grupo es la beta lacto-globulina, por la cantidad en que se encuentra y por ser la principal responsable del sabor a leche hervida o cocida cuando la leche es expuesta a temperaturas altas por tiempo muy prolongado.

La lactosa es el carbohidrato más importante de la leche y está formado por una molécula de glucosa y otra de galactosa. Representa cerca de la mitad de los sólidos no grasos y contribuye al valor energético de la leche con aproximadamente el 30% de las calorías. El porcentaje de la lactosa en la leche

varia de 4.70 a 5.0% y el promedio es igual a 4.8%. Esta es el principal factor en el control de la fermentación y maduración de los productos lácteos, contribuye al valor nutritivo de la leche y subproductos, está relacionado con la textura y solubilidad de algunos alimento congelados y juega un papel muy importante en el color y sabor de los productos tratados con altas temperaturas.

Cuando la leche es sometida a 550°C (1022°F) deja un residuo o ceniza blanquecina que representa del 0.6 al 0.9% de la leche.

Los minerales se agrupan en macroelementos y oligoelementos, según la cantidad en que se encuentran en la leche. Estos se encuentran en forma de sales solubles y en suspensiones coloidales.

Las vitaminas de la leche están agrupadas en liposolubles e hidrosolubles; liposolubles son las vitaminas A, D, E y K, y las hidrosolubles son las vitaminas del complejo B y la vitamina C.

Las vitaminas son sustancias orgánicas necesarias para mantener la vida. Regulan la utilización de los carbohidratos, grasas, proteínas y minerales¹⁰.

1.2. QUESO

1.2.1. DEFINICIÓN

Producto elaborado con la cuajada de leche estandarizada y pasteurizada de vaca o de otras especies animales, con o sin adición de crema, obtenida por la coagulación de la caseína con cuajo, gérmenes lácticos, enzimas apropiadas, ácidos orgánicos comestibles y con o sin tratamiento ulterior por calentamiento, drenada, prensada o no, con o sin adición de fermentos de maduración, mohos especiales, sales fundentes e ingredientes comestibles opcionales, dando lugar a las diferentes variedades de quesos pudiendo por su proceso ser: fresco, madurado o procesado¹¹.

El queso consiste en la fracción sólida que se obtiene por coagulación enzimática de la leche. Básicamente, está compuesto por caseína (proteína de la leche), grasa, sales solubles e insolubles, agua, lactosa y albumina¹².

De acuerdo al Codex Alimentarius de la FAO/OMS (2008), el queso es el producto sólido o semisólido, madurado o fresco, en el que el valor de la relación suero proteínas / caseína no supera al de la leche, y que es obtenido por coagulación (total o parcial) de la leche por medio de la acción del cuajo o de otros agentes coagulantes adecuados, con un escurrido parcial del lactosuero¹³.

Desde el punto de vista fisicoquímico, el queso se define como un sistema tridimensional tipo gel, formado básicamente por la caseína integrada en un

complejo caseinato fosfato cálcico, el cual por coagulación, engloba glóbulos de grasa, agua, lactosa, albúminas, globulinas, minerales, vitaminas y otras sustancias menores de la leche, las cuales permanecen adsorbidas en el sistema o se mantienen en la fase acuosa retenida¹⁴.

1.2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Tabla 2. Composición química y valor nutritivo de la leche de vaca con respecto a los quesos frescos típicamente consumidos en México^{8, 15, 16}.

	Leche entera de vaca ⁸	Quesos frescos ¹⁵	Queso Panela ¹⁶	Queso Oaxaca ¹⁶	Queso blanco ¹⁶	Queso Asadero ¹⁶	Requesón ¹⁶
Humedad (%)	87.5	46-57	53.2-58.3	49.3-52.4	51-53	40-46	74-75
Grasa (%)	3.5	18-29	18.8-12.1	20.6-24.2	19-25	23-25	7.0-8.0
Proteína (%)	3.5	17-21	18.4-20.5	20.4-22.4	20-22	24-27	11.0-12.0
Ceniza (%)	0.7-0.9		2.5-2.7	3.2-3.7		1.4-1.8	
Lactosa (%)	4.7		3.4-4.2	0.1-0.3			
Valor nutrimental (kcal/100g)	62-66	255 ± 37	255 ± 37	255 ± 37			

Fuente: García-Islas, B. 2006. Caracterización fisicoquímica de diversos tipos de quesos elaborados en el Valle de Tulancingo Hgo con el fin de proponer normas de calidad. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hgo. México. 98.

1.2.3. CLASIFICACIÓN DE QUESOS

Tabla 3. Clasificación de quesos^{17, 18, 19, 20, 21}.

CLASIFICACIÓN	TIPOS	EJEMPLO
Origen de la leche	Leche de vaca	
	Leche de cabra	
	Leche de oveja	
	Mezcla de 2 o más tipos de leche	
Por maduración	Frescos (6 días)	Panela, rancho, crema, adobera, cottage y petit-suisse.
	Semi-maduros (40 días)	Chapingo, chihuahua, manchego, eddam y emmental.
	Maduros (>70 días)	Cotija, añejo, cammenbert, roquefort, parmesano, romano y munsier.

Tipo de pasta	Pasta untable	Crema, doble crema, cottage y petit-suisse
	Pasta tajable	Chapingo, cheddar, chihuahua, manchengo, emmental y edam.
	Pasta rallable	Añejo, cotija, parmesano, tecorino y romano.
	Pasta hilada	Oaxaca, asadero, guaje (huasteco), adobera (Jalisco, Zacatecas), mozzarella
Contenido de humedad	Duros (20-42%)	Añejo, cotija, parmesano, pecorino y romano.
	Semiduros (44-55%)	Chapingo, chihuahua, manchengo, cheddar, roquefort, emmetal, edam y gouda.
	Blandos o suaves (aprox. 55%)	Queso untable, panela, queso crema trópica y queso ranchero fresco.
Tipo de coagulación de la caseína	Enzimática	Parmesano, suizo, americano, cheddar, oxaxaca, mozzarella
	Acida	Queso crema, cottage
	Acida/térmica	Ricotta, requesón, queso blanco, panela.

Fuente: Villegas, A. Los quesos mexicanos.1990. México. CIESTAAMN, Universidad Autónoma Chapingo.

1.2.4. ETAPAS EN LA ELABORACIÓN DE UN QUESO

El proceso de elaboración del queso se trata esencialmente de un proceso de concentración, a partir de la coagulación de la proteína mayoritaria de la leche (caseína) por la acción enzimática (cuajo) u otro coagulante de tipo ácido (comúnmente ácido láctico)²².

Aunque cada uno de los diferentes tipos de queso tiene un proceso de elaboración diferente, muchas de las etapas son iguales. En la Figura 1 se muestra un esquema general para la elaboración de queso y a continuación su descripción.

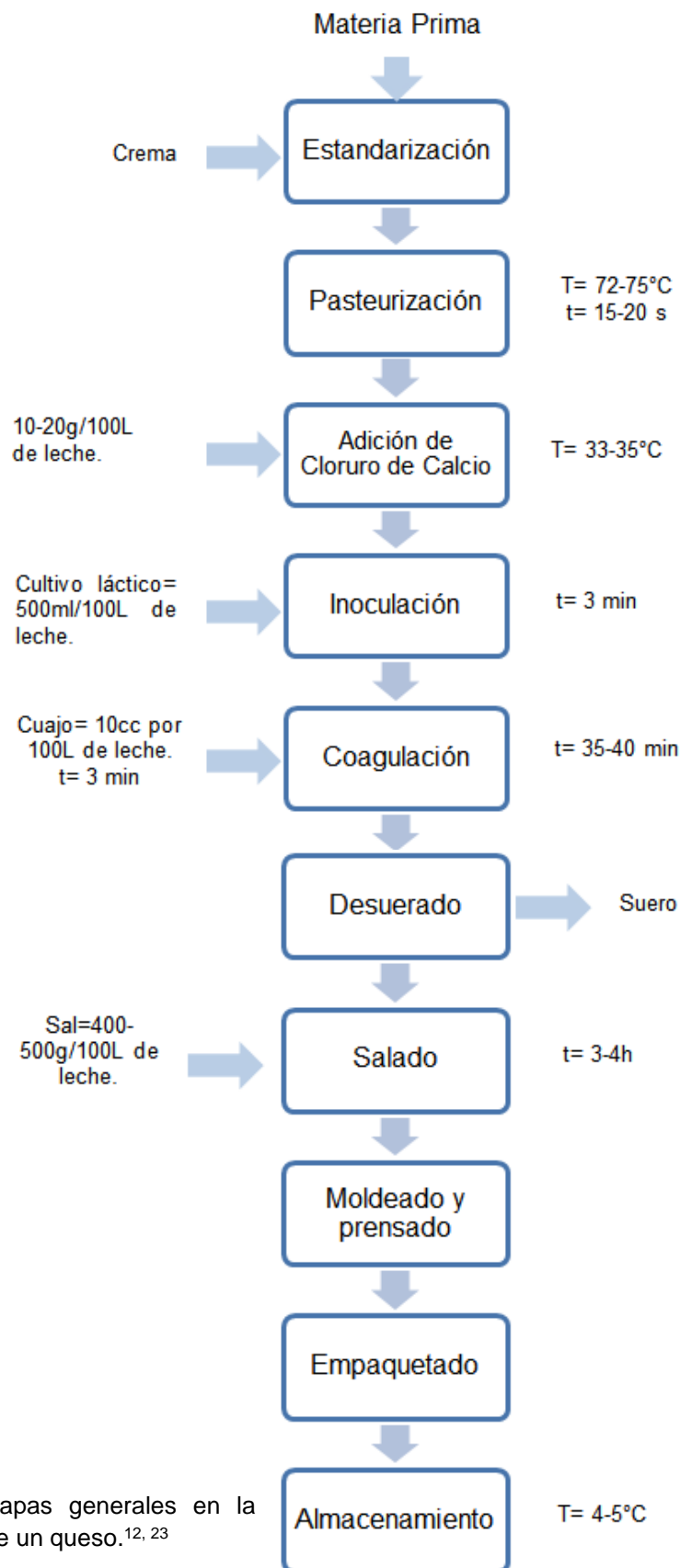


Figura 1. Etapas generales en la elaboración de un queso.^{12, 23}

1. ESTANDARIZACIÓN:

Para la elaboración de queso es necesario estandarizar el contenido de grasa, para esto es conveniente mezclar leche o crema con diferentes cantidades de materia grasa²³.

La estandarización de la grasa en la leche se calcula por el método del cuadro de PEARSON.

Este método permite definir que proporciones de dos ingredientes deben mezclarse a fin de obtener la concentración deseada. Para hacer uso de este, en los vértices del lado izquierdo de un cuadro imaginario se escriben los dos ingredientes que se van a utilizar y la concentración del nutriente de interés en dichos alimentos. En el centro de dicho cuadro se anota la concentración deseada del nutriente. Para obtener las proporciones de ingredientes que se utilizaran, se resta diagonalmente, y las diferencias se colocan en los vértices derechos.

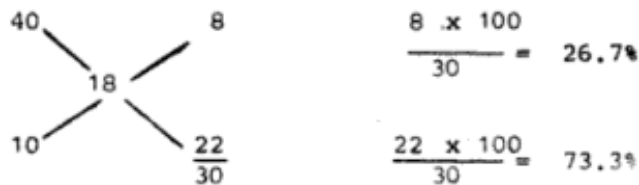


Figura 2. Ejemplo de Método de Pearson.²⁴

Para transformar a porcentaje, se suman ambas cifras, se divide cada una por dicha suma y se multiplica por 100²⁴.

2. PASTEURIZACIÓN:

Las posibles causas de contaminación de la leche como son: el animal (glándula mamarias, piel, heces, alimentos y agua que ingiere), establo (moscas, aire, agua, forraje, paja, suelo, etc.), utensilios (equipo de ordeño, baldes, tarros, filtros, enfriadora, etc.), así como durante la recolección y el transporte, y durante la recepción y el procesamiento industrial y el uso de materiales poco apropiados durante el ordeño, manipulación, almacenamiento y transporte de la leche, originan serios riesgos, ya que es factible la contaminación por microorganismos patógenos (*Bacterias ácidas lácticas*, *Yersina E. coli*, *Shigella*, *Enterobacterias*, *Klebsiella*, *Salmonella*, *Proteus*, *Serratia*, *Pseudomonas*, *Brucella*) y con otros que pueden alterarla con relativa facilidad. La necesidad de eliminar este peligro ha hecho indispensable aplicarle un tratamiento térmico como la pasteurización con el fin de eliminar las formas patógenas y la mayor parte de la flora natural permitiendo tener una leche sana para el consumo humano y con un periodo mayor de conservación²⁵. La pasteurización se define como un calentamiento

hasta una temperatura inferior al punto de ebullición, con el objeto de eliminar los microorganismos (bacterias patógenas y lácticas), que siempre están presentes y son propiedad de la leche. La pasteurización también destruye ciertas enzimas, en especial las lipasas, cuya actividad es indeseable. Por lo tanto la pasteurización, no solo sana la leche, sino que también prolonga el tiempo de conservación. El método utilizado es la pasteurización rápida (HTST): alta temperatura-corto tiempo. A través de intercambiadores de calor de placas, la leche es tratada a 72-75°C, durante 15 a 20 segundos. Después de pasteurizar la leche debe enfriarse a 33-35°C, para el procesamiento del queso^{23, 29}.

3. ADICIÓN DE CLORURO DE CALCIO

Durante la pasteurización se pierden los iones de calcio que normalmente tiene la leche, elemento esencial para la consistencia y rendimiento de la leche, así como una mejor retención de grasa y otros sólidos. Por lo que se debe restituir el calcio perdido, para que coagule. Esto se hace añadiendo 10-20g de cloruro de calcio por cada 100 litros de leche.

El cloruro de calcio se presenta granulado y se prepara pesando la cantidad necesaria y disolviendo en más o menos diez veces su volumen de agua tibia.

Esta preparación debe hacerse preferentemente una media hora antes de que se añada a la leche, con el objeto de que el calcio se disuelva perfectamente. No se debe añadir mayor cantidad que la recomendada, porque el cloruro de calcio confiere al queso sabor amargo. El producto debe añadirse a la leche cuando está a una temperatura de entre 33-35°C²⁶.

4. INOCULACIÓN

Con el uso de la pasteurización se pierden las bacterias lácticas que tiene la leche; entonces, se hace necesario sustituir estas bacterias utilizando los cultivos lácticos producidos en condiciones técnicas que garanticen su calidad.

Los cultivos lácticos están constituidos principalmente por *Streptococcus lactis* y *Streptococcus cremoris*, bacterias que fermentan la lactosa (azúcar de la leche) con producción de ácido láctico que generalmente vienen mezcladas con otras bacterias como el *Leuconostoc citrovorum*, *Streptococcus diacetylactis* que fermentan el ácido cítrico y citratos con producción de aroma, obteniéndose quesos de mejor calidad.

La adición de cultivo láctico es de 500 ml / 100 litros de leche. Usualmente se utiliza un periodo de maduración de 5 a 10 minutos. Después que el cultivo láctico

ha madurado adecuadamente a la leche, se debe agregar el cuajo y agitarlo durante 3 minutos²³.

5. COAGULACIÓN

La coagulación de la leche se define como la desestabilización de la solución coloidal de caseína que da lugar a la aglomeración de las micelas libres y la formación de un gel que contiene el resto de los componentes de la leche. La coagulación ácida o láctica suele ser utilizada para la elaboración de quesos frescos mientras que la enzimática es la empleada de forma mayoritaria en quesos maduros.

Se utiliza cuajo en pastillas, polvo o líquido. Cada casa comercial indica en las instrucciones la capacidad de coagulación del producto, lo que se denomina <<poder del cuajo>>. A pesar de estas instrucciones, se debe de tomar en consideración que el cuajo, cualquiera que fuera su presentación, por el manejo pierde poder, por lo que es necesaria mayor cantidad para coagular la misma cantidad de leche.

La pérdida del poder del cuajo está dada principalmente por el tiempo de fabricación, temperatura y luz. De acuerdo con esto, se recomienda usar un cuajo de poco tiempo de preparación, o almacenamiento en refrigeración más o menos a 10°C y en lugar oscuro.

La adición de cuajo líquido es de 10cc por 100 litros de leche. Se agita la leche con el cuajo durante 3 minutos y se deja en total reposo²⁶.

La coagulación de la leche puede ser lograda por acción de compuestos ácidos o enzimas.

La coagulación enzimática de la leche es influida por la concentración del cuajo, la acidez de la leche, la temperatura y por la cantidad de calcio soluble presente²³.

Transcurridos 30 minutos, se realiza lo que se llama <<la prueba de la cuajada>>, para determinar si esta lista o no para realizar el <<corte>>. La cuajada esta lista cuando al introducir verticalmente una espátula y sacarla, se produce un corte perfecto y sale un suero color verde amarillo²⁶.

El corte de la cuajada tiene por finalidad provocar la expulsión (salida) del suero, transformando la masa de cuajada en <<granos de queso>> de un tamaño determinado. El tamaño de grano de cuajada depende del contenido de humedad (suero) que se desea en el producto. El corte consiste en introducir una lira (instrumento de forma rectangular formado por una serie de alambres de acero inoxidable o de nylon colocados en forma vertical con un ancho de corte entre

alambres de 2.0 a 2.5 cm) ligeramente inclinada y pegada a la pared de la tina y cortar la cuajada en una misa dirección; al llegar al extremo opuesto de la tina, se da una vuelta de 180° y se sigue el corte en dirección longitudinal; así, hasta cubrir toda la tina (redonda). Luego se procede a cortar la cuaja en dirección transversal a la anterior, siguiendo el mismo procedimiento. Después, utilizando una pala plástica, se trae hacia la superficie y al centro la cuajada en forma de listones verticales para ser cortados con la lira en sentido transversal a ellos, obteniéndose así los cubitos (granos) de cuajada de tamaño de 1.5 cm y se agita suavemente durante 5 minutos; se deja en reposo durante 3 minutos para que los cubitos de cuajada se asienten y se pueda realizar el desuerado (eliminación del suero)²³.

6. DESUERADO

La deshidratación parcial del gel de caseína o desuerado se efectúa por un fenómeno físico espontáneo de contracción de las micelas y la expulsión del suero llamado sinéresis. En una cuajada ácida la sinéresis es rápida, pero como sus micelas tienen poca contractibilidad y son permeables, es necesario calentarla para favorecer el desarrollo de acidez por los fermentos lácteos y aumentar la contractibilidad, logrando un desuerado más eficiente.

En una cuajada enzimática el desuerado no es espontáneo por la impermeabilidad de las micelas, es imprescindible intervenir mecánicamente de la siguiente manera:

- Corte de la cuajada para aumentar la superficie de sinéresis o exudación.
- Movimiento de los gránulos de cuajada para evitar que estos se unan y así favorecer el desuerado.
- Se puede acelerar la sinéresis mediante el calentamiento del coágulo.
- El gel cortado y agitado se somete a prensado, lo que aumenta el escurrimiento de los gránulos.

Como resultado del desuerado se tienen un gel parcialmente deshidratado, compuesto de caseína y material graso. El suero exudado contiene principalmente lactosa, lactoalbumina, lactoglobulina, sales, etcétera.

La mayor parte del suero sale en el proceso de corte antes descrito y se debe sacar de la tina después del asentamiento de la cuajada. Se debe separar entre el 70 y el 80% del suero²⁷.

7. SALADO

Una vez eliminado el suero, la cuajada queda en el fondo de la tina, sobre ella se dispersa sal refinada. En este sistema de salado se recomienda por cada 100 litros de leche, añadir de 400 a 500 gramos de sal refinada²⁶.

El salado de efectúa por las siguientes razones:

- Influye para la buena estructura del producto.
- Mejora la consistencia de la corteza.
- Mejora el sabor del producto.
- Impide el desarrollo de diferentes bacterias (especialmente las formadoras de gas)²³.

8. MOLDEADO Y PRENSADO

Después del salado de la cuajada, los moldes, que pueden ser de acero inoxidable o de plástico PVC, cuadrados o redondos, se cubren con un lienzo y se llenan con la cuajada. En este momento, se debe hacer una pequeña presión al queso para compactarlo mejor. Este queso no se prensa, solamente se voltean los moldes tres veces a intervalos de 15 minutos. Seguidamente, se deja reposar por 3 horas y luego se sacan los moldes y se guarda el queso en refrigeración²⁸.

9. EMPAQUETADO

El empaque, se hace con material que no permita el paso de humedad. Generalmente se usa un empaque plástico²⁸.

10. ALMACENAMIENTO

Se debe almacenar en refrigeración (4-5°C), para impedir el crecimiento de microorganismos, detener el desarrollo de la acidez, aumentar su tiempo de conservación y tener siempre queso fresco.

Si se mantiene el queso en condiciones óptimas (refrigeración y limpio) su duración será entre 3 y 7 días²³.

1.3. QUESO CREMA

1.3.1. DEFINICIÓN

El queso crema es un producto lácteo, fermentado no madurado, obtenido por acidificación con cultivos lácticos mesófilos. Es fresco, blando con alto contenido de humedad y contenido graso mínimo de 22%, elaborado con leche entera homogenizada y pasteurizada, crema de leche y sal, posee una consistencia suave

y cremosa. Como producto semi-perecedero, con una durabilidad máxima de 20 días dependiendo de las condiciones de elaboración y almacenamiento

El queso crema (queso de nata) es un queso blando, untable, no madurado y sin corteza. Presenta una coloración que va de casi blanco a amarillo claro. Su textura es suave o ligeramente escamosa y sin agujeros y el queso se puede untar y mezclar fácilmente con otros alimentos³⁰.

1.3.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Tabla 4. Composición química de un queso crema³¹.

COMPONENTES	%
Humedad	53.75
Grasa	34.87
Proteína	7.55
Carbohidratos	2.66
Cenizas	1.17

Fuente: Menchu, M. & Méndez, H. 2012. Tablas de composición de alimentos en Centroamérica: ICAP. Guatemala. Serviprensa. 27.

1.4. HARINAS

1.4.1. DEFINICIÓN

La harina (término proveniente del latín *farina*, que a su vez proviene de *far* y de *farris*, nombre antiguo del farro) es el polvo fino que se obtiene del cereal molido y de otros alimentos ricos en almidón.

La harina, sin otro calificativo, es «el producto finamente triturado, obtenido de la molturación del grano, maduro, sano y seco e industrialmente limpio». Productos similares procedentes de otros cereales deben indicar el nombre del grano con el que se elabora.

Se puede obtener harina de distintos cereales. Aunque la más habitual es harina de trigo también se hace harina de centeno, cebada, avena, maíz, arroz, etc.

El proceso general para la obtención de una harina es el siguiente:

- *Limpieza preliminar de los granos*, mediante corrientes de aire que separan el polvo, la paja y los granos vacíos.
- *Escogido de los granos*, mediante cilindros cribados que separan los granos por su tamaño y forma.
- *Despuntado y descascarillado*, en esta fase se eliminan el embrión y las cubiertas del grano.

- *Cepillado de la superficie de los granos*, para que queden totalmente limpios.
- *Molturación*, finalmente se pasa a la molienda por medio de rodillos metálicos de superficie ásperas y lisas, que van triturando el grano y obteniendo la harina.
- *Refinado*, una vez obtenida la harina pasa a través de una serie de tamices que van separando las diferentes calidades de harina³².

Las harinas son utilizadas como materia prima para la elaboración de diferentes preparaciones como panes, tortas, galletas, espesantes para sopas, pudines, entre otras.

La harina más utilizada para panificación es la harina fina de trigo, pues presenta unas proteínas muy fuertes que al contacto con el agua forman el gluten, conocida como harina fuerte por el porcentaje de proteína que aporta (10-12%); al adicionar levadura o polvo de hornear en las preparaciones de pan o galleta se produce gas carbónico, responsable de que los productos leuden (crezcan), este gas queda atrapado en la masa y permite el crecimiento del pan y tortas³³.

1.4.2. HARINA DE TRIGO

1.4.2.1. DEFINICIÓN

Es la obtenida de la molienda del trigo del grano maduro, entero, quebrado, sano y seco del genero *Triticum L.*; de las especies *T. vulgare*, *T. compactum* y *T. durum* o mezclas de éstas, limpio, sano, en el que se elimina gran parte del salvado y germen y el resto se tritura hasta obtener un grano de finura adecuada³⁴.

1.4.2.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Tabla 5. Composición química de la harina de trigo⁵⁴

COMPONENTE	%
Humedad	6.0
Fibra	0.43
Carbohidratos	80.5
Proteínas	11.20
Grasas	1.20
Cenizas	0.67

Fuente: Muñoz C.M., Villasana C.A.1996. *Tablas de valor nutritivo de los alimentos.2° Ed. México: Ed. Pax.*

El uso de la harina de trigo en el pan es en parte gracias al gluten. El gluten es una proteína compleja que le otorga al pan su elasticidad y consistencia.

1.4.2.3. GLUTEN

El gluten es una glucoproteína que se encuentra en cereales como el trigo, la cebada, el centeno, la avena y el triticale; los cereales que no contienen gluten son: trigo sarroceno, maíz, mijo y arroz y los pseudocereales que no contienen gluten son: el amaranto y quínoa. A su vez, el gluten está compuesto por dos glucoproteínas: la gliadina y la glutenina.

Las proteínas formadoras de gluten se denominan también proteínas de almacenamiento, representan 80-85% del total de las proteínas del trigo y sirven como fuente de nitrógeno durante la germinación de la semilla³⁵. Se encuentran en el endosperma del grano de trigo maduro, donde forman una matriz continua alrededor de los gránulos de almidón. Las proteínas del gluten son insolubles en agua o en soluciones salinas diluidas y pueden ser divididas en dos grupos de acuerdo a su funcionalidad: las gliadinas monoméricas y las gluteninas poliméricas. La composición de aminoácidos de las gliadinas y de las gluteninas es similar; se caracterizan por tener altas concentraciones de glutamina (un tercio o más del residuo total de aminoácidos) y de prolina (una séptima parte o más del residuo total de aminoácidos). En síntesis, se considera que las gliadinas son las responsables de la viscosidad del gluten, mientras que las gluteninas son las encargadas de conferir fuerza y elasticidad al gluten³⁶.

Las proteínas que integran el gluten se encuentran localizadas en cuerpos proteicos en el endosperma del grano; durante el amasado se produce la ruptura de estos cuerpos y su hidratación, formando una red tridimensional continua en donde se encuentra humedecido el almidón que impide la difusión del gas y permitir la formación y estabilización de las paredes alveolares en el pan horneado. Las interacciones de tipo covalentes y no covalentes entre los polipéptidos más grandes que forman la masa producen una matriz elástica y extensible. El gluten es una mezcla compleja de proteínas que varían en su proporción, estructura y propiedades.

Sus propiedades funcionales son: capacidad de absorber agua, y retener gases, tiene capacidad de expandirse y otorgar a la masa esa viscoelasticidad característica del gluten así como la termocoagulación. Estas características son únicas del gluten y lo diferencian de cualquier otra proteína vegetal.

El gluten es una proteína de bajo valor nutritivo, cuyo uso se masificó debido a su capacidad de retener aire en la matriz proteica facilitando que la masa se adhiera mejor, fenómeno que favorece la elaboración del pan. Las gliadinas son la fracción

soluble en alcohol del gluten y contienen la mayor parte de los componentes tóxicos para los celíacos; son ricas en glutamina y prolina, cuya digestión en el tracto gastrointestinal es más difícil que el de otros péptidos³⁷.

1.4.3. HARINA DE ARROZ

1.4.3.1. DEFINICIÓN

Se define Harina de Arroz al producto resultante de la molienda del grano de arroz; maduro, limpio, entero o quebrado y seco de la especie *Oriza sativa*, L; blanco o ligeramente amarillento, el cual puede presentarse con o sin pericarpio, sin glumas y pulido³⁸.

El arroz contiene un bajo contenido en prolaminas³⁹, su carácter hipoalergénico, sabor insípido, bajo contenido en sodio y alto contenido de carbohidratos de fácil digestión, lo transforman en un cereal especialmente apto no solo para preparar alimentos para intolerantes al gluten, sino también para intervenir en dietas especiales^{40,41,42,43}.

1.4.3.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Tabla 6. Composición química de la harina de arroz⁵⁴

COMPONENTE	%
Humedad	7.94
Fibra	2.40
Carbohidratos	80.13
Proteínas	6.90
Grasas	1.42
Cenizas	1.21

Fuente: Muñoz C.M., Villasana C.A.1996. *Tablas de valor nutritivo de los alimentos.*2° Ed. México: Ed. Pax.

1.4.4. HARINA DE AMARANTO

1.4.4.1. DEFINICIÓN

El amaranto es una dicotiledónea de la familia *Amaranthaceae*. Pertenece al género *Amaranthus* que comprende aproximadamente 70 especies, existiendo una amplia variabilidad genética entre éstas. Dichas especies se pueden cultivar tanto para la producción de grano de alto valor nutritivo como de forraje, o pueden también crecer como malezas agresivas. Las tres principales especies que son cultivadas para la producción de grano son *A. hypochondriacus*, originario de México, *A. cruentus*, originario de Guatemala y del sureste de México.

Los análisis de composición indican que los contenidos de proteína cruda, grasa, fibra y cenizas del amaranto son generalmente más altos que en los cereales, sin embargo el contenido de carbohidratos es más bajo.

En general el contenido de aminoácidos esenciales del amaranto tiene niveles adecuados; muy en particular los aminoácidos azufrados (2.6 a 5.5%) y lisina (3.2 a 6.4%); este último corresponde a casi el doble de lo que contiene el maíz y el trigo (2.2 a 4.5%) y algo menos de lo encontrado en leguminosas importantes como chícharo, frijoles y soya (1.4%). Esta composición de aminoácidos es poco usual debido a su balance cercano al óptimo requerido en la dieta humana en adultos según la FAO, lo que hace de este grano una cosecha promisoriosa como alimento o fuente de proteínas en la dieta⁴⁴.

También se podría utilizar en la preparación de productos libres de gluten y alimentos funcionales^{45, 46}.

La superficie sembrada de amaranto en 2012 en México fue de 3,336 hectáreas con una producción de 4,278 toneladas⁴⁷.

1.4.4.2. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Tabla 7. Composición química de la harina de amaranto³¹

COMPONENTE	%
Humedad	8.00
Fibra	3.50
Carbohidratos	66.27
Proteínas	14.45
Grasas	6.51
Cenizas	1.10

Fuente: Menchu, M. & Méndez, H. 2012. Tablas de composición de alimentos en Centroamérica: ICAP. Guatemala. Serviprensa. 54.

1.5. PANQUÉ TRADICIONAL

1.5.1. HISTORIA

El pan constituye la base de la alimentación desde hace 7000 u 8000 años⁴⁸. Al principio era una pasta plana, no fermentada, elaborada con una masa de granos machacados groseramente y cocida, muy probablemente sobre piedras planas calientes.

Parece que fue en Egipto donde apareció el primer pan fermentado, cuando se observó que la masa elaborada el día anterior producía burbujas de aire y aumentaba su volumen, y que, añadida a la masa de harina nueva, daba un pan más ligero y de mejor gusto. Existen bajo relieves egipcios (3000 años a. de J.C.) sobre la fabricación de pan y cerveza, que sugieren que fue en la civilización egipcia donde se utilizaron por primera vez los métodos bioquímicos de elaboración de estos alimentos fermentados⁴⁹.

Los galos, después de Plinio, utilizaron la espuma de la cerveza para elaborar pan. Esta técnica fue olvidada y redescubierta en el siglo XVII convirtiéndose en práctica habitual en Europa hasta 1800⁵⁰. En el siglo XIX las levaduras de las cervecerías fueron remplazadas por las procedentes de las destilerías de alcohol de cereales. A finales del siglo XIX, a raíz de los trabajos de Pasteur, se desarrolla una industria específica para la producción de levaduras que culmina en 1920 con un moderno método de producción de levaduras de panadería (*Saccharomyces cerevisiae*), inventado por el danés Soren Sak y denominado «Método Zero» ya que evita la producción de etanol⁵¹.

Durante los siglos XIX y XX los oficios familiares dan paso a la construcción de fábricas que incrementan la capacidad de producción de alimentos básicos, entre ellos el pan y los productos de panadería.

1.5.2. DEFINICIÓN

El pan es el producto perecedero resultante de la cocción de una masa obtenida por la mezcla de harina de trigo, sal comestible y agua potable, fermentada por especies propias de la fermentación panaria, como *Saccharomyces cerevisiae*⁵².

Tipos de pan:

- *Pan común*, se define como el de consumo habitual en el día, elaborado con harina de trigo, sal, levadura y agua, al que se le pueden añadir ciertos coadyuvantes tecnológicos y aditivos autorizados.
- *Pan especial*, es aquel que, por su composición, por incorporar algún aditivo o coadyuvante especial, por el tipo de harina, por otros ingredientes especiales (leche, huevos, grasas, cacao, etc.), por no llevar sal, por no haber sido fermentado, o por cualquier otra circunstancia autorizada, no corresponde a la definición básica de pan común⁵³.

1.5.3. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Tabla 8. Composición química de un panqué tradicional⁵⁴

COMPONENTE	%
Humedad	16.40
Carbohidratos	60.80
Proteínas	9.10
Grasas	11.60
Cenizas	1.5
Fibra	0.60

Fuente: Muñoz C.M., Villasana C.A.1996. *Tablas de valor nutritivo de los alimentos.*2º Ed. México: Ed. Pax.

1.5.4. ETAPAS EN LA ELABORACION DE UN PANQUÉ TRADICIONAL

Mantequilla=17.54%
Azúcar=17.54%
Huevo=8.77%
Vainilla=3.5%
Harina de trigo=34.21%
Polvo para hornear=0.87%
Sal=0.13%
Leche=17.54%

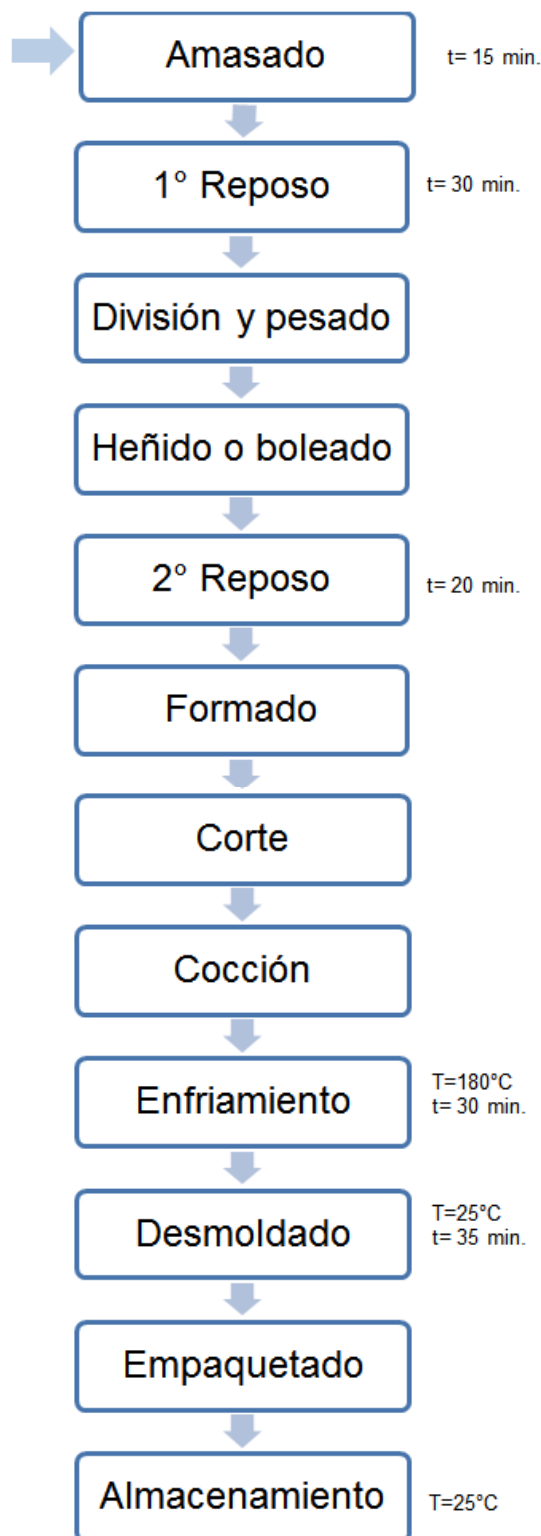


Figura 3. Etapas en la elaboración de un panqué tradicional⁵³.

A continuación se describe el proceso general para la elaboración de un pan:

1. AMASADO

Se trata de mezclar de forma homogénea los ingredientes (mantequilla, azúcar, huevo, harina, polvo para hornear, saborizante, sal y leche) hasta formar una masa flexible y elástica. Por un tiempo de 15 minutos.

Sus objetivos son lograr la mezcla íntima de los distintos ingredientes y conseguir, por medio del trabajo físico del amasado, las características plásticas de la masa así como su perfecta oxigenación.

2. 1° REPOSO

Se deja la masa un tiempo hasta doblar su volumen, durante un tiempo de 30 minutos.

3. DIVISIÓN Y PESADO

Su objetivo es dar a las piezas el peso justo. Si se trata de piezas grandes se suelen pesar a mano. Si se trata de piezas pequeñas se puede utilizar una divisora hidráulica, pesando a mano un fragmento de masa múltiplo del número de piezas que da la divisora. En las grandes panificadoras donde el rendimiento horario oscila entre las 1000 y 5000 piezas se suele recurrir a las divisoras volumétricas continuas.

4. HEÑIDO O BOLEADO

Consiste en dar forma de bola al fragmento de masa y su objetivo es reconstruir la estructura de la masa tras la división.

5. 2° REPOSO

Su objetivo es dejar descansar la masa para que se recupere de la desgasificación sufrida durante la división y boleado. Esta etapa puede ser llevada a cabo a temperatura ambiente en el propio obrador o mucho mejor en las denominadas cámaras de bolsas, en las que se controlan la temperatura y el tiempo de permanencia en la misma.

6. FORMADO

Su objetivo es dar la forma que corresponde a cada tipo de pan. Si la pieza es redonda, el resultado del boleado proporciona ya dicha forma. Si la pieza es grande o tiene un formato especial suele realizarse a mano. Si se trata de barras, que a menudo suponen más del 85% de la producción de una panadería, se realiza por medio de máquinas formadoras de barras.

7. CORTE

Operación intermedia que se hace después del formado, justo en el momento en que el pan va a ser introducido en el horno. Consiste en practicar pequeñas incisiones en la superficie de las piezas. Su objetivo es permitir el desarrollo del pan durante la cocción.

8. COCCIÓN

Su objetivo es la transformación de la masa en pan, lo que conlleva: reacción del CO₂ el cual al calentarse forma pequeñas burbujas que hacen que el volumen de la masa aumente, provocando un esponjamiento; evaporación de parte del agua contenida en el pan; coagulación de las proteínas, transformación del almidón en dextrinas y azúcares menores y pardeamiento de la corteza. La cocción se realiza en hornos a temperaturas que van desde los 220 a los 260 °C, aunque el interior de la masa nunca llega a rebasar los 100 °C⁵⁵.

1.5.5. FUNCIONALIDAD DE LOS INGREDIENTES

Tabla 9. Funcionalidad de los ingredientes para la elaboración de un panqué tradicional.

INGREDIENTES	FUNCIONALIDAD
Harina	Le da estirabilidad o elasticidad a las masas, una característica que las hace retener el gas o los gases esponjantes. Contribuye con estructura o rigidez a los productos horneados. Esta rigidez se debe al gluten, que se coagula por el calor, y almidón, que se gelatiniza ^{56, 57} .
Agua	El agua hidrata la harina facilitando la formación del gluten, con ello y con el trabajo mecánico del amasado se le confieren a la masa sus características plásticas: la cohesión, la elasticidad, la plasticidad y la tenacidad o nervio ⁵⁸ . También hidrata el almidón y hace posible su gelatinización durante el horneado. La presencia de agua en la masa también es necesaria para el desarrollo de las levaduras que han de llevar a cabo la fermentación del pan.
Sal	Su objetivo principal es dar sabor al pan ⁵⁹ . Además es importante porque hace la masa más tenaz, actúa como regulador de la fermentación, favorece la coloración de la corteza durante la cocción y aumenta la capacidad de retención de agua en el pan ⁵⁸ .

Huevo	Sirve como medio de incorporación de aire en los batidos y masas. El huevo contiene proteína, la cual contribuye a la elasticidad del batido y a la estructura de los productos horneados. La yema de huevo contiene un material graso que puede unir o emulsificar dos líquidos incompatibles, el agua y la grasa derretida.
Grasa	Se utiliza para ablandar el producto. Realizo esto en parte, repeliendo el agua de las partículas de la harina. Ello limita la facilidad con que se desarrolla el gluten. La grasa también lubrica el gluten en bandas ya formadas y les permite deslizarse unas sobre otras más fácilmente.
Azúcar	Contribuye a la dulzura y a la suavidad de los productos horneados. El azúcar disminuye la captación del agua de la harina e interfiere en esa forma en esa forma con el desarrollo del gluten. El azúcar sirve también como medio para incorporar aire en la grasa y en el batido. Ayuda en el tostamiento. El color es atribuido a una reacción entre los azúcares reducidos y las proteínas. En ausencia del azúcar, el tostamiento resulta de la dextrinización del almidón.
Polvo para hornear	Es un agente leudante que reacciona al líquido y produce CO ₂ el cual al calentarse forma pequeñas burbujas que hacen que el volumen de la masa aumente, quedando el gas atrapado en la masa Es una combinación de bicarbonato sódico, sales ácidas (suelen tener dos ácidos) y almidón (absorbe la humedad dentro de los sobres que la contienen para que no reaccionen los ácidos con el bicarbonato). Uno de los ácidos activa el bicarbonato sódico tan pronto como se mezcla con los líquidos de la masa batida. El segundo ácido no se activa hasta que entra en contacto con el calor. Esta propiedad se aprovecha desde el inicio en la masa y a temperatura ambiente como hasta casi el final del horneado. Debido a que los ácidos necesarios para la activación ya están contenidos en este ⁶⁰ .

Fuente: Humanes, J.P. 1994. Pastelería y Panadería. Madrid: McGrawHill Interamericana.

1.6. INTOLERANCIA AL GLUTEN Y SU IMPORTANCIA

La intolerancia al gluten consiste en una intolerancia a las proteínas del gluten (gliadinas, secalinas, hordeínas y, posiblemente, aveninas) que cursa con una atrofia severa de la mucosa del intestino delgado superior. Como consecuencia, se establece un defecto de utilización de nutrientes (principios inmediatos, sales y vitaminas) a nivel del tracto digestivo, cuya repercusión clínica y funcional va a estar en dependencia de la edad y la situación fisiopatológica del paciente. Esta intolerancia es de carácter permanente, se mantiene a lo largo de toda la vida y se presenta en sujetos genéticamente predispuestos a padecerla. Parece que la ausencia de lactancia materna, la ingestión de dosis elevadas de gluten, así como la introducción temprana de estos cereales en la dieta de personas susceptibles, son factores de riesgo para su desarrollo. Un régimen estricto sin gluten conduce a la desaparición de los síntomas clínicos y de la alteración funcional, así como a la normalización de la mucosa intestinal⁶¹.

1.6.1. SÍNTOMAS

La intolerancia al gluten presenta síntomas intestinales (96% pacientes) y extraintestinales (97%). Los principales síntomas intestinales son dolor abdominal y gases, seguido por la diarrea y el estreñimiento. En cuanto a los síntomas extraintestinales, el más común es la “mente nublada”, descrita como una sensación de letargo y vista borrosa que ocurre después de consumir comida que contienen gluten, seguido por fatiga, dolor de cabeza, dolor de piernas y brazos, depresión y ansiedad y anemia⁶².

Tabla 10. Manifestaciones clínicas según la edad de presentación⁶³

SINTOMAS		
Niños	Adolescentes	Adultos
Diarrea	Frecuentemente	Dispepsia
Anorexia	asintomáticos	Diarrea crónica
Vómitos	Dolor abdominal	Dolor abdominal
Dolor abdominal	Cefalea	Síndrome de intestino irritable
Irritabilidad	Artralgias	Dolores óseos y articulares
Apatía	Menarquia retrasada	Infertilidad, abortos recurrentes
Introversión	Irregularidades menstruales	Parestesias, tetania
Tristeza	Estreñimiento	Ansiedad, depresión, epilepsia, ataxia.
	Habito intestinal irregular	

SIGNOS		
Niños	Adolescentes	Adultos
Malnutrición Distensión abdominal Hipotrofia muscular Retraso ponderoestatural Anemia ferropénica	Aftas orales Hipoplasia del esmalte Distensión abdominal Debilidad muscular Talla baja Artritis, osteopenia Queratosis folicular Anemia por déficit de hierro	Malnutrición con o sin pérdida de peso Edemas periféricos Talla baja Neuropatía periférica Miopatía proximal Anemia ferropénica Hipertransaminemia Hipoesplenismo

Fuente: Polanco, I., Ribes, C. Enfermedad Celiaca. Madrid; 39.

1.6.2. DETECCIÓN Y SITUACIÓN ACTUAL

La intolerancia al gluten generalmente es detectada por pruebas serológicas de anticuerpos específicos para intolerantes al gluten. El diagnóstico se confirma mediante biopsias de la mucosa duodenal. Tanto la serología y biopsia se debe realizar mientras se tiene una dieta que contiene gluten^{64, 65}.

El tratamiento para la intolerancia al gluten es principalmente una dieta sin gluten (DSG), que requiere una educación significativa por parte del paciente, motivación y seguimiento. Además, deben evaluarse los trastornos asociados con la intolerancia al gluten que podrían causar síntomas persistentes, tales como la colitis microscópica, la disfunción pancreática exocrina, y las complicaciones de la intolerancia al gluten, como el linfoma asociado a enteropatía o intolerancia al gluten refractaria⁶⁴.

En México el 4.3% de la población padece de intolerancia al gluten es decir que 1 de cada 140 mexicanos la padecen, esta enfermedad generalmente es detectada por pruebas serológicas de anticuerpos específicos para celíacos⁶⁵.

En 2006 se reportó el primer estudio poblacional de detección serológica de intolerantes al gluten en suero de donadores de sangre sanos en México (n=1,009), demostrando una inesperada prevalencia alta de positividad para tTGA-IgA (3%)⁶⁶. Dos estudios posteriores demostraron que probablemente la prevalencia real varía entre 0.7 y 1% (IC 95%, 1.6-3.2%)^{67, 68}. Un estudio más reciente encontró que 0.9% de la población mexicana puede ser intolerante al gluten⁶⁹, de manera que se estima que entre 800,000 y 1, 000,000 de personas en México tienen intolerancia al gluten y pudieran beneficiarse de una dieta libre de gluten.

En México se ha determinado que 6% de los pacientes adultos con diabetes mellitus tipo 1⁷⁰, 9% de los niños con diabetes mellitus tipo 1⁷¹, 3.5% de mujeres con infertilidad⁷², 3% de los pacientes diagnosticados con síndrome de intestino irritable⁷³ e incluso 23% de los niños con síndrome de Williams-Beuren⁷⁴ padecen intolerancia al gluten.

En un estudio reciente, realizado en 1,238 sujetos de una población del estado de Sinaloa, mediante un cuestionario autoadministrado (sin valoración por serología ni diagnóstico médico) se estableció que 12% (10-13.5%) de los sujetos tenían reacciones adversas al ingerir gluten, pudiendo ser 0.7% alérgicos al gluten, 0.08% padecer enfermedad celiaca y 1% sufrir sensibilidad a gluten sin enfermedad celiaca⁷⁵.

CAPITULO II. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

2.1 JUSTIFICACIÓN

Los trastornos relacionados con el gluten representan un reto diagnóstico-terapéutico en la actualidad porque incluyen enfermedades que pueden tener complicaciones y efectos nocivos para la salud, como la enfermedad celiaca, hasta situaciones puramente sintomáticas, como la sensibilidad al gluten no celiaca. En México se estima que 1% de la población padece enfermedad celiaca, 0.7% alergia al trigo y la sensibilidad al gluten no celiaca varía de 1 hasta 25% en poblaciones especiales (intestino irritable, dispepsia). En la actualidad los pacientes con enfermedad celiaca comprobada deben someterse a una estricta dieta sin gluten por el riesgo potencial de complicaciones⁷⁶.

Tomando en cuenta el boom de alimentos para personas intolerantes al gluten se decidió elaborar un producto libre de gluten para este mercado y para personas que consumen erróneamente alimentos libres de gluten por considerarlos más sano.

Se desarrolló un producto de panificación (dulce) libre de gluten sustituyendo en la formulación la grasa, con queso crema para con ello lograr incrementar el contenido de proteína, en el producto.

2.2 OBJETIVO GENERAL

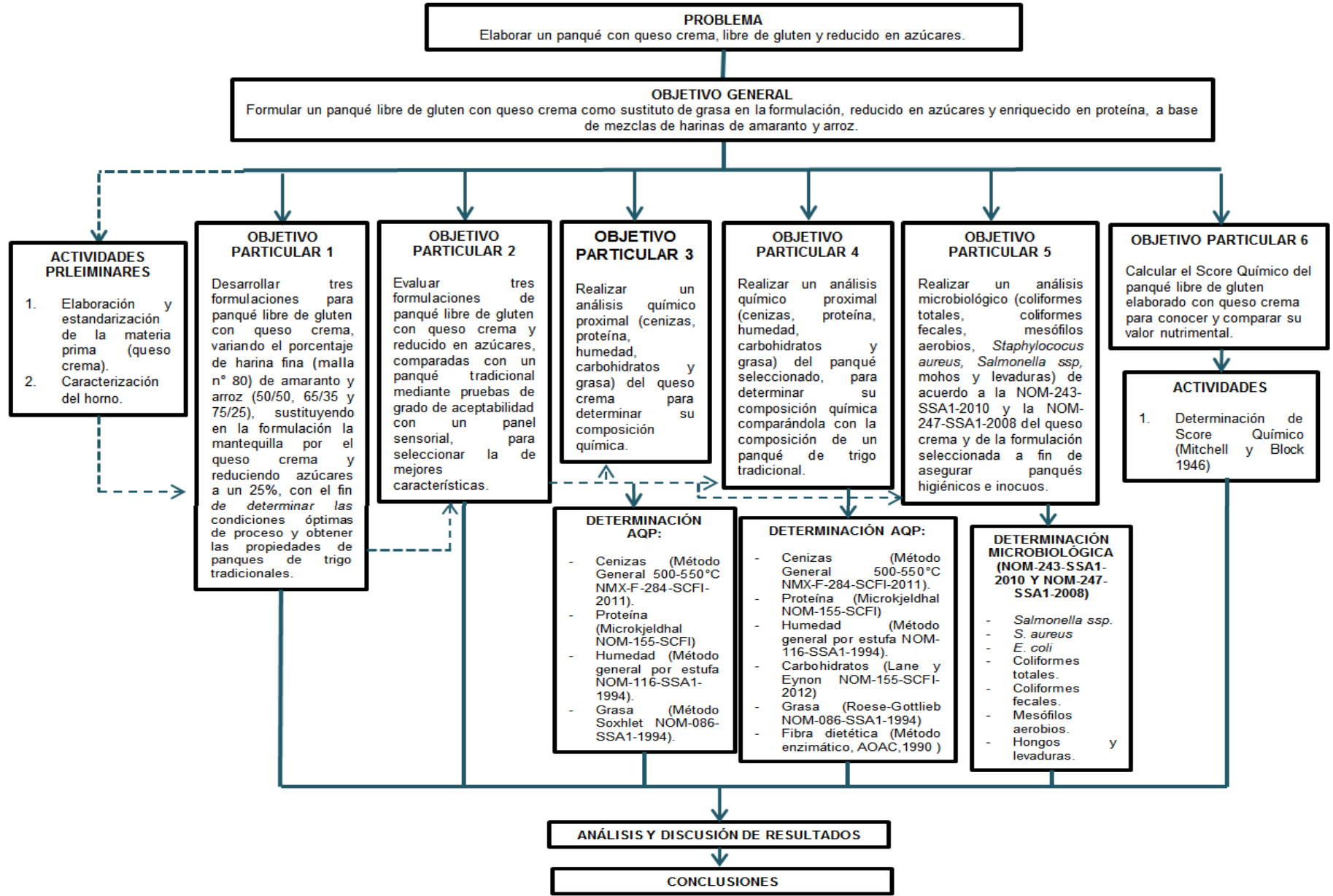
Formular un panqué libre de gluten con queso crema como sustituto de grasa en la formulación, reducido en azúcares y enriquecido en proteína, a base de mezclas de harinas de amaranto y arroz.

2.3 OBJETIVOS PARTICULARES

1. Desarrollar tres formulaciones para panqué libre de gluten con queso crema, variando el porcentaje de harina fina (malla n° 80) de amaranto y arroz (50/50, 65/35 y 75/25), sustituyendo en la formulación la mantequilla por el queso crema y reduciendo azúcares a un 25%, con el fin de determinar las condiciones óptimas de proceso y obtener las propiedades de panques de trigo tradicionales.
2. Evaluar tres formulaciones de panqué libre de gluten con queso crema y reducido en azúcares, comparadas con un panqué tradicional mediante pruebas de grado de aceptabilidad con un panel sensorial, para seleccionar la de mejores características.
3. Realizar un análisis químico proximal (cenizas, proteína, humedad, carbohidratos y grasa) del queso crema, para determinar su composición química.
4. Realizar un análisis químico proximal (cenizas, proteína, humedad, carbohidratos, grasa y fibra) del panqué seleccionado, para determinar su composición química comparándola con la composición de panqué de trigo tradicional.
5. Realizar un análisis microbiológico (coliformes totales, coliformes fecales, mesófilos aerobios, *Staphylococcus aureus*, *Salmonella ssp*, mohos y levaduras) de acuerdo a la NOM-243-SSA1-2010 y la NOM-247-SSA1-2008 del queso crema y de la formulación seleccionada a fin de asegurar panques higiénicos e inocuos.
6. Calcular el Score Químico del panqué libre de gluten elaborado con queso crema para conocer y comparar su valor nutricional.

2.4 CUADRO METODOLÓGICO

Para la realización del proyecto se presenta en la Figura 4 el cuadro metodológico.



2.5 ACTIVIDADES PRELIMINARES

2.5.1 ELABORACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA (QUESO CREMA)

Como materia prima para el producto se eligió elaborar una base de queso crema para el panqué, dicho producto lácteo se agregó a la formulación como sustituto de mantequilla en el proceso de elaboración del panqué.

En la Tabla 11 se muestra la formulación base para la elaboración del queso crema.

Tabla 11. Formulación original de un queso crema⁷⁷

MATERIA PRIMA	CANTIDAD (g)	(%)
Leche	1000	92.80
Crema	25	2.32
Leche en polvo	50	4.64
Cloruro de calcio	2	0.19
Cuajo	0.05	0.005

Fuente: Granados-Conde, C., et. al., 2016. Obtención de queso crema con propiedades funcionales suplementado con sólidos de lactosuero e inoculado con *Lactobacillus casei*. Colombia. Orinoquia; 20(2): 40-46

Se procedió con la formulación original para la elaboración de un queso crema, sin embargo en vista de la necesidad de sustituir por completo las propiedades que otorga la mantequilla para el producto final se hicieron los cálculos correspondientes para la estandarización de un queso crema con un porcentaje de grasa mayor, mediante el Método de Pearson.

2.5.1.1 MÉTODO DE PEARSON

Estandarización de grasa

Leche Fluida $\left(\begin{array}{l} 3.12\% \text{ Proteína} \\ 3.4\% \text{ Grasa} \end{array} \right)$

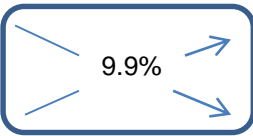
Crema $\left(\begin{array}{l} 2.3\% \text{ Proteína} \\ 24.8\% \text{ Grasa} \end{array} \right)$

Grasa

3% → 20%

X=9.9% → 66% Grasa de mantequilla

Grasa

Leche Fluida	3.4%		14.9	69.63%
Crema	24.8%		6.5	30.37%
			<hr/>	<hr/>
			21.4	100%

Componente de Grasa

$$\text{Leche} = 0.034 * 69.63 = 2.37$$

$$\text{Crema} = 0.248 * 30.37 = 7.53 \quad 2.37 + 7.53 = 9.9\%$$

Componente de Proteína

$$\text{Leche} = 0.0312 * 69.63 = 2.17$$

$$\text{Crema} = 0.023 * 30.37 = 0.7 \quad 2.17 + 0.7 = 2.9$$

En la Tabla 12 se muestra la formulación final utilizada en la elaboración del queso crema, con el porcentaje de grasa aumentado para que fuese un efectivo agente sustituyente de la mantequilla.

Tabla 12. Formulación modificada del queso crema

MATERIA PRIMA	CANTIDAD (g)	(%)
Leche	1000	69.53
Crema	436.16	30.33
Cloruro de calcio	2	0.14
Cuajo	0.05	0.004

En la Figura 5 se muestra el proceso de elaboración de queso crema adaptado de acuerdo con las necesidades del presente proyecto.

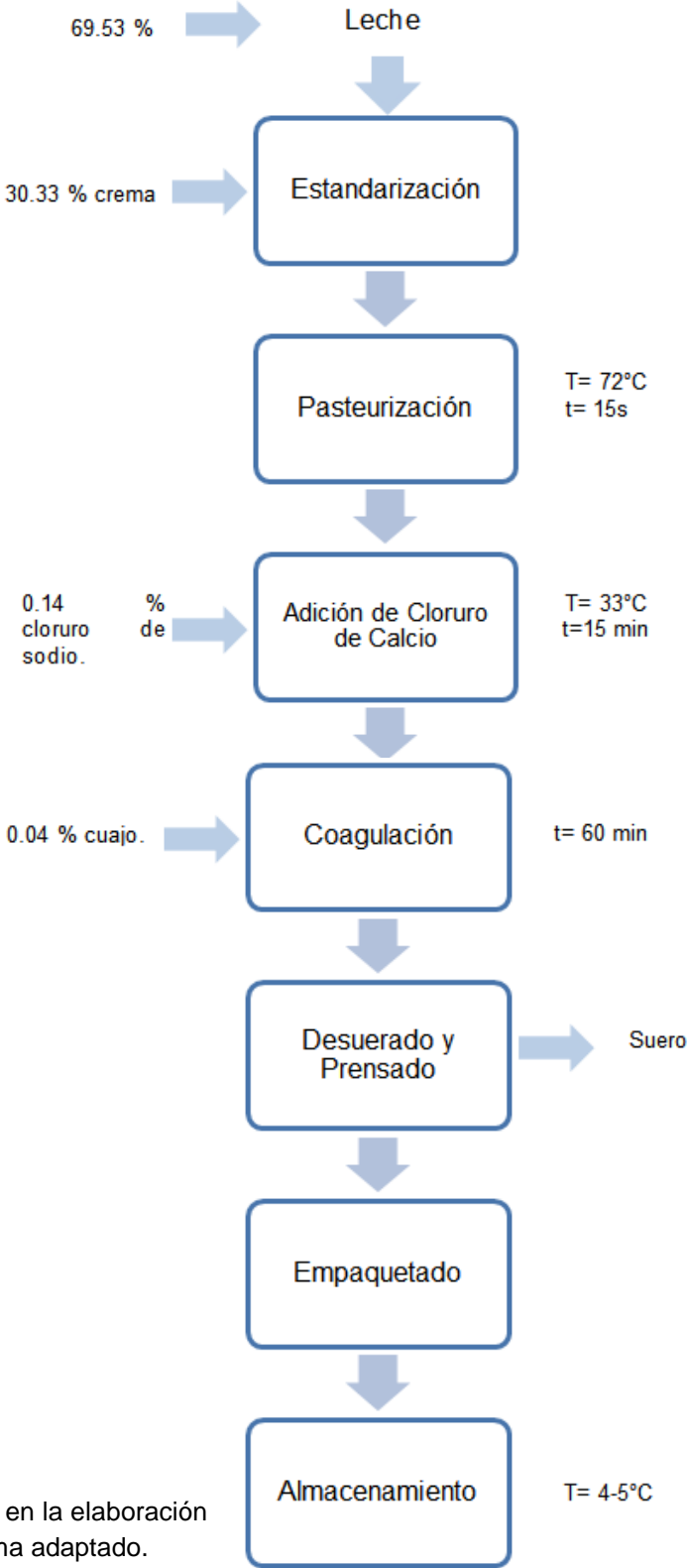


Figura 5. Etapas en la elaboración de un queso crema adaptado.

Los cambios al proceso de elaboración tradicional fueron:

- Se eliminó la etapa de salado en el queso crema, debido a que este se agregó a la mezcla para la elaboración del panqué y podría dar un sabor no adecuado para el tipo de producto que se iba a elaborar.
- De igual forma se eliminó la etapa de moldeado, ya que esta no era necesaria debido a que el queso sería agregado a la mezcla directamente para la elaboración del panqué y era más factible utilizarlo con la consistencia que se obtenía después del desuerado.

2.5.2 ELABORACIÓN DE UN PANQUÉ TRADICIONAL DE HARINA DE TRIGO

Se llevó a cabo la elaboración de un panqué tradicional con harina de trigo el cual se empleó como muestra de referencia para las pruebas de análisis sensoriales, el proceso de elaboración se muestra en el apartado de antecedentes (pag. 21-23) y la formulación empleada fue la mostrada en la Tabla 13.

Tabla 13. Formulación de un panqué tradicional de harina de trigo⁷⁸

MATERIA PRIMA	%
Harina de trigo	34.21
Mantequilla	17.54
Azúcar	17.54
Leche	17.54
Huevo	8.77
Vainilla	3.5
Polvo para hornear	0.87
Sal	0.13

Fuente: Siso, K., Pérez, E., 2015. Composición proximal, características físicas, físico-químicas y sensoriales de panques elaborados con harinas compuestas, trigo: yuca: salvado de arroz estabilizado. Venezuela. 8(1): 1-4

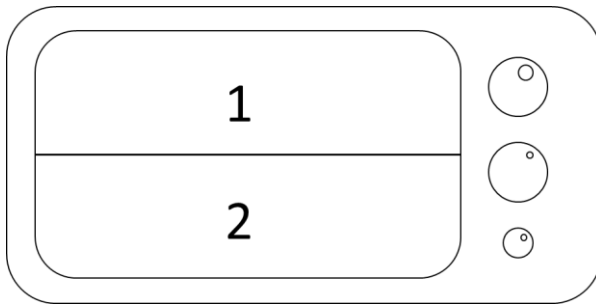
Para la elaboración de éste panqué se tomaron en cuenta criterios como funcionalidad de los ingredientes, costo y evaluación sensorial para obtener la mejor formulación.

2.5.2.1 CARACTERIZACIÓN DEL HORNO TOSTADOR ELÉCTRICO

La caracterización del horno empleado para la cocción de los panques se realizó para tener el mapa térmico de la región de trabajo al interior del horno. Esto significa cuantificar la uniformidad térmica del horno en sus componentes temporal y física, es decir, estabilidad y gradientes.

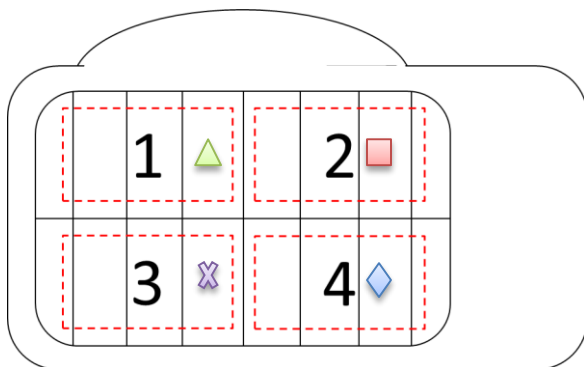
El propósito de un horno de temperatura controlada es proveer una región térmicamente uniforme, esto es, donde los gradientes de temperatura sean mínimos y conocidos y su estabilidad sea tal que permita obtener valores confiables para que los objetos inmersos en el baño u horno alcancen el equilibrio térmico con el mismo (CENAM, 2012) ⁷⁹.

Caracterización del horno eléctrico



Niveles evaluados en el horno eléctrico doméstico.

Figura 6. Vista Frontal



Cuadrantes por nivel evaluados en el horno eléctrico doméstico.

Figura 7. Vista Superior

Total de cuadrantes evaluados: 8

En la Figura 6 y 7 se pueden observar cómo se discretizaron las zonas del horno eléctrico, para poderlas evaluar, de misma forma se tomó en cuenta su altura y profundidad del mismo.

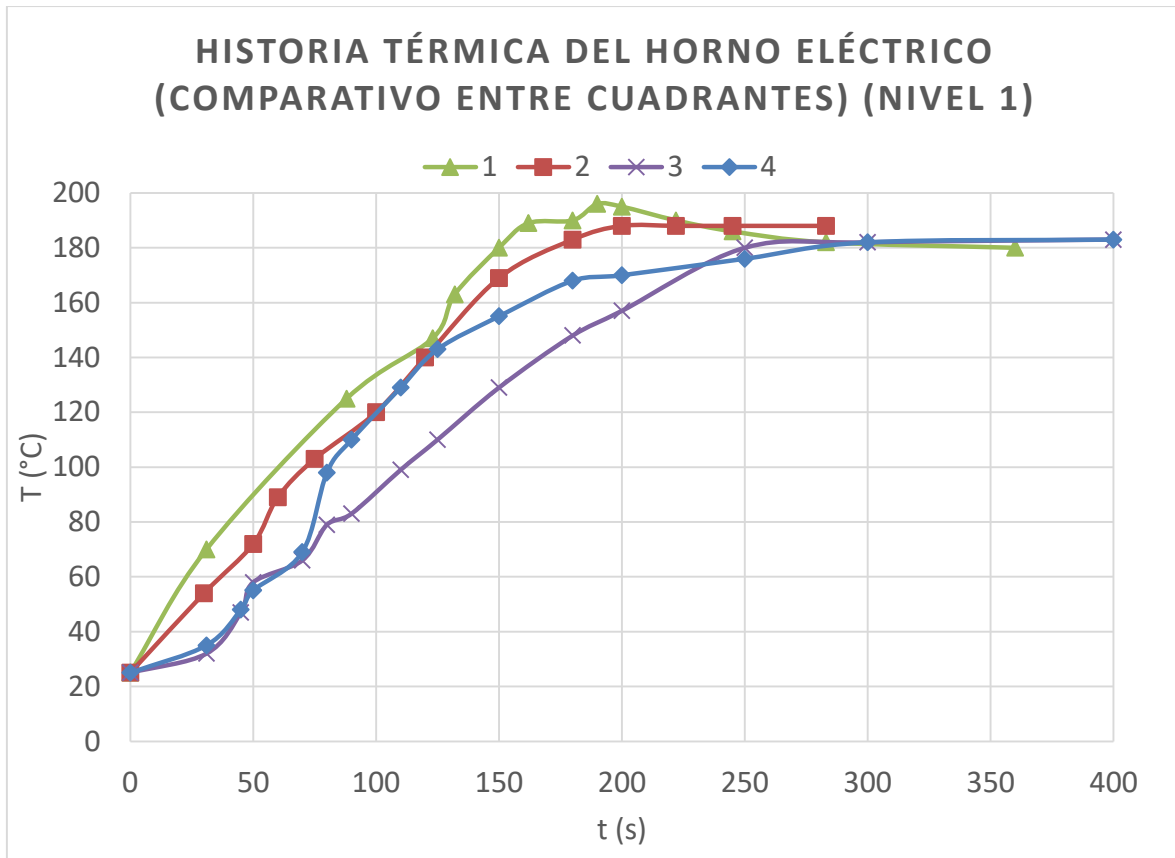


Figura 8. Historia térmica primer nivel

CUADRANTE	R ²
1	R ² = 0.9602
2	R ² = 0.9483
3	R ² = 0.9288
4	R ² = 0.9012

Tabla 14. Linealidad del primer nivel en los cuatro cuadrantes.

Como se muestra en la Tabla 14 y en base a la historia térmica (Figura 8) realizada para cada cuadrante en el primer nivel, se puede observar que existe una linealidad entre los cuadrantes, de acuerdo a su altura, sin embargo, la distribución del calor se uniformizó a un tiempo aproximado de 280 segundos (4.7 min). Por lo cual así se garantizó que el calor era constante y uniforme en toda esa zona.

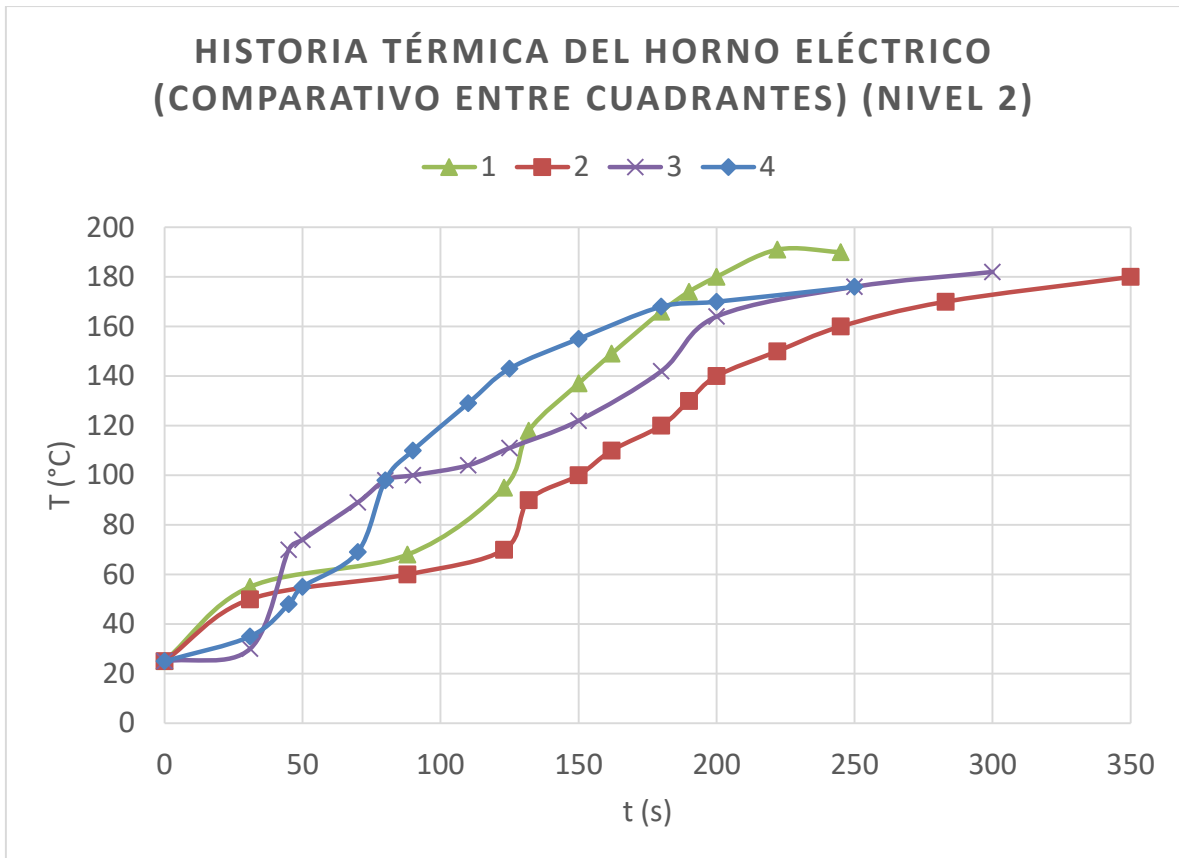


Figura 9. Historia térmica segundo nivel

CUADRANTE	R ²
1	R ² = 0.6113
2	R ² = 0.8965
3	R ² = 0.8798
4	R ² = 0.7620

Tabla 15. Linealidad del segundo nivel en los cuatro cuadrantes.

Como se muestra en las en la Figura 9 y en la Tabla 15 se realizó una historia térmica para cada cuadrante en el segundo nivel, a diferencia del primer nivel evaluado, este consta de una mayor variación en la uniformidad y distribución del calor, además de que el calor propagado a esa altura no se garantiza una cocción uniforme del producto, por lo cual solo se empleó el nivel 1 del horno para hornear los panques, garantizando así una cocción homogénea del producto.

2.5.3. ELABORACIÓN DE UN PANQUÉ LIBRE DE GLUTEN CON QUESO CREMA, REDUCIDO EN AZÚCARES Y ENRIQUECIDO EN PROTEÍNA.

La formulación base mostrada en la Tabla 13, fue modificada para lograr los cambios planteados para la elaboración del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína, la cual se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16. Formulación de panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína.

COMPONENTE	%
Queso crema	25.75
Harina de amaranto	18.68
Huevo	17.81
Azúcar	17.16
Harina de arroz	9.93
Leche fluida	8.58
Polvo p/hornear	0.9
Vainilla	0.85
Sal	0.34

En la Figura 10 se muestra el proceso de elaboración de un panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína adaptado de acuerdo con las necesidades del presente proyecto.

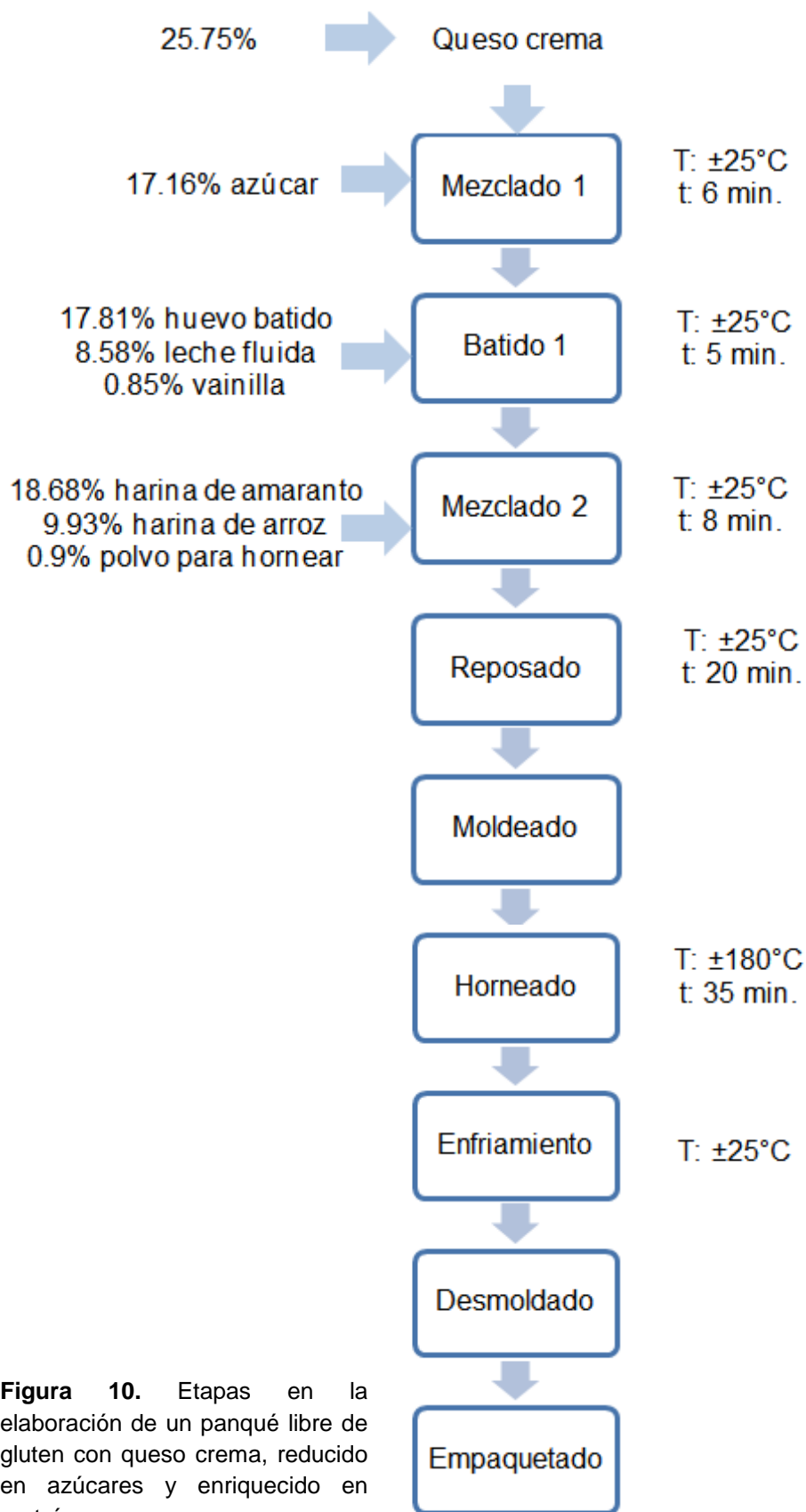


Figura 10. Etapas en la elaboración de un panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína.

2.6 MATERIALES Y MÉTODOS

Con respecto a los materiales y métodos a continuación se presentan las técnicas analíticas que se llevaron a cabo para poder realizar cada uno de los objetivos.

2.6.1 DESARROLLO DE 3 FORMULACIONES.

Para el desarrollo de este proyecto se llevaron a cabo varias formulaciones, sin embargo, fueron 3 las formulaciones que sirvieron para establecer la formulación final; las cuales se utilizaron para el análisis sensorial que fuera comparado con el panqué de trigo tradicional.

En una primera etapa de formulaciones se hicieron variaciones en el porcentaje de harinas (harina de arroz / fécula de maíz), como se muestra en la Tabla 17. Debido a que la harina de arroz tiene un bajo contenido en prolaminas, carácter hipoadérgico, sabor insípido, bajo contenido en sodio y alto contenido de carbohidratos de fácil digestión, lo transforman en un cereal especialmente apto no sólo para preparar alimentos para intolerantes al gluten, sino también para intervenir en dietas especiales. Al igual se buscó dar un aporte nutrimental y fortalecer la harina de arroz con fécula de maíz.

Tabla 17. Primera etapa de formulaciones

FORMULACIÓN	(%)	MANTEQUILLA/QUESO CREMA	(%)	HARINA DE ARROZ/FÉCULA DE MAÍZ
1	100	Mantequilla	100	Harina de arroz
2	100	Mantequilla	100	Fécula de maíz
3	100	Mantequilla	50/50	Harina de arroz/Fécula de maíz

Los productos obtenidos con estas formulaciones no fueron lo esperado y en el caso de la fécula de maíz en su totalidad y en 50% los panqués no lograron formarse, por lo cual la fécula de maíz fue eliminada de la formulación y se prosiguió con otras opciones que llevaron a otra etapa de formulaciones.

Se realizó una revisión bibliográfica para encontrar alternativas a la sustitución de harinas, es por ello que se llegó a la harina de amaranto. Se decidió utilizarla debido a que es una de las fuentes más importantes de proteínas, minerales y vitaminas, fuente de ácido fólico, niacina, calcio, hierro, fósforo y aminoácidos esenciales.

En la Tabla 18 se observan las variaciones en los porcentajes de harinas utilizadas.

Tabla 18. Segunda etapa de formulaciones

FORMULACIÓN	(%)	MANTEQUILLA/QUESO CREMA	(%)	HARINA DE AMARANTO/HARINA DE ARROZ
1	100	Mantequilla	50/50	Harina de amaranto/Harina de arroz
2	100	Mantequilla	65/35	Harina de amaranto/Harina de arroz
3	100	Mantequilla	75/25	Harina de amaranto/Harina de arroz

Al ser utilizadas en combinación se consiguieron panques con características muy similares a las de un panqué tradicional y se obtuvo una proteína de mayor valor biológico, producto que es ideal para mantener una salud y nutrición óptima.

Decididos los porcentajes de harinas que se utilizarían para la elaboración del panqué libre de gluten, se decidió agregar a la mezcla queso crema, ya que es un producto rico en proteína, sin un elevado aporte de grasa y esto daría al panqué un mayor contenido proteico, por lo que se varió el porcentaje de grasa, como se muestra en la Tabla 19.

Tabla 19. Tercera etapa de formulaciones

FORMULACIÓN	(%)	MANTEQUILLA/QUESO CREMA	(%)	HARINA DE AMARANTO/HARINA DE ARROZ
1	100	Mantequilla	50/50	Harina de amaranto/Harina de arroz
2	100	Queso crema	50/50	Harina de amaranto/Harina de arroz
3	50/50	Mantequilla/Queso crema	50/50	Harina de amaranto/Harina de arroz
4	100	Mantequilla	65/35	Harina de amaranto/Harina de arroz
5	100	Queso crema	65/35	Harina de amaranto/Harina de arroz
6	50/50	Mantequilla/Queso crema	65/35	Harina de amaranto/Harina de arroz
7	100	Mantequilla	75/25	Harina de amaranto/Harina de arroz
8	100	Queso crema	75/25	Harina de amaranto/Harina de arroz
9	50/50	Mantequilla/Queso crema	75/25	Harina de amaranto/Harina de arroz

Los panques en las mezclas que contenían mantequilla (100% y 50/50%) resultaron sumamente grasosos e inconsistentes

Por lo que se decidió estandarizar el queso crema a un contenido graso mayor, ya que por sus características puede suplir completamente el aporte de la mantequilla en la elaboración de la masa para panqué, esto se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20. Formulaciones finales

FORMULACIÓN	(%)	MANTEQUILLA/QUESO CREMA	(%)	HARINA DE AMARANTO/HARINA DE ARROZ
1	100	Queso crema	50/50	Harina de amaranto/Harina de arroz
2	100	Queso crema	65/35	Harina de amaranto/Harina de arroz
3	100	Queso crema	75/25	Harina de amaranto/Harina de arroz

Así se llegó a las tres formulaciones finales que se compararon con un panqué tradicional control, los panques obtenidos de estas mezclas presentaron características similares a los panques elaborados con la formulación tradicional.

Se encontraron áreas de oportunidad en el mejoramiento del color de la muestra ya que daba un aspecto muy blanco sin dorar lo que indicaría al juez la posibilidad de que el panqué estuviera “crudo” por lo que se procedió a agregar huevo batido con azúcar en la superficie del panqué antes del horneado para otorgar un aspecto dorado, favorecido por las reacciones de Caramelización y Maillard en la superficie de los panques.

2.6.2 EVALUACIÓN SENSORIAL (ENCUESTA DE ACEPTACIÓN)

Una vez que se determinaron los porcentajes de harinas, se prosiguió a aplicar una evaluación sensorial a 16 jueces semientrenados para poder determinar la aceptación del producto y elegir dos formulaciones finales. Esta evaluación se llevó a cabo dentro de las instalaciones del laboratorio de procesos tecnológicos de productos lácteos en un horario de 5 a 6 de la tarde. Posteriormente se aplicó una evaluación sensorial aceptación / rechazo a 100 consumidores no entrenados para poder elegir una de las dos formulaciones, el formato de la evaluación se encuentra en la Figura 11 esta fue llevada a cabo con alumnos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán y personas externas, con un rango de edad de 18 – 70 años evaluando 5 parámetros del producto: color, olor, sabor, textura y apariencia, de los cuales los resultados fueron analizados mediante diagramas de bigotes.

Edad: _____ Sexo: _____ Fecha: _____

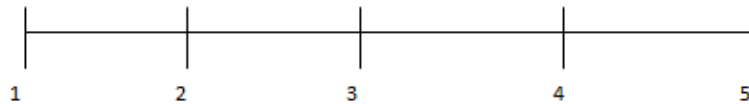
INSTRUCCIONES

Conteste la siguiente encuesta de manera objetiva. Con respecto a los criterios planteados a continuación.

Se presenta una muestra de **REFERENCIA (R)**, para su comparación con respecto a las muestras señaladas "**550 y 100**". Se responderá conforme a una escala, donde se marcará con **CIRCULO (O)** al referirse a la muestra 550 y **EQUIS (X)** al referirse a la muestra 100.

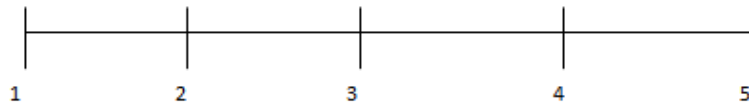
CONSIDERE EL TAMAÑO DE LA MUESTRA SUFICIENTE PARA EVALUAR TODOS LOS PARAMETROS DESCRITOS A CONTINUACIÓN.

1. ¿Qué tan de su agrado es el **COLOR** de la muestra con respecto a la de **REFERENCIA**?



Me disgusta Me disgusta poco Me es indiferente Me gusta poco Me gusta

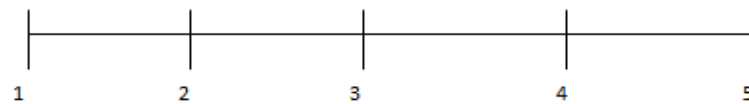
2. ¿Qué tan de su agrado es el **OLOR** de la muestra con respecto a la de **REFERENCIA**?



Me disgusta Me disgusta poco Me es indiferente Me gusta poco Me gusta

3. ¿Qué tan de su agrado es el **SABOR** de la muestra con respecto a la de **REFERENCIA**?

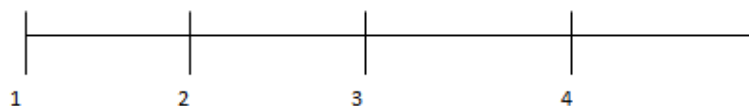
Favor de especificar el sabor _____



Me disgusta Me disgusta poco Me es indiferente Me gusta poco Me gusta

4. ¿Qué tan de su agrado es la **TEXTURA** de la muestra con respecto a la de **REFERENCIA**?

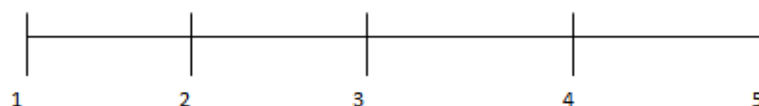
¿Porqué? _____



Me disgusta Me disgusta poco Me es indiferente Me gusta poco Me gusta

5. ¿Qué tan de su agrado es la **APARIENCIA** de la muestra con respecto a la de **REFERENCIA**?

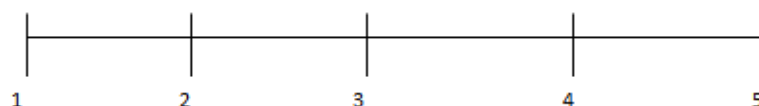
¿Porqué? _____



Me disgusta Me disgusta poco Me es indiferente Me gusta poco Me gusta

6. ¿Consumiría éste producto? SI ___ NO ___

7. ¿Cuánto pagaría por una presentación de 3 piezas?



\$0-\$15 \$15-\$25 \$25-\$35 \$35-\$45 \$45-O MÁS

Otro (precio): _____

8. ¿Con qué frecuencia consumiría este producto?

- a) Diario b) Una vez a la semana c) Dos veces a la semana d) Una vez al mes
e) De vez en cuando

9. Conoce ¿Qué es la **INTOLERANCIA AL GLUTEN**? SI ___ NO ___

10. ¿Conoce usted algún panqué para intolerantes al gluten? SI ___ NO ___

COMENTARIOS: _____

Figura 11. Formato de evaluación sensorial

2.6.3 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DEL QUESO CREMA Y DEL PANQUÉ LIBRE DE GLUTEN CON QUESO CREMA, REDUCIDO EN AZÚCARES Y ENRIQUECIDO EN PROTEÍNA

En la Tabla 21 se presentan las técnicas utilizadas para el análisis químico proximal, respetando la normatividad nacional.

Tabla 21. Métodos de análisis químico proximal para el queso crema y el panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína^{80, 81, 82, 83}

COMPONENTE	MÉTODO
Humedad	Secado por estufa 100°C/3h NOM-116-SSA1-1994
Proteína	Microkjeldahl NOM-155-SCFI-2012
Grasa	Roese-Gottlieb NOM-086-SSA1-1994 (Queso Crema) y Soxhlet NOM-086-SSA1-1994 (Panqué)
Carbohidratos	Lane y Eynon NOM-155-SCFI-2012
Cenizas	Método General 500-550°C NMX-F-284-SCFI-2011
Fibra dietética	Método enzimático, AOAC, 1990 (Panqué)

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

2.6.4 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL QUESO CREMA Y DEL PANQUÉ LIBRE DE GLUTEN CON QUESO CREMA, REDUCIDO EN AZÚCARES Y ENRIQUECIDO EN PROTEÍNA

Para asegurar la inocuidad del producto se le realizaron análisis microbiológicos regidos por la NOM-243-SSA1-2010 y la NOM-247-SSA1-2008, los cuales se presentan en la Tabla 22.

La muestra utilizada para los análisis microbiológicos del panqué libre de gluten con queso crema fue preparada de la siguiente manera:

- Terminado el tiempo de horneado se procedió a un enfriamiento por aproximadamente 30 min.
- Una vez frío el panqué se molió en licuadora y se colocó la muestra en un vaso para muestra cerrado a temperatura ambiente por 24 hrs. En cuanto se cumplió dicho tiempo se procedió a su análisis.

Tabla 22. Microorganismos a determinar en el queso crema y panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína^{84, 85}.

MICROORGANISMOS	REFERENCIA
Coliformes Totales	NOM-243-SSA1-2010 y NOM-247-SSA1-2008
Coliformes Fecales	NOM-243-SSA1-2010 y NOM-247-SSA1-2008
Mesófilos Aerobios	NOM-243-SSA1-2010 y NOM-247-SSA1-2008
Mohos y Levaduras	NOM-243-SSA1-2010 y NOM-247-SSA1-2008
<i>Staphylococcus aureus</i>	NOM-243-SSA1-2010 y NOM-247-SSA1-2008
<i>Salmonella spp</i>	NOM-243-SSA1-2010 y NOM-247-SSA1-2008

Las determinaciones se realizaron por triplicado.

2.6.5 SCORE QUIMICO DEL PANQUÉ LIBRE DE GLUTEN CON QUESO CREMA, REDUCIDO EN AZÚCARES Y ENRIQUECIDO EN PROTEÍNA

Como objetivo particular final del proyecto, se realizó un *Chemical Score* (Puntaje químico) al panqué para poder evaluar la calidad proteica del producto y poder compararlo con un panqué tradicional.

Score Químico

Los niveles de los aminoácidos esenciales de la proteína problema se compararon con los de una proteína de referencia (por ej. proteína de huevo) y se calculó la diferencia entre estas. Esta diferencia se expresó para cada aminoácido esencial en porcentaje de la cantidad de dicho aminoácido esencial en la muestra de proteína de referencia. Se identificó el aminoácido esencial que mostro la máxima reducción del porcentaje respecto a la referencia y se dedujo dicho porcentaje de 100 obteniéndose el Score Químico.

2.6.6 CÁLCULO DE CONTENIDO CALÓRICO DEL PANQUÉ LIBRE DE GLUTEN CON QUESO CREMA, REDUCIDO EN AZÚCARES Y ENRIQUECIDO EN PROTEÍNA

Para realizar el cálculo correspondiente al contenido de la muestra se deberá considerar la suma del aporte energético de los siguientes nutrimentos como se muestra en la Tabla 23, este cálculo es conforme a lo estipulado en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010.

Tabla 23. Aporte Energético por nutrimento⁸⁶.

Nutrimento	Kcal/g	Se multiplica el valor en gramos por el valor calórico indicado en cada nutrimento
Proteínas	4	Gramos * 4= Valor expresado en Kcal/g
Grasas	9	Gramos * 9= Valor expresado en Kcal/g
Carbohidratos	4	Gramos * 4= Valor expresado en Kcal/g

Una vez que se obtuvo el contenido calórico por porción del producto, se llevó a cabo una comparación con un panqué de trigo tradicional, con el fin de determinar si el producto era bajo en calorías.

CAPITULO III ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 ELABORACIÓN DEL PRODUCTO.

En el Capítulo II. Metodología de investigación experimental, apartado 2.6.1., se describe el desarrollo de las formulaciones que se llevaron a cabo para la elaboración de un panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteínas.

En primera instancia se realizó una variación en el porcentaje de harinas (harina de arroz / fécula de maíz) como se mostró en la Tabla 17 (pag.40). Se observó que los productos obtenidos con la fécula de maíz no lograron formarse, por lo que se decidió eliminar la fécula de maíz como ingrediente del panqué.

La revisión bibliográfica de panes para intolerantes al gluten, menciona que la harina de amaranto es una materia prima que presenta un gran potencial para la elaboración de panes para intolerantes al gluten, debido a que este no contiene gluten y a los dos tipos de almidones (aglutinante y no aglutinante), por lo cual, se decidió utilizar harina de amaranto en combinación con la harina de arroz. En la Tabla 18 (pag.41) se observaron los porcentajes que se utilizaron para la elaboración de panques con características similares a las de un panqué tradicional.

Después de haber decidido los porcentajes de harinas de amaranto y arroz, se decidió agregar a las tres formulaciones queso crema para elevar el contenido proteico del panqué. En los últimos años se ha incrementado el interés por parte de las industrias alimentarias y de los consumidores sobre los alimentos saludables, de ahí el concepto de alimento funcional, el cual hace referencia a alimentos o ingredientes que mejoran el estado general de salud y/o reducen el riesgo de enfermedad, estos alimentos deben consumirse dentro de la dieta habitual para conseguir efectos benéficos que van más allá de los requerimientos nutricionales tradicionales. Entre los componentes que se sustituyen se encuentran macronutrientes (ej. grasas), por otro (proteínas)⁸⁷, es por ello que se varió el porcentaje de mantequilla y queso crema como se observó en la Tabla 19 (pag.41).

Se observó que con la mantequilla no se obtuvieron panques con las características deseadas, por lo que se decidió eliminar la mantequilla de la formulación y utilizar solamente queso crema estandarizándolo a un mayor contenido de grasa. Las grasas en la formula son la principal influencia en la textura y suavidad en los pasteles. Los panqués hechos con aceites tienden a desarrollar una estructura más compacta que los que se hacen con mantecas.

Esto se refleja en la textura y en el volumen más compacto⁸⁸. De forma que al utilizar solamente queso crema se requirió estandarizarlo a un mayor contenido de grasa, puesto que al tener un mayor contenido de grasa asemejaría a las propiedades que aporta la mantequilla en un proceso de panificación.

Así se llegó a las tres formulaciones que se utilizarían para la elaboración de un panqué libre de gluten, mostradas en la Tabla 20 (pag.42). Estas formulaciones se compararon con un panqué tradicional control, los panques obtenidos de estas mezclas presentaron características similares a los panques elaborados con la formulación tradicional.

3.2 EVALUACIÓN SENSORIAL

Como objetivo particular número 2 se realizó el análisis sensorial de las tres formulaciones elegidas, para de entre estas seleccionar aquella que presentes las mejores características organolépticas.

Cuando se hace referencia a la calidad desde el punto de vista del consumidor, su medida se hace menos tangible y cuantificable. El análisis sensorial se transforma, en este caso, en una herramienta de suma utilidad, dado que permite encontrar los atributos de valor importantes para los consumidores, que sería muy difícil de medir de otra manera. Los resultados que se obtuvieron de la evaluación sensorial con el panel de 16 jueces semientrenados se muestran en la Tabla 24, se empleó una escala hedónica de 1 a 5 en donde 1 es me disgusta mucho, 2 me disgusta moderadamente, 3 no me gusta ni me disgusta, 4 me gusta levemente y 5 me gusta mucho⁸⁹.

Tabla 24. Análisis Estadístico de las pruebas sensoriales.

	MUESTRAS		
	300	550	100
Color	3.25 ± 0.56	4.13 ± 0.48	3.56 ± 0.61
Olor	3.19 ± 0.63	3.75 ± 0.56	3.56 ± 0.50
Sabor	3.06 ± 0.56	3.94 ± 0.56	3.44 ± 0.61
Textura	3.00 ± 0.35	3.94 ± 0.43	3.31 ± 0.58
Apariencia	3.13 ± 0.33	4.31 ± 0.58	3.25 ± 0.56

Se puede observar que la muestra 100 y 300 obtuvieron resultados muy similares en todos los parámetros, mientras que la muestra 550 se desprende de estos resultados con valores entre 3.75 y 4.31.

En la Figura 12 se puede observar un análisis estadístico de comparación de medias, de la apariencia y textura.

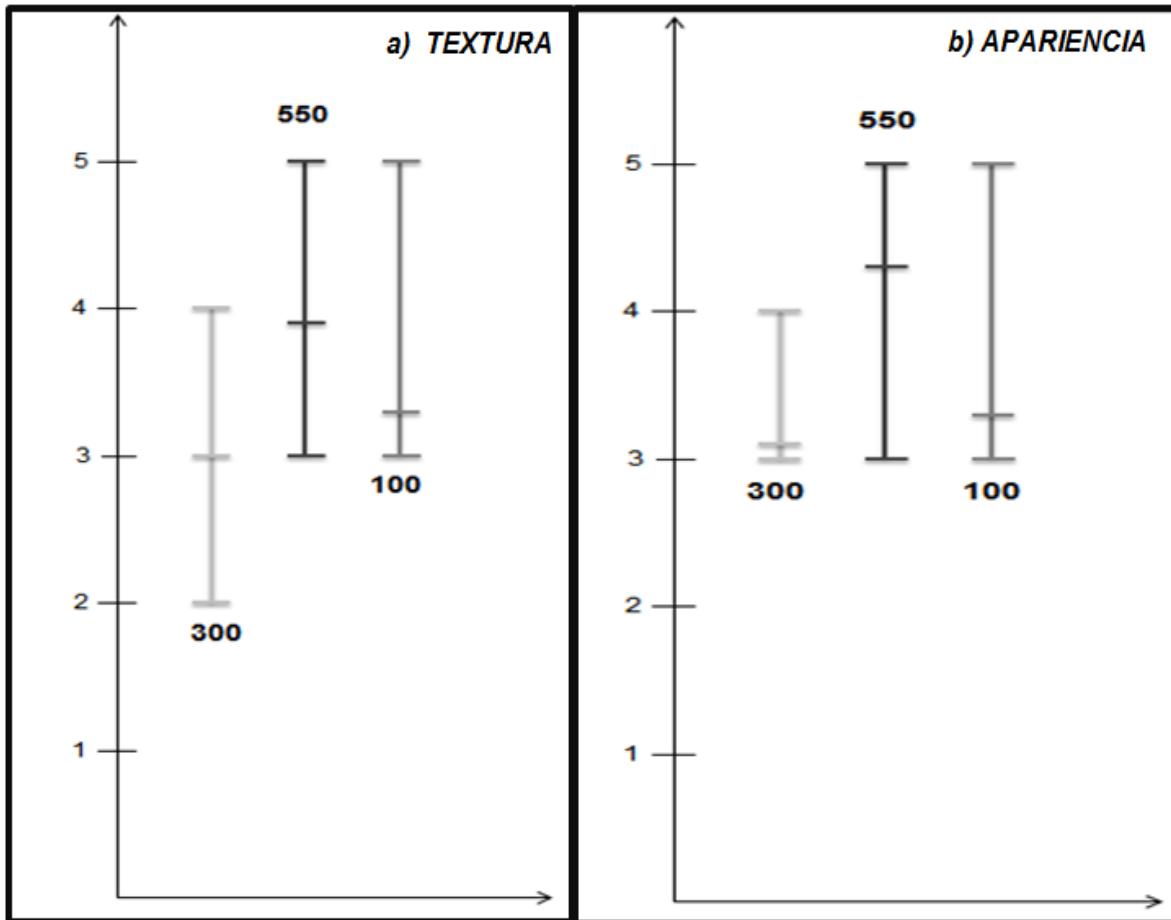


Figura 12. Diagrama de bigotes para a) Textura y b) Apariencia

Como se puede observar las muestra 550 (65% harina de amaranto y 35% de harina de arroz) y 100 (75% harina de amaranto y 25% harina de arroz) fueron las de mayor agrado obteniendo los mayores resultados (4.31 y 3.94 respectivamente) y (3.25 y 3.31 respectivamente) mostrando mayor concentración de personas, mientras que la muestra 300 (50% harina de amaranto y 50% harina de arroz) mostró una menor aceptación por los consumidores, esto reflejado en la evaluación donde se observó un mayor desagrado.

Respecto al olor y color, las muestras 300 (50% harina de amaranto y 50% harina de arroz) y 100 (75% harina de amaranto y 25% harina de arroz) obtuvieron resultados similares entre 3.19 y 3.56, aunque la muestra 100 mostro menor concentración de personas que la muestra 300. La muestra 550 (65% harina de

amaranto y 35% de harina de arroz) obtuvo mayor aceptación (3.75 y 4.13) y la mayor concentración de personas, como se muestra en la Figura 13.

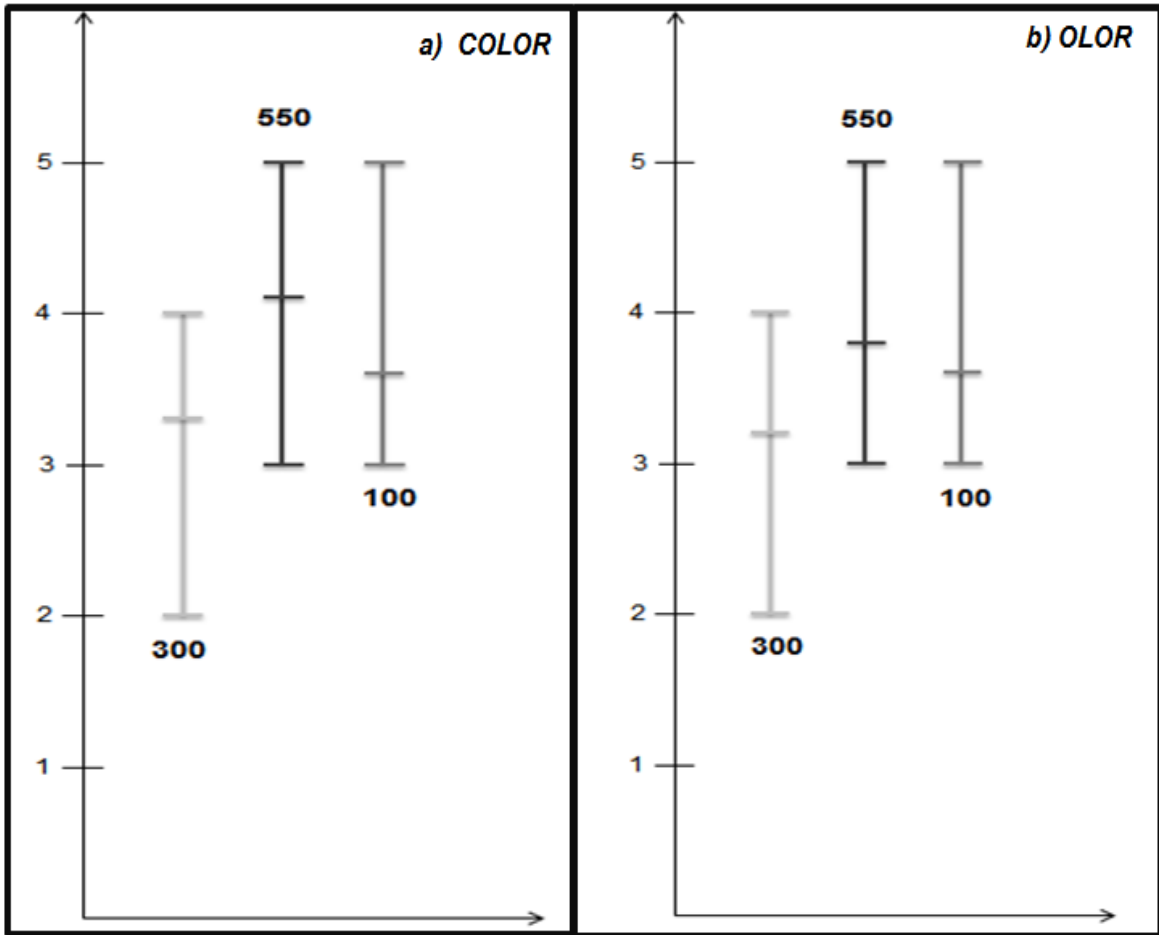


Figura 13. Diagrama de bigotes para a) Color y b) Olor

Por último, en cuanto al sabor, como se observa en la Figura 14 la muestra 550 (65% harina de amaranto y 35% de harina de arroz) obtuvo una mayor puntuación, en comparación con la muestra 100 (75% harina de amaranto y 25% harina de arroz), mientras que la puntuación más baja para este parámetro fue la muestra 300 (50% harina de amaranto y 50% harina de arroz). Estos resultados sirvieron de apoyo para poder percibir la aceptación del producto en los consumidores.

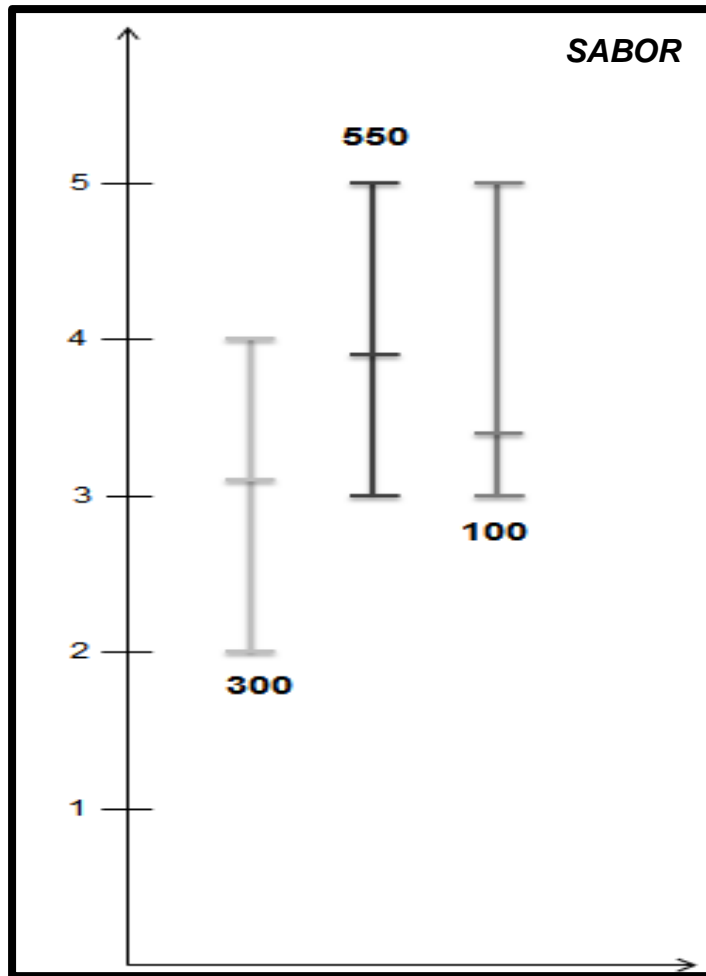


Figura 14. Diagrama de bigotes para Sabor

Se obtuvo que las muestras 550 (65% harina de amaranto y 35% de harina de arroz) y 100 (75% harina de amaranto y 25% harina de arroz), fueron las muestras que presentaron una mayor calificación en los atributos evaluados y que por ende presentaban mayor aceptación sensorial.

Tomando en cuenta lo ya mencionado, se eligieron las muestras 550 y 100, para que dé entre estas un panel de 100 consumidores no entrenados, eligiera la de mayor agrado en cuanto a las características sensoriales olor, sabor, color, textura y apariencia, mostrándose los resultados en la Tabla 25.

Tabla 25. Análisis Estadístico de las pruebas sensoriales.

	MUESTRAS	
	550	100
Color	4.55 ± 0.59	3.87 ± 1.03
Olor	4.30 ± 0.74	4.12 ± 0.79
Sabor	4.24 ± 0.65	4.33 ± 0.83
Textura	4.52 ± 0.67	4.20 ± 0.86
Apariencia	4.56 ± 0.57	3.87 ± 0.92

Estos datos se analizaron con la ayuda de análisis estadísticos de comparación de medias, para poder interpretar mejor los resultados.

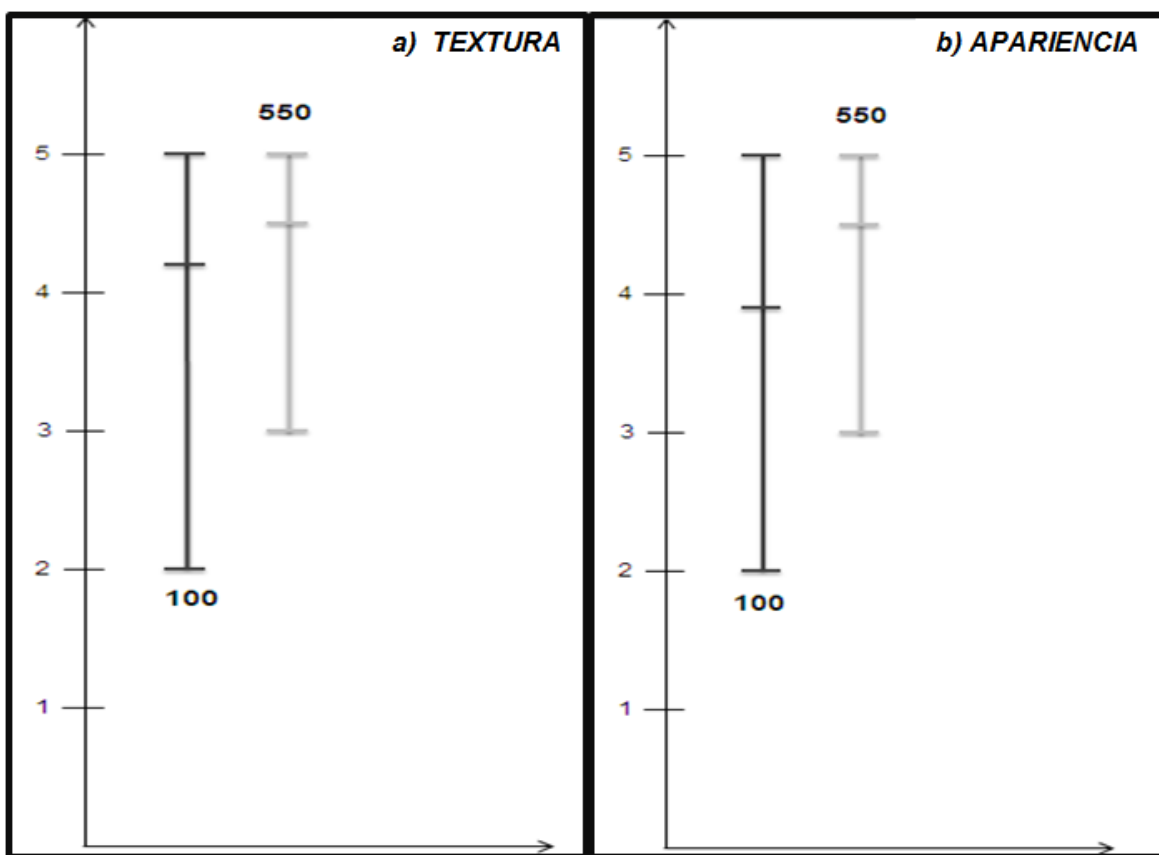


Figura 15. Diagrama de bigotes para a) Textura y b) Apariencia

En la Figura 15 se puede observar un análisis estadístico de comparación de medias, en el cual la apariencia y textura de la muestra 550 (65% harina de amaranto y 35% de harina de arroz) fue la de mayor agrado obteniendo las mayores calificaciones (4.52 y 4.56 respectivamente) mostrando una mayor

concentración de personas, mientras que la muestra 100 (75% harina de amaranto y 25% harina de arroz) mostró una aparente menor aceptación (4.20 y 3.87 respectivamente) por los consumidores, esto reflejado en la evaluación donde se observó un mayor desagrado.

En cuanto al olor y color, la muestras 100 (75% harina de amaranto y 25% harina de arroz) obtuvieron resultados entre 4.12 y 3.87, situándolas en la categoría de no me gusta ni me disgusta y me gusta levemente. Mientras que la muestra 550 (65% harina de amaranto y 35% de harina de arroz) obtuvo mayor aceptación (4.30 y 4.55) mostrando una mayor concentración de personas, como se muestra en la Figura 16.

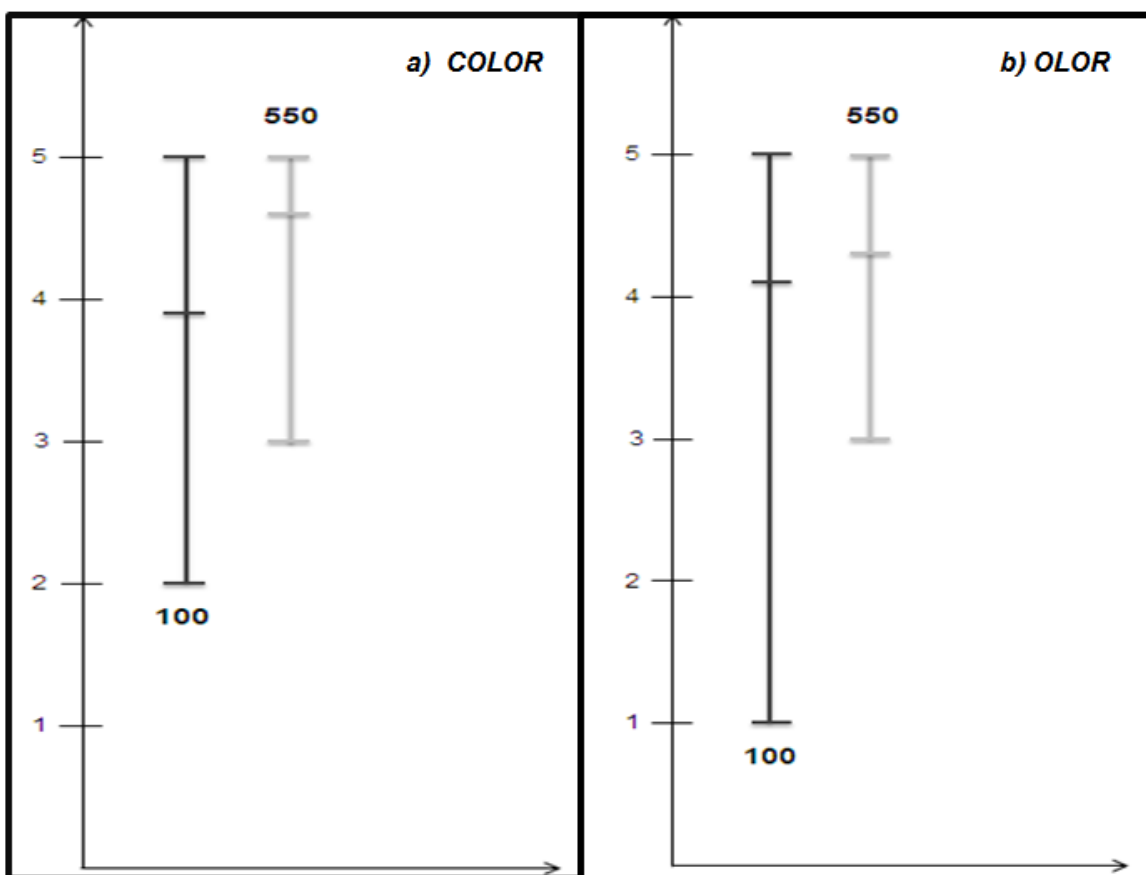


Figura 16. Diagrama de bigotes para a) Color y b) Olor

Por último, en cuanto al sabor, como se observa en la Figura 17 la muestra 100 (75% harina de amaranto y 25% harina de arroz) obtuvo una puntuación ligeramente mayor en comparación con la muestra 550 (65% harina de amaranto y 35% de harina de arroz). Esta diferencia no es tan significativa, como se puede observar en la concentración de personas, ya que se utilizaron los mismos ingredientes en la formulación. Lo cual indica que el panel de consumidores no

entrenados fue capaz de detectar que eran similares. Estos resultados sirvieron de apoyo para poder percibir la aceptación del producto en los consumidores.

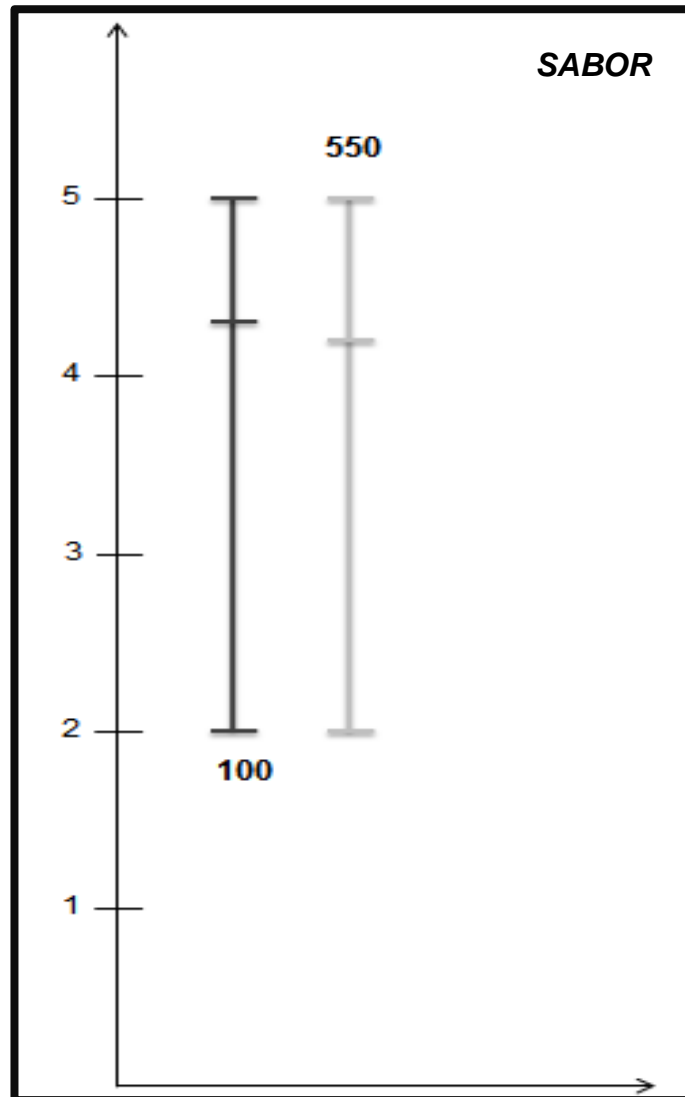


Figura 17. Diagrama de bigotes para Sabor

Las diferencias entre las muestras 500 y 100 son mínimas, sin embargo, en los diagramas de bigotes se puede observar que la concentración de personas es mayor en la muestra 500 por lo que se puede deducir que la aceptación de los consumidores no entrenados fue mayor para la muestra 550.

Las variables más importantes en una evaluación sensorial para panques utilizadas por The American Association of Cereal Chemists (1962), son el color de la corteza y miga, grano, textura, olor, sabor y calidad global al comer. Seibel (1973), reportó la evaluación de pan y productos de repostería utilizando variables como: forma, corteza, miga (estructura, elasticidad) sabor y olor. Sin embargo, en

el presente estudio los atributos determinantes fueron el color, la apariencia y la textura donde existieron diferencias entre cada muestra, siempre evaluando mejor a la muestra con 550, este comportamiento se había observado anteriormente en la evaluación de los 16 jueces semientrenados, por lo que se puede apreciar una preferencia a un panqué con un contenido de 65% harina de amaranto y 25% harina de arroz, muestra 550.

Los consumidores expresaron que el panqué con 75 % harina de amaranto y 25% harina de arroz no fue de tanto del agrado de estos debido a que era un poco duro y prevalecía demasiado el sabor a amaranto.

Una vez realizado el análisis sensorial, se llevó a cabo una breve encuesta con respecto al consumo, precio y frecuencia de consumo del panqué libre de gluten, además de 2 preguntas relacionadas con la intolerancia al gluten, para explorar de manera general el campo de conocimiento de la población sobre dicha enfermedad.

Se evaluó la aceptación del producto para conocer la intención de compra de los consumidores no entrenados, como se muestra en la Figura 18.

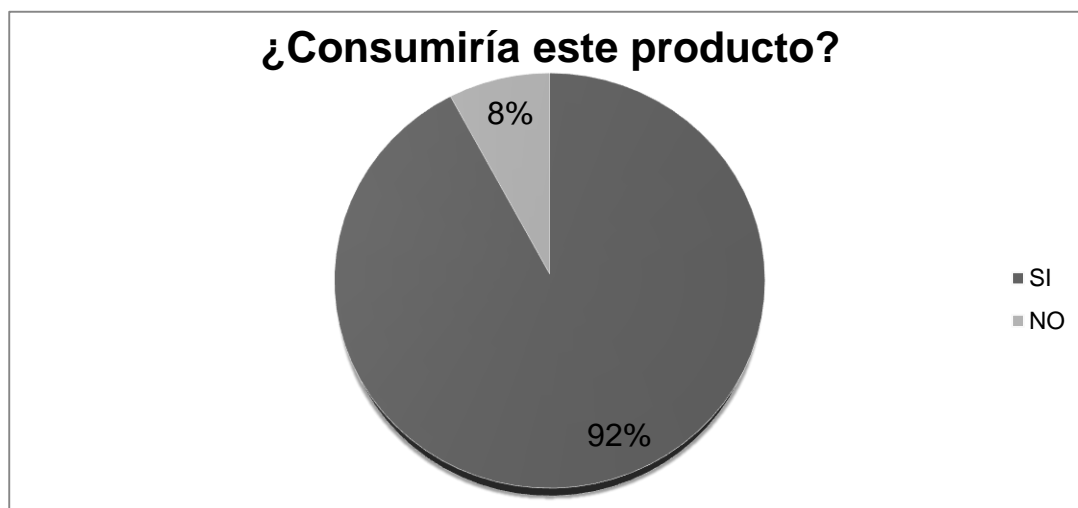


Figura 18. Gráfico de resultados de aceptación del producto.

La encuesta mostró que el 92% de los evaluados si lo consumiría y daría por volverlo a adquirir y solo el 8% no, por lo que se puede prever una gran aceptación por parte del público.

En la Figura 19 se muestra un gráfico que indica el costo del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína considerándose 3 piezas.

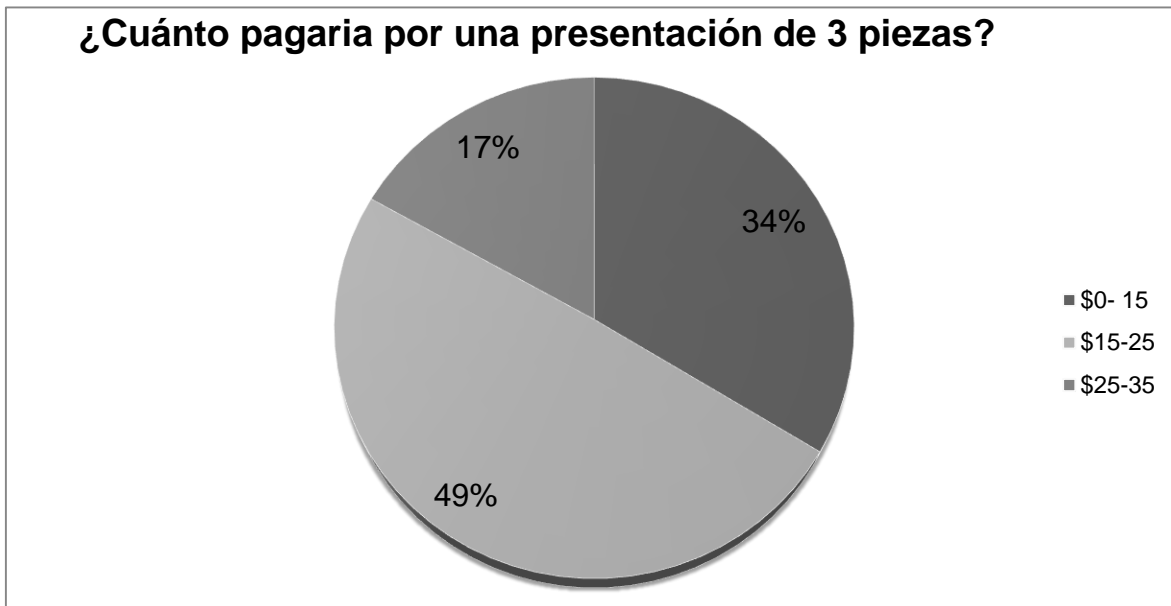


Figura 19. Gráfico de resultados del precio del producto.

La encuesta indicó que un 49% de la población evaluada, estaría dispuesta a pagar por un costo de que oscila entre los \$15 y \$25 MXN. Mientras que un 34% pagaría entre \$0 y \$15 MXN. Y finalmente un 17% más de los \$25 a \$35 MXN.

En la evaluación sensorial se aplicó una interrogante para recabar información acerca del consumo de este producto. En la Figura 20 se presenta la respuesta de la frecuencia con que se consumiría este producto.

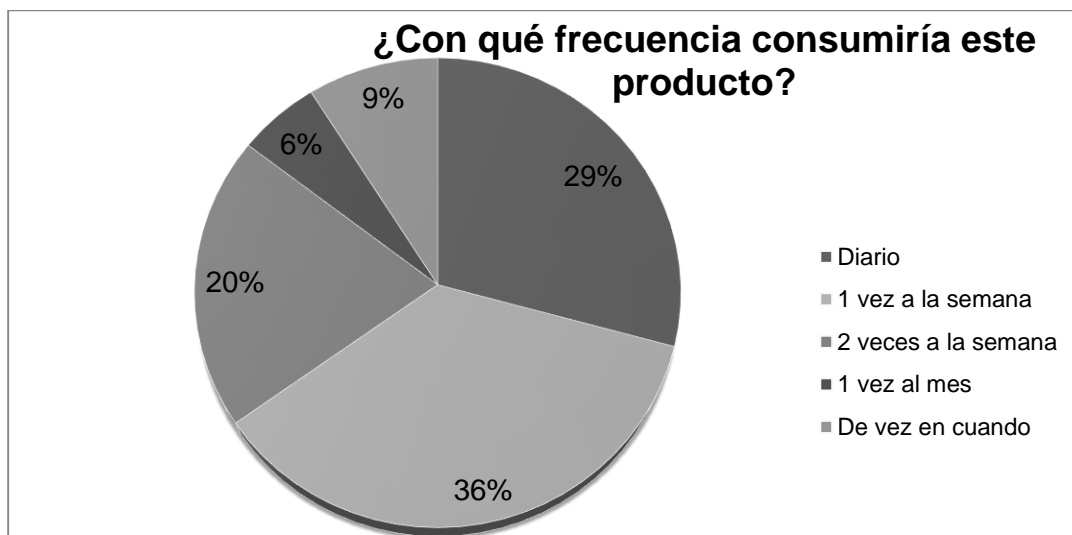


Figura 20. Gráfico de resultados de frecuencia de consumo del producto.

Se puede observar que el 36% de los encuestados consumiría el producto una vez por semana, seguido de un 29% que lo consumiría diario, prosiguiendo con un 20% que lo consumiría dos veces por semana, un 9% lo consumiría de vez en cuando y solo un 6% los consumiría una vez al mes.

La Figura 21 muestra el número de personas que tiene conocimiento sobre la intolerancia al gluten.



Figura 21. Gráfico de resultados acerca del conocimiento sobre la intolerancia al gluten.

Se puede observar que el 65% de los consumidores desconocen este padecimiento y el solo el 35% tienen conocimiento de este, por lo que se muestra que es posible que dentro de estas cifras, exista personas que lo padezcan y asocien su padecimiento hacia algún otro padecimiento relacionado.

Se presenta en la Figura 22 los resultados con respecto a la noción de panques para intolerantes al gluten.

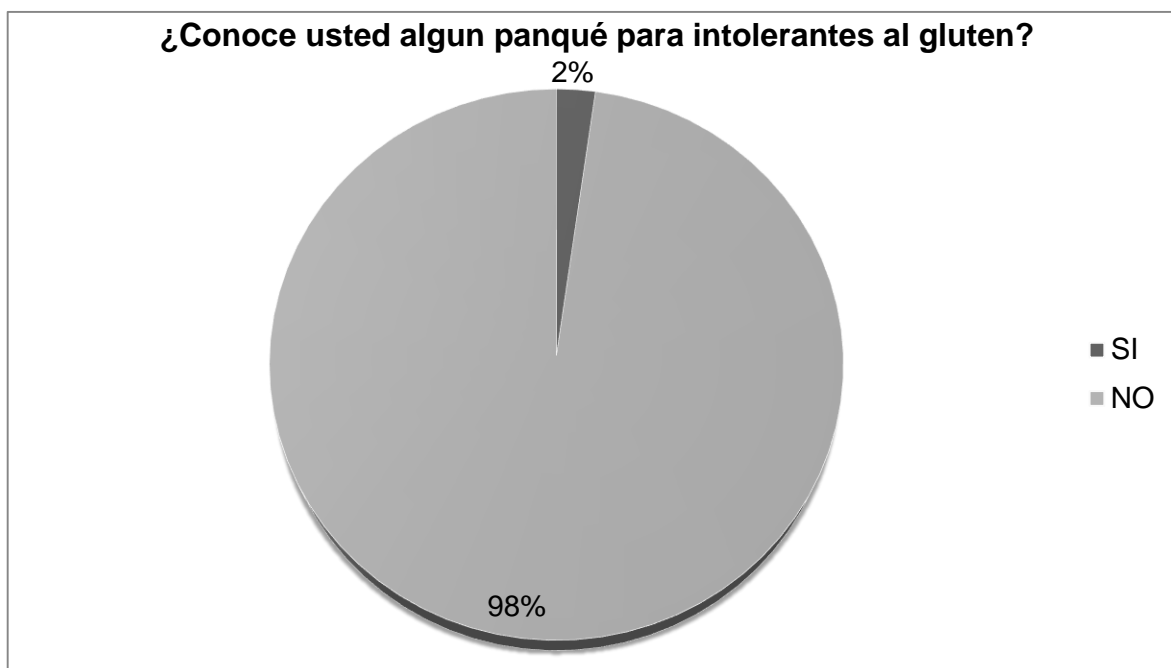


Figura 22. Gráfico de resultados acerca del conocimiento de algún panqué para intolerantes al gluten.

Los resultados arrojados mostraron que en el 98% de los consumidores no entrenados no reconoce por lo menos algún panqué de este tipo en el mercado habitual, dicho lo anterior es notorio que este sector de la industria de panificación no ha sido explotado lo suficiente por lo que se denota como área de oportunidad para este mercado.

3.3 ANÁLISIS QUÍMICO PROXIMAL DEL QUESO CREMA Y EL PANQUÉ LIBRE DE GLUTEN CON QUESO CREMA, REDUCIDO EN AZÚCARES Y ENRIQUECIDO EN PROTEÍNA

Como objetivos particulares número 3 y 4 se realizó el análisis químico proximal del queso crema y de la formulación seleccionada del panqué libre de gluten con queso crema.

En las Tablas 26 y 27 se muestran los análisis químicos que se realizó a la materia prima (queso crema) y al panqué libre de gluten con queso crema, cada prueba se realizó por triplicado y a cada uno de los resultados se les hizo un análisis estadístico básico obteniendo el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación de los resultados. A continuación se muestran los promedios obtenidos de cada prueba.

Tabla 26. Resultados del análisis químico proximal del queso crema

COMPONENTE	DATO REFERENCIADO (%)	DATO EXPERIMENTAL (%)
Humedad	53.75	62.84
Grasa	34.87	23.81
Proteína	7.55	12.67
Carbohidratos	2.66	NR
Cenizas	1.17	0.68

Fuente: Menchu, M. & Méndez, H. 2012. Tablas de composición de alimentos en Centroamérica: ICAP. Guatemala. Serviprensa. 27.

El análisis químico proximal mostrados en la Tabla 26 se encontró diferencia en todos los parámetros, para la humedad se tiene un valor mayor que los reportados, lo cual se puede deber a dos causas, primero a que el tamaño del grano de cuajada no fue el apropiado, ya que como se sabe el tamaño de grano de cuajada depende del contenido de humedad (suero) que se desea en el producto, cuanto más pequeño sea el tamaño del grano menos humedad tendrá el producto final²³, por lo que se puede interpretar que el tamaño del grano de cuajada fue mayor al 1.5 cm deseados; la segunda razón se debería a que el prensado no fue el suficiente y por ende se pudo retener cierta cantidad de suero, lo cual podría corregirse prensando de forma más homogénea y constante el queso crema.

Para el contenido de grasa, con base a la NOM-086-SSA1-1994 se logró reducir su contenido en el queso crema hasta un 31.72 % lo cual era de esperarse puesto que se estandarizó a un 9.9 % de contenido graso. La materia grasa y la humedad presentan una relación inversa, y un menor contenido de grasa repercute en un aumento de la capacidad de retención de agua del queso.

En cuanto a las proteínas el valor obtenido aumento un 67.81% dado a la forma y/o grado de trituración de la cuajada, ya que con granos más finos mayor es la pérdida, y también la dureza de la misma, que al ser más consistente, pierde menos caseína con el suero⁹⁰. Al igual, el incremento de la crema en la formulación pudo influenciar en el incremento del valor proteico. Este es un de los parámetros más importante ya que mediante este se puede conocer la calidad nutricional del producto. Por último, se encontró que el contenido de cenizas disminuyo en el queso crema.

En la Tabla 27 se muestran los resultados experimentales obtenidos para el análisis químico proximal del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en

azúcares y enriquecido en proteína, comparado frente a un dato bibliográfico elaborado con harina de trigo.

Tabla 27. Resultados del análisis químico proximal del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína

COMPONENTE	DATO REFERENCIADO (%)	DATO EXPERIMENTAL (%)
Humedad	16.40	30.42
Grasa	11.60	10.16
Proteína	9.10	16.68
Cenizas	1.5	3.65
Carbohidratos	60.80	37.89
Fibra	0.60	1.2

Fuente: Muñoz C.M., Villasana C.A.1996. Tablas de valor nutritivo de los alimentos.2° Ed. México: Ed. Pax.

En el análisis químico proximal mostrados en la Tabla 27 se encuentran diferencias en todos los componentes, el valor de la humedad aumento un 85.49% en el panqué sin gluten comparado con un control, esto se debe a que se agregó queso crema a la formulación el cual contenía el 62.84% de humedad, la cual se reportó como elevada. Además de que el perfil de horneado pudo ser inadecuado. Lo que puede llevar a que el panqué sea altamente susceptible a la descomposición. Este parámetro es importante debido a que una característica de los panques es no ser completamente secos, es una propiedad importante en la apariencia del producto.

En cuanto el contenido de grasa se logró el objetivo de reducir su contenido en un 12.41% lo cual era de esperarse puesto que se estandarizó a un 9.9 % de contenido graso.

Un parámetro importante para conocer la calidad nutricional del producto es la cantidad de proteína que el alimento aporta, este valor aumento aproximadamente un 83.30% en el panqué libre de gluten comparado con un control, esto se debe a que se adicionó queso crema al producto el cual tuvo un aumento del 67.81% de proteína y a la mezcla de harinas, ya que la harina de amaranto contiene un 14.15% de proteína y la harina de arroz un 5.92% en comparación de una harina de trigo la cual contiene un 9.10% de proteína. La intolerancia al gluten es una enfermedad que se caracteriza por absorción intestinal deficiente de diversos macronutrientes, entre ellos la proteína, esto se debe a la inflamación crónica y atrofia de la mucosa del intestino delgado causado por la exposición al gluten en la dieta^{91, 92}. Es por ello que el panqué libre de gluten es una muy buena opción para

las personas que padecen esta enfermedad, debido a que no contiene gluten y está enriquecido con un mayor porcentaje de proteína. Es importante considerar este aumento de proteína ya que constituye uno de los principales nutrientes para el organismo junto con los carbohidratos y la grasa.

En cuanto al contenido de cenizas se observa un aumento de estas, debido a que todos los ingredientes utilizados aportan minerales, la adición del queso crema en el panqué libre de gluten contribuyó en el aumento del valor en el producto.

El contenido de carbohidratos del panqué, por su parte, disminuyó un 37.68% aproximadamente comparado con un panqué tradicional, esto es debido a que se tiene un contenido mayor de proteína y agua, lo que es bueno ya que el consumo elevado de carbohidratos se asocia con diversas patologías como sobrepeso, obesidad, alteraciones hepáticas, desórdenes del comportamiento, diabetes, hiperlipidemia, enfermedad cardiovascular, hígado graso, algunos tipos de cáncer y caries dental. Además, el consumo de azúcares puede contribuir al desarrollo de alteraciones psicológicas como la hiperactividad, el síndrome premenstrual y las enfermedades mentales, por lo que es necesaria regular la ingesta diaria de estos⁹³.

De acuerdo a la composición química del producto el contenido de fibra del panqué libre de gluten aumento en contraste con un panqué tradicional, debido a el aporte de fibra que le da la harina de amaranto y la harina de arroz, esto es bueno debido a que la influencia de la fibra es múltiple, produce AGCC (ácidos grasos de cadena corta), modifica el pH colónico, mantiene la microflora, estimula la producción de hormonas gastrointestinales, mejora las defensas de la barrera intestinal y controla la translocación bacteriana⁹⁴, regula el funcionamiento del aparato digestivo, el control glucémico y la absorción de otros nutrientes como el colesterol.

De forma general se ha visto que la ingesta de fibra dietética tiene efectos beneficiosos sobre diversas enfermedades digestivas (por ejemplo el estreñimiento), enfermedades cardiovasculares (hipercolesterolemia, hipertensión arterial, diabetes mellitus...), ciertos tipos de cánceres (colon y mama), y la obesidad⁹⁵.

3.4 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL QUESO CREMA Y EL PANQUÉ LIBRE DE GLUTEN CON QUESO CREMA, REDUCIDO EN AZÚCARES Y ENRIQUECIDO EN PROTEÍNA

El control del crecimiento de los microorganismos en el queso depende de un número de parámetros físicos como la concentración de la humedad, la cantidad de sal, la actividad de agua, el pH, la presencia de ácidos orgánicos, la

temperatura de conservación, el potencial redox y la adición de nitratos. Además, en el crecimiento microbiano influyen otros factores biológicos como la disponibilidad de nutrientes para el metabolismo microbiano y la interacción entre los microorganismos presentes en el queso⁹⁶.

El análisis microbiológico es una inspección que permite valorar la carga microbiana en los productos, se realizó con el fin de obtener productos elaborados con buenas prácticas que puedan garantizar su higiene e inocuidad que no causen ningún daño al consumidor, por lo que es indispensable llevar un proceso de correcto manejo desde la materia prima hasta el producto final.

En las Tablas 28 y 29 se muestran los análisis microbiológicos realizados al queso crema y al panqué libre de gluten, donde viene especificada la Norma Mexicana que rige dicho análisis y su determinación.

Tabla 28. Resultados de análisis microbiológico del queso crema

MICROORGANISMOS	LÍMITE MÁXIMO	QUESO CREMA
Coliformes totales	<100 UFC/g	70 UFC/g
Coliformes Fecales	100 NMP/g	Ausente
Mesofilos Aerobios	100,000 UFC/g	275 UFC/g
<i>Staphylococcus aureus</i>	1000 UFC/g	Ausente
<i>Salmonella ssp</i>	Ausente en 25 g	Ausente
Mohos y Levaduras	500 UFC/g	Ausente

De acuerdo a la Tabla 28, se puede observar que las cifras reportadas de los análisis microbiológicos, dichas cifras se encuentran dentro de los límites permitidos por la NOM-243-SSA1-2010. Por lo que también cabe mencionar durante su elaboración, se llevó a cabo como lo establece la NOM-251-SSA1-2009, la cual establece los requisitos mínimos de buenas prácticas de higiene. Y que finalmente, se está garantizando que es un producto totalmente inocuo y seguro.

Tabla 29. Resultados de análisis microbiológico del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína

MICROORGANISMOS	LÍMITE MÁXIMO	PANQUE
Coliformes totales	≤10 UFC/g	Ausente
Coliformes Fecales	Ausente	Ausente
Mesofilos Aerobios	100 UFC/g	Ausente
<i>Staphylococcus aureus</i>	<100 UFC/g	Ausente
<i>Salmonella ssp</i>	Ausente en 25 g	Ausente
Mohos y Levaduras	200 UFC/g	Ausente

Como se muestra en la Tabla 29, los resultados obtenidos fueron del todo satisfactorias, ya que estos cumplen con los límites permisibles de la NOM-247-SSA1-2008, así mismo, cabe destacar que este producto cumple de igual manera con la NOM-251-SSA1-2009, ya que finalmente se realizó bajo los requisitos de elaboración, como lo establece la norma, y finalmente garantizando la higiene e inocuidad al consumidor final.

3.5 SCORE QUÍMICO DEL PANQUÉ LIBRE DE GLUTEN CON QUESO CREMA, REDUCIDO EN AZÚCARES Y ENRIQUECIDO EN PROTEÍNA

El valor nutritivo de un alimento, en cuanto fuente proteica, refleja su aptitud para contribuir con su presencia en la dieta a las necesidades de nitrógeno y aminoácidos del consumidor y asegurar que pueda alcanzar un crecimiento y un mantenimiento conveniente. La capacidad para conseguirlo es función de tres factores: a) el contenido en proteína que ofrezca; b) el tipo y cantidad de aminoácidos que aporta; c) la disponibilidad de estos aminoácidos para ser absorbidos por el intestino humano.

Históricamente son varios los índices nutricionales, unos químicos y otros biológicos, aplicados para evaluar la calidad nutricional de una proteína alimenticia, uno de los más importantes es el Chemical Score (egg ration) de Mitchell y Block (1946)⁹⁷.

Para el presente proyecto se propuso utilizar este método para así conocer el valor biológico del panqué libre de gluten considerando el contenido de aminoácidos esenciales en el producto comparado contra una proteína de referencia, para ellos la composición de aminoácidos de los ingredientes que se utilizaron para la elaboración del producto se obtuvieron de las tablas de composición alimenticia (Souci et al., 2008).

Para determinar la calidad del panqué tradicional se consideraron solo los ingredientes que aportaran un porcentaje de proteína a este, los cuales fueron harina de trigo, mantequilla, leche y huevo, por lo que se consideró los porcentajes de adición de cada ingrediente y se determinó la calidad de aminoácidos para obtener los aminoácidos presentes en el panqué tradicional y compararlos con la proteína de referencia (huevo) para obtener el aminoácido limitante y calcular el Score Químico, los resultados del Score Químico del panqué tradicional se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30. Resultados del Score Químico del panqué tradicional

AMINOACIDOS ESENCIALES	MANTEQUILLA (g a.a./g P.)	HUEVO (g a.a./g P.)	LECHE FLUIDA ENTERA (g a.a./g P.)	HARINA DE TRIGO (g a.a./g P.)	PANQUE TRADICIONAL	COMPARACION
Leucina	0.0005	0.84	0.35	1.75	2.94	-67.01
Isoleucina	0.0003	0.55	0.19	0.96	1.69	-70.81
Metionina	0.0001	0.66	0.08	0.49	1.23	-82.45
Cisteina	0.0000	0.54	0.07	0.97	1.58	-72.21
Valina	0.0002	0.70	0.21	1.11	2.02	-72.69
Triptofano	0.0001	0.14	0.23	0.27	0.64	-57.12
Fenilalanina	0.0002	0.53	0.38	1.31	2.22	-60.69
Lisina	0.0004	0.63	0.29	0.70	1.63	-75.73
Histidina	0.0001	0.20	0.08	0.56	0.84	-59.88
Treonina	0.0002	0.47	0.20	0.77	1.44	-71.12
Tirosina	0.0002	0.39	0.15	0.95	1.48	-63.83

Se puede observar que el aminoácido limitante en el panqué libre de gluten es la metionina ya que tuvo el mayor déficit, lo que indica que es el aminoácido esencial en menor presencia de acuerdo al método de Mitchell y Block, el Score Químico del panqué tradicional es de 17.55.

Se empleó la misma metodología para determinar el Score Químico del panqué libre de gluten considerando las proteínas del queso crema, huevo, leche, harina de amaranto y harina de arroz. La Tabla 31 muestra los resultados de la calidad de la proteína en el panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína.

Tabla 31. Resultados del Score Químico del panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína.

AMINOACIDOS ESENCIALES	QUESO (g a.a./g P.)	HUEVO (g a.a./g P.)	LECHE FLUIDA ENTERA (g a.a./g P.)	HARINA DE ARROZ (g a.a./g P.)	HARINA DE AMARANTO (g a.a./g P.)	PANQUE LIBRE DE GLUTEN	COMPARACION
Leucina	1.96	1.44	0.84	0.32	1.17	5.74	-35.53
Isoleucina	1.14	0.94	0.45	0.19	0.78	3.50	-39.60
Metionina	0.54	1.13	0.19	0.08	0.45	2.40	-65.78
Cisteína	0.04	0.92	0.18	0.05	0.33	1.52	-73.40
Valina	1.39	1.20	0.50	0.23	0.83	4.15	-43.95
Triptofano	0.39	0.24	0.56	0.05	0.31	1.56	3.77
Fenilalanina	1.10	0.91	0.91	0.22	0.78	3.93	-30.50
Lisina	2.01	1.08	0.71	0.14	0.93	4.89	-27.08
Histidina	0.67	0.34	0.20	0.10	0.49	1.79	-14.53
Treonina	0.82	0.81	0.49	0.14	0.63	2.89	-42.28
Tirosina	1.14	0.66	0.36	0.25	0.73	3.14	-23.45

El aminoácido limitante en este caso de acuerdo al Score Químico del panqué libre de gluten es la Cisteína.

Tabla 32. Comparación de Score Químico del panqué tradicional con respecto al panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína.

AMINOACIDOS ESENCIALES	PANQUÉ TRADICIONAL	PANQUÉ LIBRE DE GLUTEN
Leucina	-67.01	-35.53
Isoleucina	-70.81	-39.60
Metionina	-82.45	-65.78
Cisteína	-72.21	-73.40
Valina	-72.69	-43.95
Triptófano	-57.12	3.77
Fenilalanina	-60.69	-30.50
Lisina	-75.73	-27.08
Histidina	-59.88	-14.53
Treonina	-71.12	-42.28
Tirosina	-63.83	-23.45

Comparando el Score Químicos del panqué tradicional contra el del panqué libre de gluten, se pudo observar un claro incremento, lo que sugiere que el valor nutricional aumentó considerablemente, al ser su Score Químico de 26.60, lo que significa, que el panqué libre de gluten incrementó en un 34.02% su valor nutricional con respecto al panqué tradicional, como se observa en la Tabla 32.

Un estudio de la University of Herfordshire de febrero de 2019 analizó 1,700 productos de distintos grandes almacenes y concluyó que sus propiedades nutricionales son peores que las del resto. Por ejemplo, la cantidad de grasas en el pan blanco y negro sin gluten es el doble que en el de trigo y el porcentaje de proteínas es menor en nueve de cada 10. Además, el precio es un 159% mayor. Otra conclusión revelada por investigadores españoles del Grupo de Enfermedad Celíaca e Inmunopatología Digestiva del Instituto de Investigación Sanitaria La Fe en Valencia apunta en la misma dirección: de 654 productos sin gluten analizados en comparación con sus homólogos con gluten se infería que tienen hasta tres veces menos de proteínas, más grasas y más lípidos y grasas saturadas.

Debido a estas razones el panqué libre de gluten desarrollado en el presente trabajo representa una alternativa excelente para personas intolerantes al gluten ya que se redujo el contenido de grasa y carbohidratos en comparación de un panque tradicional y se incrementó un 83.30% el contenido proteico, haciéndolo un panqué apto para personas intolerantes al gluten con un alto valor nutricional, al haber incrementado además, el balance de aminoácidos esenciales.

3.6 APORTE CALÓRICO DEL PANQUÉ LIBRE DE GLUTEN CON QUESO CREMA, REDUCIDO EN AZÚCARES Y ENRIQUECIDO EN PROTEÍNA

Tomando como referencia la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 se muestra el cálculo, así como la comparación de energía (Tabla 33) que aporta el panqué libre de gluten con queso crema vs un panque de trigo tradicional

La cantidad de energía que debe declararse debe calcularse utilizando el siguiente factor de conversión:

- Carbohidratos disponibles 4 kcal/g 17 kJ/g
- Proteínas 4 kcal/g 17 kJ/g
- Grasas 9 kcal/g 37 kJ/g

$$\begin{aligned} \text{Energía} &= \left(37.89 * 4 \frac{\text{kcal}}{\text{g}} \right) + \left(16.68 * 4 \frac{\text{kcal}}{\text{g}} \right) \\ &+ \left(10.16 * 9 \frac{\text{kcal}}{\text{g}} \right) \end{aligned}$$

$$\text{Energía} = (151.56 \text{ kcal/g}) + (66.72 \text{ kcal/g}) + (91.44 \text{ kcal/g})$$

$$\text{Energía} = 309.72 \text{ kcal/100g}$$

Tabla 33. Comparación del contenido energético del panqué libre de gluten con un panqué de trigo tradicional.

	PANQUÉ LIBRE DE GLUTEN (kcal/100 g)	PANQUÉ DE TRIGO TRADICIONAL (kcal/100 g)
Energía por cada 100 g	309.72	453.46
Energía por cada 30 g	96.79	136

Como se puede observar en la Tabla 33 se obtuvo una reducción del aporte calórico de un 28.83% por cada 30 g, por lo que el panqué libre de gluten es una muy buena opción para personas intolerantes al gluten y para todo el público en general ya que contiene un alto contenido proteico y es un alimentos saludable.

CONCLUSIONES

En la elaboración de un queso crema se logró obtener un queso reducido en grasa, ya que se disminuyó un 31.72% lo cual eleva la efectividad del panqué libre de gluten respecto al beneficio a la salud.

En la elaboración de un panqué libre de gluten los resultados sugieren una posible sustitución total de la harina de trigo por harinas compuestas sin gluten en la elaboración de productos panificables ricos en fibra dietética y valor nutrimental, aptos para el consumo de personas intolerantes al gluten.

En cuanto a las formulaciones evaluadas sensorialmente, la de mayor agrado al consumidor fue la muestra 550 (65% harina de amaranto y 35% harina de arroz), con esta se obtuvieron los mejores resultados semejantes a los de un panqué tradicional.

Se obtuvo un panqué libre de gluten con un elevado contenido proteico el cual aumento un 83.30% comparado con un panque tradicional, esto se logró gracias a la adición del queso crema y a la mezcla de harinas, ya que la harina de amaranto contiene un 14.15% de proteína y la harina de arroz un 5.92% en comparación de una harina de trigo la cual contiene un 9.10% de proteína.

Se logró desarrollar un panqué libre de gluten con un alto valor nutrimental debido al aumento de aporte proteico, en específico, de los aminoácidos esenciales presentes aumentando el 34.02% de los mismos en comparación de un panqué tradicional, lo que resulta en un producto de panificación con mayor calidad nutrimental al tener un mejor balance de aminoácidos esenciales.

El panqué libre de gluten mostro un elevado contenido de humedad, la cual puede llegar a ser un problema ya que el panqué puede ser altamente susceptible a la descomposición, por lo cual se sugiere hornearlo por mayor tiempo para con ello aumentar su vida útil, al eliminar agua disponible en el medio para microorganismos.

La materia prima (queso crema) y el panqué libre de gluten fueron elaborados bajo las BPM (NOM-251-SSA1-2009) al haber presentado cargas microbianas por debajo de lo permitido para este tipo de producto por la NOM-247-SSA1-2008.

Se logró la elaboración de un alimento funcional e inocuo reducido en azúcares adicionado con queso crema, el porcentaje de energía reducido fue de 28.83% por cada 30 g.

Los productos comerciales que existen actualmente en el mercado para intolerantes al gluten no contienen un alto contenido de proteína y el producto desarrollado ofrece una ingesta de 16.68 % de proteína, además de tener un aporte calórico menor debido a su reducción en contenido de grasa y carbohidratos, ocasionado que los consumidores al momento de adquirir este producto obtengan un beneficio a su salud que va más allá del aporte nutricional.

RECOMENDACIONES

Durante el desarrollo de un panqué libre de gluten con queso crema, reducido en azúcares y enriquecido en proteína surgieron varias cuestiones a revisar las cuales podrían ser:

- Emplear un tiempo mayor de 20 minutos de prensado para obtener un mejor desuerado.
- Los resultados sugieren una elaboración de productos panificables ricos en proteínas y aptos para el consumo de intolerantes al gluten. Sin embargo, es necesario realizar determinaciones experimentales cuantitativas (perfil de temperatura, expansión volumétrica, caracterización de la formación de la estructura porosa, formación de la corteza y reacción de pardeamiento) así como desarrollar modelos matemáticos simplificados de transferencia de energía que permitan llevar a cabo un perfil de horneado óptimo para obtener un producto con características físicas similares o superiores a los productos convencionales existentes en el mercado.
- Realizar un estudio de vida útil del producto.
- Desarrollar un plan de negocios con la finalidad de evaluar la factibilidad del mercado y explotación de este producto para poder hacer el escalamiento a nivel industrial e incursionar este producto en el ramo de la panificación actual.

REFERENCIAS

1. Sánchez, H. D.; Osella, C. A.; de la Torre, M. A. 2002. Optimization of gluten-free bread prepared from cornstarch, rice flour, and cassava starch. *Journal of Food Science*; 67(1): 416-419.
2. Capriles, V. D., Dos Santos, F. G., y Arêas, J. A. G. 2016. Gluten-free breadmaking: Improving nutritional and bioactive compounds. *Journal of Cereal Science*; 67: 83-91.
3. Lamacchia, C., Camarca, A., Picascia, S., Di Luccia, A., y Gianfrani, C. 2014. Cereal-based gluten-free food: How to reconcile nutritional and technological properties of wheat proteins with safety for celiac disease patients. *Nutrients*; 6(2): 575-590.
4. Rastogi, A. y S. Shukla. 2013. Amaranth: A new millenium crop of nutraceutical values. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*; 53: 109-125.
5. Pacheco-Bajaña, J. F., y Mosquera-Bejarano, M. E. 2012. Diseño de una línea de producción para la elaboración de pan a partir de la harina de amaranto (*amaranthus hybridus*) y harina de arroz (*oryza sativa*). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Ecuador.
6. Norma para el Queso No Madurado Incluido el Queso Fresco (CODEX STAN 221-2001).
7. Parra, J.L., Pinzón, S.M., Correal, W.A. et. al. 2006. Buenas prácticas de ordeño manual para mejorar la calidad de la leche. Villavicencio, Meta, Colombia: Corpoica, 25
8. Charles, A. 1985. Ciencia de la leche: Principios de técnica lechera. Barcelona. Barcelona: Reverte, IV, 887,873.
9. NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
10. Revilla, A. 1982. Tecnología de la leche: procesamiento, manufactura y análisis. IICA, II, 14,18-38.
11. NOM-121-SSA1-1994, Bienes y servicios. Quesos: frescos, maduros y procesados. Especificaciones sanitarias.
12. Hernández, A. Microbiología Industrial. Universidad Estatal a Distancia, 269,75.
13. Scott, R., Robinson, R.K. y Wilbey, R.A. 1998. *Cheesemaking Practice*. Nueva York, EE.UU: Kluwer Academic/Plenum Publishers, III, 449.
14. Walstra P., Wouters J.T.M. y Geurts T.J. 2006. *Dairy Science and Technology*. Nueva York, EE.UU. CRC Press: 140-155.
15. Van Hekken, D.L. y Farkye, N. 2003. Hispanic Cheeses: The quest for queso. *Food Technology*. 57:32-38.

16. García-Islas, B. 2006. Caracterización fisicoquímica de diversos tipos de quesos elaborados en el Valle de Tulancingo Hgo con el fin de proponer normas de calidad. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Tulancingo, Hgo. México. 98.
17. García, R., (2000) Manual de elaboración de queso tipo Oaxaca y tipo Panela. Tesis de licenciatura. México, Universidad Nacional Autónoma de México, 56-59.
18. Cenzano, I. 1992. Los quesos. España: Mundi-prensa.
19. Méndez, C. 1998. Clasificación de los quesos. España: Servicio de Agricultura del Cabildo Insular de Tenerife.
20. Grant, R., Keown, J., 1998. Feeding Dairy Cattle for Proper Body Condition Score. University of Cambridge.
21. Villegas, A. Los quesos mexicanos. 1990. México. CIESTAAMN, Universidad Autónoma Chapingo.
22. Johnson, M. y Law, B.A. 2011. Technology of cheesemaking. Reino Unido: Wiley Blackwell, II.
23. Llangari, P., 1991. Tecnología para la elaboración de productos lácteos. Ecuador: INIAP, 2-14.
24. Escuela Interamericana de Agricultura y Ganadería en Rivas. 1982. Sistemas de producción animal con énfasis en lechería. Costa Rica, 20.
25. Agroindustria., (2011). "Fuentes de contaminación de la leche cruda". [En línea], disponible en: <https://agroindustriacurc.files.wordpress.com/2011/09/fuentes-de-contaminacion-de-la-leche-cruda.pdf> [Accesado el día 13 de noviembre de 2018]
26. Rivadeneira, A., Simón, G. 1993. Producción de leche y derivados en fincas ganaderas del cantón el Carmen, provincia de Manabi-Ecuador. Ecuador, 39-44.
27. Bedolla, S. et al., 2004. Introducción a la tecnología de alimentos. México: Limusa Noriega Editores, II, 37.
28. PRODAR- Programa de Desarrollo de la Agroindustria Rural para la América Latina y el Caribe, "Fichas técnicas. Procesados de lácteos" en Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, [En línea], disponible en: <http://www.fao.org/3/a-au170s.pdf> [Accesado el 13 de noviembre de 2018]
29. Rodríguez, R. y M. Echeverría, (2009) "Microbiología de la leche" en Editorial de la Universidad Tecnológica Nacional, [En línea], Argentina, disponible en: http://www.edutecne.utn.edu.ar/sem_fi_qui_micrb_09/microbiologia_leche.pdf [Accesado el 13 de noviembre de 2018].

30. Norma del Codex para el queso crema (queso de nata, "cream cheese") (CXS 275-1973).
31. Menchu, M. & Méndez, H. 2012. Tablas de composición de alimentos en Centroamérica: ICAP. Guatemala. Serviprensa. 45-48.
32. CEP. 2010. Alimentación, nutrición dietética. Madrid: S. L.
33. Suarez, D.X., 2003. Guía de procesos para la elaboración de harinas, almidones, hojuelas deshidratadas y compotas. Bogotá. Convenio Andrés Bello, 18.
34. NOM-147-SSA1-1996, Bienes y servicios. Cereales y sus productos. Harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de cereales, de semillas comestibles, harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales.
35. Ng P.K.W. and W. Bushuk, 1987. Glutenin of marquis wheat as a reference for estimating molecular weights of glutenin subunits by sodium sulfate-polyacrylamide gel electrophoresis. *Cereal Chemistry* 64:324-327.
36. Hosney, R.C., 1994. Principles of Cereal Science and Technology, Second Edition. American Association of Cereal Chemists, St Paul, MN, USA, 378.
37. Shan L, Molberg O, Parrot I, Hausch F, Filiz F, Gray GM, et al. Structural basis for gluten intolerance in celiac sprue. *Science* 2002; 297: 2275-9.
38. NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.
39. Gujral, H. S.; Rosell, M. C. 2004. Improvement of the breadmaking quality of rice flour by glucose oxidase. *Food Research International* 37, 75–81.
40. Bryant R. J.; Kadan, R. S.; Champagne, E. T.; Vinyard, B. T.; Boykin, D. 2001. Functional and digestive characteristics of extruded rice flour. *Cereal Chemistry* 78(2), 131-137.
41. Champagne, E. T. 1996. Current applications of rice starch. *Cereal Foods World* 41(11), 833-838.
42. Sivaramakrishnan, H. P.; Senge, B.; Chattopadhyay, P. K. 2004. Rheological properties of rice dough for making rice bread. *Journal of Food Engineering* 62 37-45.
43. Hagenimana, A.; Ding, X.; Fang, T. 2006. Evaluation of rice flour modified by extrusion cooking. *Journal of Cereal Science* 43, 38-46.
44. Silva S. C. 2007. Caracterización fisicoquímica y nutracéutica de amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) cultivado en San Luis Potosí. Tesis de

- Doctorado. Ciencias en Biología Molecular. Instituto Potosino de Investigación Ciencia y Tecnología A.C. San Luis Potosí. México.
45. Czerwiski J, Bartnikowska E, Leontowicz H, Lange E, Leontowicz M, Katrich E, Trakhtenberg S, Gorinstein S. 2004. Oat (*Avena sativa* L.) and amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) meals positively affect plasma lipid profile in rats fed cholesterol-containing diets. *J. Nutr. Biochem.* 15: 622-629.
 46. Montero-Quintero KC, Moreno-Rojas R, Molina E, Colina-Barriga MS, Sánchez-Urdaneta AB. 2015. Efecto del consumo de panes integrales con amaranto (*Amaranthus dubius* Mart; ex Thell;) sobre la respuesta glicémica y parámetros bioquímicos en ratas Sprague Dawley. *Nutric. Hospit.* 31: 313-320.
 47. CONABIO. (2014) "Amaranto". [En línea], disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/usos/alimentacion/amaranto.html> [Accesado el 11 de octubre de 2019].
 48. Bourgeois, C. M.; Larpent, J. P. 1995. *Microbiología Alimentaria II: Fermentaciones Alimentarias*. Acribia, Zaragoza.
 49. Aleixandre, J. L. 1996. *Procesos de Elaboración de Alimentos*. Valencia: U.P.V.
 50. Fellows, P. 1993. *Tecnología del Procesado de los Alimentos: Principios y Prácticas*. Acribia, Zaragoza.
 51. Bourgeois, C. M.; Larpent, J. P. 1995. *Microbiología Alimentaria II: Fermentaciones Alimentarias*. Acribia, Zaragoza.
 52. Tejero, F. 1992-1995. *Panadería Española*. Barcelona: Montagud, II.
 53. *Código Alimentario Español*.
 54. Muñoz C.M., Villasana C.A. 1996. *Tablas de valor nutritivo de los alimentos*. 2º Ed. México: Ed. Pax.
 55. Mesas, J. M., Alegre, M. T. 2002. El pan y su proceso de elaboración. *Revista Ciencia y tecnología alimentaria*; 3(5): 307-313
 56. Calaveras, J. 1996. *Tratado de Panificación y Bollería*. Madrid: AMV.
 57. Eliasson, A. CH., Larsson, K. 1993. *Cereals in Breadmaking: A Molecular Colloidal Approach*. New York: Marcel Dekker.
 58. Calvel, R. 1983. *La Panadería Moderna*. Buenos Aires: América Lee
 59. Calvel, R. 1994. *El Sabor del Pan*. Barcelona: Montagud.
 60. Lezcano, E. 2011. *Galletas y bizcochos*. Tesis de titulación. Universidad Argentina.
 61. Ausina A, Ribes-Koninckx C, Hernández M, Rivas J, Ferrer J. Enfermedad celiaca latente. Una realidad clínica. *An Esp Pediatr* 1994; 40(6):449-52.
 62. Reig-Otero, Y., Mañes, J., Manyes i Font, L. 2017. Sensibilidad al gluten no celiaca (SGNC): manejo nutricional de la enfermedad. Valencia. *Revista Nutrición clínica y dietética hospitalaria*; 37(1):171-182

63. Polanco, I., Ribes, C. *Enfermedad Celiaca*. Madrid; 39.
64. ACELMEX. (2014). Asociación de celíacos de México. [En línea], disponible en <http://celiacosdemexico.org.mx/los-documentos/guia-diagnostico-y-manejo-de-la-enfermedad-celiaca>. [Accesado el 15 de diciembre de 2018].
65. CMQED. (2014). Centro Médico Quirúrgico de Enfermedades digestivas. [En línea], disponible en <http://www.cmed.es/sesibilidad-gluten.php>. [Accesado el 15 de diciembre de 2018].
66. Remes-Troche JM, Ramírez-Iglesias MT, Rubio-Tapia A. 2006. Celiac disease could be a frequent disease in Mexico: Prevalence of tissue transglutaminase antibody in healthy blood donors. *J Clin Gastroenterol*; 40:697-700.
67. Valcarce-Leon JC, Santiago-Lomeli M, Schmulson M. 2005. Seroprevalence of IgA antibodies to tissue transglutaminase in a university-based population study in Mexico City. *Am J Gastroenterol*; 100(Suppl 7):S96.
68. Mendez-Sanchez N, Zamora-Valdés N, Sanchez-Giron F. 2006. Seroprevalence of anti-gliadin and anti-endomysium antibodies in Mexican adults. *Gastroenterology*; 130(suppl 2): A-668.
69. Remes-Troche JM, Nuñez-Alvares C, Uscanga-Dominguez LF. 2013. Celiac disease in Mexican population: an update. *Am J Gastroenterol*; 108(2):283-4.
70. Remes-Troche JM, Ríos-Vaca A, Ramírez-Iglesias MT, Rubio-Tapia A, Andrade-Zarate V, Rodríguez-Vallejo F, et al. 2008. High prevalence of celiac disease in Mexican Mestizo adults with type 1 diabetes mellitus. *J Clin Gastroenterol*; 42(5):460-5.
71. Worona L, Coyote N, Valencia P. 2009. Prevalencia de la enfermedad celiaca en un grupo de pacientes con diabetes mellitus tipo I del Hospital Infantil de México. *Rev Mex Gastroenterol*; 74(Supl 2):67.
72. Remes-Troche JM, Sánchez-Vargas LA, Ríos-Gálvez S, González-Sicilia E, et al. 2013. Escrutinio de enfermedad celiaca en pacientes con diagnóstico previo de infertilidad. un estudio prospectivo en población mexicana. *Rev Gastroenterol Mex*; 78 Supl 2:27-30.
73. Sánchez-Vargas LA, Thomas-Dupont P, Torres-Aguilera M, Azamar-Jacome AA, et al. 2016. Prevalence of celiac disease and related antibodies in patients diagnosed with irritable bowel syndrome according to the Rome III criteria. A case- control study. *Neurogastroenterol Motil*; 28(7):994- 1000.
74. Sánchez-Maza YJ, Ríos-Gálvez S, Aedo-Garcés MR, Meixueiro-Daza A, et al. *Enfermedad celiaca y síndrome de Williams-Beuren*. 2013. Estudio de la Primera Cohorte de Pacientes Mexicanos y sus Familiares. *Rev Gastroenterol Mex*; 78(Supl 2):31-62.

75. Ontiveros N, López-Gallardo JA, Vergara-Jiménez MJ, Cabrera-Chávez F. 2015. Self-reported prevalence of symptomatic adverse reactions to gluten and adherence to gluten-free diet in an adult Mexican population. *Nutrients*; 7(7):6000-15.
76. Quevedo, C., et. al., 2017. Trastornos relacionados con el gluten: panorama actual. *Revista Med Int Méx*; 33(4):487-502.
77. Granados-Conde, C., et. al., 2016. Obtención de queso crema con propiedades funcionales suplementado con sólidos de lactosuero e inoculado con *Lactobacillus casei*. Colombia. *Orinoquia*; 20(2): 40-46.
78. Siso, K., Pérez, E., 2015. Composición proximal, características físicas, físico-químicas y sensoriales de panques elaborados con harinas compuestas, trigo: yuca: salvado de arroz estabilizado. *Venezuela*. 8(1): 1-4.
79. Rodríguez, H., Licea, D., 2012. Caracterización térmica de baños y hornos de temperatura controlada. CENAM.
80. NOM-116-SSA1-1994. Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa.
81. NOM-155-SCFI-2012, Leche-Denominaciones, especificaciones físicoquímicas, información comercial y métodos de prueba.
82. NOM-086-SSA1-1994, Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.
83. NMX-F-284-SCFI-2011. Industria azucarera y alcoholera-determinación del contenido total de cenizas en muestras de carbones activados empleados en la refinación de azúcar
84. NOM-243-SSA1-2010. Productos y servicios. Leche, formula láctea, producto lácteo combinado y derivados. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
85. NOM-247-SSA1-2008, Productos y servicios. Cereales y sus productos. Cereales, harinas de cereales, sémolas o semolinas. Alimentos a base de: cereales, semillas comestibles, de harinas, sémolas o semolinas o sus mezclas. Productos de panificación. Disposiciones y especificaciones sanitarias y nutrimentales. Métodos de prueba.
86. NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria.
87. Granados-Conde C., González C. R. E., Galindo S. W., Pérez Z. D., Pájaro-Castro N. 2016. Obtención de queso crema con propiedades funcionales suplementado con sólidos de lactosuero e inoculado con *Lactobacillus casei*. *ORINOQUIA*; 20(2): 40-46.

88. American Soybean Association-International Marketing. 2012. Función de las mantecas y aceites de soya en la panificación. *Revista Mundo Alimentario*; Noviembre-Diciembre: 20-23.
89. Mondino, C. (2006). "El análisis sensorial, una herramienta para la evaluación de la calidad hasta el consumidor" en *Revista Agromensajes de la Facultad*. [En línea], Vol. 4, disponible en: <http://www.fcagr.unr.edu.ar/Extension/Agromensajes/18/7AM18.htm> [Accesado el 18 de diciembre de 2018].
90. Dilanjan, S. Ch. 1984 *Fundamentos de la Elaboración de Quesos*, Ed. Acribia S.A., España.
91. Catassi C, Bai JC, Bonaz B, Bouma G, et al. 2013. Non-celiac gluten sensitivity: the new frontier of gluten related disorders. *Nutrients*; 5(10):3839-5.
92. Kelly CP, Bai JC, Liu E, Leffler DA. 2015. Advances in diagnosis and management of celiac disease. *Gastroenterology*; 148(6):1175-86.
93. Cabezas-Zabala C., Hernández-Torres B., Vargas-Zarate M., 2016. Azúcares adicionados a los alimentos: efectos en la salud y regulación mundial. *Rev. Fac. Med*; 64 (2): 319-29.
94. Gómez Candela C, De Cos AI, Iglesias C. 2002. Fibra y nutrición enteral. *Nutr Hosp*; 17(Supl. 20): 30-40.
95. Martínez, A., Pedron G. 2016. *Conceptos básicos en alimentos*. Madrid España: 14.
96. Palacios, S. (2006). *Caracterización microbiológica de diversos tipos de quesos elaborados en el Valle de Tulancingo*. Tesis Licenciatura. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México, 27.
97. Bello, G., 2000. *Ciencia bromatológica: Principios generales de los alimentos*. Madrid, España. 160.