



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN**

***“ELABORACIÓN DE UN BROWNIE APTO PARA CELIACOS
ENRIQUECIDO CON SUERO DE LECHE Y REDUCIDO EN
CALORÍAS”***

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERO EN ALIMENTOS**

**PRESENTAN:
LIZBETH LÓPEZ GUZMÁN
JULIO RODRÍGUEZ LÓPEZ**

**ASESOR:
DRA. SARA ESTHER VALDES MARTÍNEZ**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS por haberme permitido concluir esta etapa, gracias por darme la fortaleza y sabiduría para hacer este sueño realidad.

A mis PADRES (Fructuoso López y Cristina Guzmán) porque sin su esfuerzo esto no hubiera sido posible, por el apoyo y confianza depositados en mí, por ser un ejemplo de vida y darme consejos en todo momento para poder enfrentar los obstáculos durante este camino. No tengo palabras para agradecerles todo lo que han hecho por mí. LOS AMO.

A mis HERMANOS (Juan y Jessica) por su apoyo y cariño incondicional por que a pesar de ser menores he aprendido mucho de ustedes y me han alentado a ser mejor persona, gracias por hacerme sentir su apoyo y ganas de luchar contra todo y por ser como son. LOS QUIERO MUCHO.

A mi ABUELITA, TÍOS, TÍAS y PRIMOS por su cariño, consejos e impulsarme a continuar con este proyecto, gracias por creer en mí.

A la familia RODRÍGUEZ LÓPEZ, especialmente a Julio mi compañero de tesis, amigo y mi novio que sin el este proyecto no hubiera sido posible y a pesar de los momentos difíciles hemos logrado concluir esta etapa, agradezco sus consejos, apoyo y momentos felices a su lado. TE AMO MUCHO.

A mis amigos: Thalía, Lili, Brenda; Adriana, Marlene, Karina, Carlos Rodríguez, Mauro González, Aníbal y Luis García: que me permitieron compartir momentos especiales durante todos estos años de amistad, gracias por su amistad, consejos y apoyo incondicional.

A mi asesora de Tesis la Dra. Sara Esther Valdés por haberme permitido trabajar en su laboratorio y por sus enseñanzas durante la realización de este proyecto.

A mis profesores a quienes agradezco sus enseñanzas, gracias por su paciencia e impulso para ser mejor persona cada día.

A los sinodales por su tiempo y dedicación en la revisión de la tesis.

A la profesora Amaya León por el apoyo y colaboración del análisis microbiológico realizado para mejorar este proyecto.

Al ingeniero Carlos Obregón por su apoyo y colaboración en este proyecto.

A la UNAM y a la FES CUAUTITLÁN por hacer de mí una persona más preparada y con capacidad de enfrentar los retos venideros. Gracias por darme la oportunidad de formar parte de esta familia.

¡MUCHAS GRACIAS A TODOS!

Con cariño LIZBETH

AGRADECIMIENTOS

A Dios: Por darme las fuerzas y el espíritu para salir victorioso frente a los retos y oportunidades de la vida y poder concluir esta etapa satisfactoriamente.

Este trabajo es dedicado a todas aquellas personas que han marcado la diferencia en mi vida.

A mi madre: Por todo su cariño y amor además de ser padre y madre a la vez. Gracias al empeño y educación que me diste, hoy puedes ver en mí un hijo que ha concluido uno de sus mayores anhelos.

A mis hermanos: Mary, Pancho y Toño que aunque no me lo decían siempre creyeron en mí y me daban su apoyo para seguir adelante a pesar de los momentos difíciles que nos tocó vivir.

A mis abuelos: Por su apoyo, cariño y comprensión.

A mis tíos: Especialmente a mi tío Juan y Paco por ese apoyo incondicional y que nunca dejaron de estar al pendiente y echarme porras para alcanzar esta meta.

A la familia: López Guzmán y Bautista Fuentes, gracias por su amistad.

A Lizbeth: Por ser parte esencial de mi vida y de este trabajo. TE AMO.

A mis amigos: A todos los que me permitieron compartir momentos especiales a lo largo de la carrera y los que no son también, especialmente: Brandon, Aldo, Sandra Sánchez, Tania Hernández, Eliane, Adriana, Brenda, Lili, Thalía, Majo, Sopas, Daniel, Eliana, Monse en fin a todos.

A mis profesores: Principalmente a la Dra. Sara Esther Valdes y a la profesora Amaya León por el conocimiento y apoyo para realizar y concluir este trabajo así mismo a los sinodales por el tiempo dedicado a la revisión de la tesis.

Finalmente a la máxima casa de estudios UNAM y puntualmente a la FES-C Campo 1 quiero agradecer todo ese conocimiento y formación académica que contribuyo en mi persona.

“El éxito no es resultado de una combustión espontánea, tú tienes que encenderte primero”

Atte. JULIO



ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
MARCO TEÓRICO	4
1. LECHE	4
1.1. Definición	4
1.2. Composición química	4
1.3. Productos lácteos	5
1.4. Tipos de leche	6
1.4.1. Subproductos de la leche	9
1.4.1.1. Suero de leche	9
1.4.1.1.1. Suero de leche en polvo	10
2. CEREALES	11
2.1. Definición	11
2.2. Morfología	11
2.3. Harina	13
2.3.1. Definición	13
2.3.1.1. Harina de trigo	14
2.3.1.1.1. Gluten	15
2.3.1.2. Harina de amaranto	15
2.3.1.3. Harina de arroz	16
2.3.1.4. Composición química de las harinas	16
2.3.2. Productos derivados de los cereales	17



2.3.2.1. Brownie	17
2.3.2.1.1. Historia	17
2.3.2.1.2. Definición.....	17
2.3.2.1.3. Composición química.....	18
2.3.2.1.4. Diagrama de proceso de la elaboración de brownie.....	19
2.3.2.1.5. Descripción del proceso.....	20
2.3.2.1.6. Formulación para la elaboración de brownie	20
2.3.2.1.7. Funcionalidad de los ingredientes	21
2.3.2.1.7.1. Inulina	23
3. ENFERMEDAD CELIACA Y SU IMPORTANCIA	24
3.1. Síntomas.....	25
3.2. Detección y situación actual	25
4. ALIMENTOS FUNCIONALES	26
4.1. Causas de aparición de los alimentos funcionales	27
JUSTIFICACIÓN.....	28
OBJETIVOS	29
METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	31
1. Cuadro metodológico	31
2. Caracterización de la calidad de la materia prima	32
2.1. Determinación química (AQP).....	32
2.2. Determinación fisicoquímica de las harinas.....	33
3. Desarrollo del producto	34
3.1. Elaboración del brownie control.....	34
3.2.. Elaboración del brownie sin gluten adicionado con suero de leche y reducido en calorías	36



4. Evaluación sensorial al brownie sin gluten	41
5. Determinación de pruebas físicas al producto	42
6. Determinación de pruebas químicas al producto	42
7. Cálculo del Score Químico	43
8. Determinación de pruebas microbiológicas al producto.....	43
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
1. Caracterización de la materia prima: Prueba química	44
2. Análisis fisicoquímico de las harinas	45
3. Desarrollo del producto	46
4. Determinación de pruebas físicas al producto	57
5. Análisis químico proximal del producto	58
6. Cálculo del Score Químico del producto	60
7. Análisis microbiológico del producto.....	63
8. Evaluación sensorial	64
9. Costo del brownie sin gluten	71
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	75
REFERENCIAS CITADAS	76
ANEXO A.....	80
ANEXO B.....	81



ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Composición química de la leche.....	5
Cuadro 2. Tipos de leche.....	6
Cuadro 3. Variedades de leche.....	8
Cuadro 4. Propiedades físicas, químicas y fisicoquímicas del suero de leche.....	10
Cuadro 5. Características de los tipos de harina.....	14
Cuadro 6. Composición química de las harinas.....	16
Cuadro 7. Composición química del brownie.....	18
Cuadro 8. Ingredientes para elaboración de brownie.....	21
Cuadro 9. Funcionalidad de los ingredientes.....	21
Cuadro 10. Análisis químico proximal aplicado a la materia prima empleada para la elaboración del brownie libre de gluten.....	32
Cuadro 11. Técnicas del análisis químico proximal.....	33
Cuadro 12. Métodos de análisis fisicoquímico aplicado a las harinas.....	33
Cuadro 13. Formulación para la elaboración de brownie control.....	34
Cuadro 14. Formulación para establecer el porcentaje de harinas.....	38
Cuadro 15. Formulación para establecer el edulcorante.....	39
Cuadro 16. Ingredientes para elaboración de brownie sin gluten.....	40
Cuadro 17. Métodos de análisis químico proximal al producto.....	42
Cuadro 18. Métodos de análisis microbiológico al producto.....	43
Cuadro 19. Composición química de la materia prima.....	44
Cuadro 19a. Composición química de la materia prima.....	44
Cuadro 19b. Composición química de la materia prima.....	44
Cuadro 20. Composición química del brownie con reducción de azúcar	51

ÍNDICE DE CUADROS



Cuadro 21. Rendimiento del brownie.....	57
Cuadro 22. Volumen del brownie	58
Cuadro 23. Composición química del brownie.....	58
Cuadro 24. Score Químico del brownie de trigo.....	61
Cuadro 25, Score Químico del brownie sin gluten.....	62
Cuadro 26. Resultados del análisis microbiológico.....	64
Cuadro 27. Inversión inicial en equipo y material.....	71
Cuadro 28. Costo de brownie.....	72
Cuadro 29. Rentabilidad del negocio.....	72



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Productos lácteos.....	6
Figura 2. Estructura morfológica de un grano de cereal.....	12
Figura 3. Diagrama de proceso de elaboración de brownie.....	19
Figura 4. Estructura química de la inulina.....	23
Figura 5. Intestino delgado normal y atrofiado por enfermedad celíaca.....	25
Figura 6. Diagrama de proceso para la elaboración de brownie control.....	35
Figura 7. Diagrama de proceso para elaboración de brownie sin gluten adiccionado con suero de leche y reducido en calorías.....	41
Figura 8. Gráficos del análisis sensorial de la formulación 1 para determinar la cantidad de harina de amaranto y arroz a) olor, b) textura, c) color, d) sabor y e) apariencia.....	47
Figura 9. Gráficos del análisis sensorial de la formulación 2 para determinar la cantidad de harina de amaranto y arroz a) olor, b) textura, c) color, d) sabor y e) apariencia.....	48
Figura 10. Gráficos del análisis sensorial de la formulación 3 para determinar la cantidad de harina de amaranto y arroz a) olor, b) textura, c) color, d) sabor y e) apariencia.....	49
Figura 11. Gráficos del análisis sensorial de la formulación 4 para determinar el mejor edulcorante a) olor, b) color, c) sabor, d) textura y e) apariencia.....	53
Figura 12. Gráficos del análisis sensorial de la formulación 5 para determinar el mejor edulcorante a) olor, b) color, c) sabor, d) textura y e) apariencia.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS



Figura 13. Gráficos del análisis sensorial de la formulación 6 para determinar el mejor edulcorante a) olor, b) color, c) sabor, d) textura y e) apariencia.....	55
Figura 14. Brownie sin gluten adicionado con suero de leche reducido en calorías a)Vista lateral del brownie y b)Vista superior del brownie	56
Figura 15. Análisis microbiológico del brownie control.....	63
Figura 16. Análisis microbiológico del brownie sin gluten adicionado con suero de leche y reducido en calorías.....	63
Figura 17. Gráfico de resultados de consumo de pastelillos.....	65
Figura 18. Gráfico de resultados de frecuencia de consumo de brownie.....	65
Figura 19. Gráfico de resultados acerca del conocimiento de alguna marca de brownie.	66
Figura 20. Gráfico de resultados de nivel de agrado del color del brownie sin gluten.....	67
Figura 21. Gráfico de resultados de nivel de agrado del olor del brownie sin gluten.....	67
Figura 22. Gráfico de resultados de nivel de agrado del sabor del brownie sin gluten.....	68
Figura 23. Gráfico de resultados de nivel de agrado de textura del brownie sin gluten....	68
Figura 24. Gráfico de resultados de nivel de la apariencia del brownie sin gluten.....	69
Figura 25. Gráfico de aceptación del producto.....	69
Figura 26. Gráfico de resultados del precio del producto.....	70



RESUMEN

En la actualidad los alimentos funcionales tienen el compromiso de aportar los nutrientes necesarios para satisfacer las necesidades nutricionales de quienes los consumen dejando en ellos beneficio a la salud.

El objetivo de este trabajo fue la modificación e incorporación de nuevos ingredientes en la formulación de un brownie libre de gluten bajo en calorías a partir de un control (elaborado con harina de trigo), siguiendo una metodología para evaluar su análisis químico proximal y análisis microbiológico a través de los métodos descritos en la NOM-247-SSA1-2008.

Primordialmente se realizó análisis químico proximal a la materia prima con el fin de evaluar la calidad de la misma. Posteriormente se trabajó en el desarrollo de la formulación de un brownie libre de gluten utilizando harina de amaranto y de arroz con adición de leche en polvo, suero de leche, inulina y un edulcorante para incrementar el valor nutrimental y así mismo hacer una reducción en grasa y azúcar para obtener un producto bajo en calorías.

Posteriormente se evaluó la calidad nutricional del producto mediante un método analítico que cuantifica la cantidad de aminoácidos esenciales incrementando su valor nutricional en un 2.9 veces más aminoácidos esenciales que en el control.

Se obtuvo un producto con alto contenido en proteína del 14.88% y fibra del 8.31%, bajo en grasa con 22.46% comparado con un brownie tradicional con un contenido de grasa de 34.5%, lográndose una reducción de calorías del 17.8%. Además de ser un producto inocuo sin presencia de microorganismos esto se determinó a partir del análisis microbiológico realizado al producto.

Finalmente se realizaron pruebas de evaluación sensorial a un grupo de 100 jueces no entrenados (FES-C) para determinar la aceptación del producto, obteniéndose así en un valor de aceptación de 96% de los encuestados.



INTRODUCCIÓN

De acuerdo con un estudio realizado por Euromonitor International realizado en 2013 México tiene el consumo per cápita más alto de pasteles en el mundo¹. Esto se debe a que los pasteles son una parte importante de la cocina mexicana y que son consumidos comúnmente como parte del desayuno o como snack. Por otra parte, según datos del INEGI la producción industrial de pasteles y pastelillos va en descenso, esto ha provocado que industrias como Bimbo hayan tenido que adaptar el tamaño de sus porciones, dadas las severas críticas relacionadas con su alto contenido de calorías.

Solamente entre enero y agosto de 2013 se elaboraron 42 mil 389 toneladas de pastelillos recubiertos, cantidad 8.67% inferior a la del mismo lapso pero de 2012; en tanto la de pasteles se contrajo 11% a 22 mil 240 toneladas para el mismo periodo².

El desarrollo de alimentos con efectos promotores de la salud es uno de los grandes retos de la industria alimentaria. De forma genérica, un alimento funcional es el que ha demostrado suficientemente que, más allá de su composición nutricional tradicional, mejora el estado de salud y/o reduce el riesgo de padecer una enfermedad. El mercado de estos alimentos para el 2010 cifró en 60,000 millones de dólares cuando en el 2000 solo cifraba una tercera parte³.

La enfermedad celiaca es un padecimiento digestivo crónico, inducido por el consumo voluntario o involuntario de cereales o granos que contienen proteínas de gluten, las cuales provocan una intolerancia severa en la mucosa del intestino delgado superior, provocando alteraciones en la absorción de nutrientes y condicionando a ciertas personas a una predisposición genética⁴. Ha habido un aumento significativo en la prevalencia de la enfermedad celiaca en los últimos 50 años y un aumento en la tasa del diagnóstico en los últimos 10 años⁵. Debido al aumento de la población celiaca y personas que no deben consumir azúcar en su dieta se desarrollará un brownie sin gluten adicionado con suero de leche para incrementar el contenido proteico y reducido en calorías (azúcar y grasa).

INTRODUCCIÓN



El amaranto es un cereal de alto valor nutritivo, que por sí solo constituye un extraordinario alimento para consumo humano, estudios realizados muestran que la proteína del amaranto es buena fuente de lisina, triptófano y aminoácidos azufrados. Las cantidades que proporciona se aproximan a las recomendaciones de la FAO/WHO^{6, 7}; el arroz presenta un elevado valor biológico de proteína, vitaminas, minerales y los diversos componentes orgánicos que aumentan el funcionamiento y la actividad metabólica, aunado a esto el empleo en la industria de la panificación es escaso, razón por la cual se seleccionaron como cereales para elaborar el brownie además de ser cereales sin gluten⁸.



MARCO TEÓRICO

1. LECHE

1.1. Definición

La leche es un producto natural proveniente de las hembras de los mamíferos y es el único alimento que provee a sus críos en la primera etapa de vida y que aporta todas las necesidades nutricionales iniciales para sobrevivir, así pues, la leche es uno de los alimentos esenciales para la vida de los mamíferos y en particular para el hombre, para tenerla disponible como alimento por el resto de su vida y también que posee nutrientes de alto nivel, los cuatro principales son: grasa, proteína, lactosa, vitaminas y minerales^{9, 10}.

La leche para consumo humano de acuerdo a la NOM-155-SCFI-2012 es “la leche que debe ser sometida a tratamientos térmicos u otros procesos que garanticen la inocuidad del producto; además puede ser sometida a operaciones tales como clarificación, homogeneización, estandarización u otras, siempre y cuando no contaminen al producto y cumpla con las especificaciones de su denominación”.

1.2. Composición química

En general, la leche está compuesta por agua, grasas, proteínas, azúcares, vitaminas y minerales, además de otras sustancias que están presentes en menor concentración y que en conjunto forman un sistema fisicoquímico relativamente estable esto se debe a que todos los constituyentes se encuentran en equilibrio, estableciendo tres estados de dispersión. Los sólidos totales de la leche representan entre 10.5 y 15.5% de su composición total y varían de acuerdo con muchos factores, tales como raza de la vaca, tipo y frecuencia de la alimentación, época del año, hora del día de la ordeña, etcétera ^{11, 12}. En el Cuadro 1 se muestra la composición típica de la leche.



Cuadro 1. Composición química de la leche

Componente	Porcentaje
Humedad	90.0%
Proteína	2.8%
Grasa	3.0%
Carbohidratos	3.8%
Cenizas	0.4%

Fuente: Aranceta, J y Serra, LI. (2005). *Leche, lácteos y salud* (pp. 20). España: Panamericana

1.3. **Productos lácteos**

A partir de la leche fresca se elaboran diversos productos ampliamente aceptados en la mayoría de la población. Algunos de ellos, como los quesos, se conocen desde hace muchos siglos y su preparación se practicaba desde entonces como un método de conservación de la leche¹¹.

Por contener un gran número de nutrientes y ser un alimento tan completo, con un pH casi neutro, la leche está sujeta a contaminaciones microbiológicas que la hacen ser un producto altamente perecedero. Los distintos derivados que de ella se obtienen representan una forma más estable, con una vida de anaquel mucho mayor que la materia prima¹¹.

Los productos lácteos más comunes se presentan en la Figura 1, entre los que se encuentran diversos tipos de yogurt, y quesos, nata, cremas, cajeta, requesón, chocolate, bebidas con prebióticos y probióticos, mantequilla, margarina, helados, productos de panificación con leche, galletería, leches descremadas, diversos tipos de leche, leche saborizada, natillas, dulces tradicionales, etc.



Figura 1. Productos lácteos

1.4. Tipos de leche

La industria alimentaria ofrece al consumidor diversas presentaciones de leche, en el Cuadro 2 se presenta información general de estas.

Cuadro 2. Tipos de leche

Proceso	LECHE	DESCRIPCIÓN
Pasteurización El proceso más frecuente de pasteurización se aplica a 71°C durante 16 segundos.	Leche pasteurizada	Tratamiento térmico cuyo objetivo principal es la destrucción de <i>Mycobacterium tuberculosis</i> . Su aplicación reduce drásticamente la presencia de los microorganismos presentes en la leche sin producir la esterilización.

I. MARCO TEÓRICO



Esterilización El tratamiento térmico oscila entre los 115°C y 125°C por 20 a 30 minutos.	Leche estéril	El proceso busca la destrucción de los gérmenes capaces de desarrollarse en estos productos con el fin de alcanzar una larga conservación comercial en recipiente hermético.
Ultra pasteurización El tratamiento térmico oscila entre los 135°C y 150°C durante 2 a 4 segundos.	Leche Ultra-Alta Temperatura (UHT)	Ha sido sometida a un proceso que evita la refrigeración durante su vida comercial sin sufrir un procesado térmico tan agresivo como sucede en la esterilización.
Evaporación Hasta llegar a un valor de 4-4.5% de grasa.	Leches concentradas	Se realizan mediante eliminación parcial o total del agua contenida en la leche. La reducción de agua puede verificarse al vacío por ebullición en un evaporador.
Adición de azúcares- evaporación. Conteniendo un 26% de agua y hasta un 9% de grasa el azúcar se agrega hasta alcanzar el 40-50%	Leche condensada	Ha quedado en la actualidad convertido en producto para uso culinario en las recetas o para añadir al café. El producto habitual es azucarado y con su propia nata.
Secado Eliminación del agua de constitución de la leche higienizada.	Leche en polvo	Siempre se ha buscado que tras su reconstrucción con agua. El consumidor obtuviera un producto lo más similar posible a la leche normal. Uno de los métodos más frecuentes de producción ha sido por pulverización de la leche con una corriente de aire caliente (spray).

Fuente: Aranceta, J. & Serra, Ll. (2005). *Leche, lácteos y salud* (pp. 6-8). España: Panamericana

I. MARCO TEÓRICO



Actualmente hay una gran variedad de leche en el mercado, donde cada una tiene un fin en común, en el Cuadro 3, se presentan las variedades de leche.

Cuadro 3. Variedades de leche

LECHE	DESCRIPCIÓN
Entera	Contiene nutrientes esenciales para la construcción y reparación de músculos y para mantener huesos y dientes sanos, es rica en calcio, proteínas, vitaminas A y D.
Deslactosada	Ideal para las personas intolerantes a la lactosa o que les cae pesada la leche y buscan todos los beneficios nutrimentales, sin lactosa.
Light	Reducida en grasas, contiene proteínas esenciales para la construcción y reparación de músculos así como para mantener huesos y dientes sanos; rica en calcio, proteínas y vitamina A y D.
Semidescremada	Es ideal para una dieta equilibrada y disfrutar de la leche ya que contiene nutrientes esenciales, es rica en calcio, proteínas y vitaminas A y D.
Extra Calcio	Ideal para personas intolerantes que necesitan un aporte extra de calcio. Además de ofrecer los beneficios propios de la leche, sus nutrientes ayudan a mantener los huesos más fuertes y dientes sanos por estar adicionada con alrededor del 50% de calcio extra.
Desarrollo	Para mamás que buscan un aliado para la correcta alimentación de sus hijos de 1 a 4 años que ayudan a mantener sus defensas, a fortalecer y formar sus huesos y dientes, a conservar en buenas condiciones su flora intestinal, a desarrollar su mente y a construir sus músculos.
Salud	Es la leche que se adecua a las necesidades nutrimentales de toda la familia, ya que además de todos los beneficios de la leche esta adicionada con: Hierro, zinc y ácido Fólico.
Fibra	Además de ofrecer los beneficios propios de la leche, ayuda a regular el tránsito intestinal y a prevenir el estreñimiento, adicionada con fibra y vitaminas A y D.

I. MARCO TEÓRICO



Evaporada	Es un producto creado para darle un toque especial y versatilidad a los platillos, tanto dulces como salados o si lo prefieres para dar una consistencia cremosa al café.
Frutas	Está hecha con la frescura de la Leche y fruta natural. Leche Fresca con 47% de Fruta Natural Adicionado con Vitaminas A, D, B1, B2 y B5.

Fuente: LALA recuperado el 30 de septiembre de 2014

de http://www.grupolala.com/marcas/index.php?option=com_content&view=article&id=214&Itemid=11

1.4.1. Subproductos de la leche

1.4.1.1. Suero de leche

Es un líquido obtenido en el proceso de fabricación del queso y de la caseína, después de la separación de la cuajada o fase micelar. Sus características corresponden a un líquido fluido, de color verdoso amarillento, turbio, de sabor fresco, débilmente dulce, de carácter ácido, con un contenido de nutrientes o extracto seco del 5.5% al 7% provenientes de la leche^{11, 13}.

Existen dos tipos de suero que se diferencian por su pH: el llamado suero dulce, que proviene de la mayoría de los quesos madurados, se obtiene mediante la acción de enzimas del tipo de cuajo y el suero ácido, subproducto de la fabricación del queso cottage la coagulación se produce por acidificación. Sus diferencias en composición se muestran en el Cuadro 4.

I. MARCO TEÓRICO



Cuadro 4. Propiedades físicas, química y fisicoquímicas del suero de leche

Componente	Porcentajes (%)	
	Suero dulce	Suero ácido
Humedad	73.00	68.00
Grasa	2.00	0.04
Carbohidratos	4.90	4.30
Proteína	19.60	27.20
Cenizas	0.50	0.46
Sólidos totales	6.50	5.20
Acidez	0.15	0.75
pH	6.20	4.60

Fuente: Badui, S. (2006). Química de los alimentos (pp. 610). México: Pearson.

Es un alimento muy completo, alcalinizante, depurativo y desintoxicante, cuyas propiedades funcionales son múltiples:

- Ayuda a normalizar la flora intestinal por su efecto prebiótico.
- Mejora el proceso de la digestión.
- Favorece la absorción de macro y micronutrientes (vitaminas y minerales)
- Facilita el funcionamiento del hígado y el riñón, ayudando a eliminar sustancias innecesarias para el organismo.
- Complemento ideal para personas con sobrepeso u obesidad.
- Sus proteínas tienen una alta calidad biológica (contiene todos los aminoácidos esenciales en una proporción correcta) imprescindible para una alimentación eficaz y segura.

1.4.1.1.1. Suero de leche en polvo

En nivel industrial, el suero se ha usado principalmente en forma deshidratada (secado por aspersión), para elaborar un gran número de alimentos, el secado es un proceso de conservación que al eliminar una gran cantidad de agua del alimento impide cualquier actividad microbiana o enzimática.



I. MARCO TEÓRICO

En la actualidad los métodos de secado desarrollados tienen gran auge tanto en la industria química y de transformación como en la de alimentos, ya que ofrecen múltiples ventajas tales como: aumentan el tiempo vida útil del producto, facilitan el manejo del mismo, reducen el espacio y costo de almacenamiento del producto y de embarque¹⁴.

El secado por aspersión es una operación unitaria en la que se transforma la alimentación desde un estado líquido hasta un estado sólido, como sucede en el procesamiento del suero de leche, el principio de operación consiste en poner el líquido a secar en forma de pequeñas gotas en contacto con una corriente de aire en movimiento en forma tal, que el tiempo de interacción gota/aire sea mínimo. Este proceso por lo tanto es un método casi instantáneo de producir un sólido seco a partir de un fluido, siendo el aire caliente el medio que suministra el calor necesario para la evaporación y al mismo tiempo el acarreador del agua eliminada^{14, 15}.

2. CEREALES

2.1. Definición

Los cereales son frutos y semillas comestibles de algunas plantas herbáceas cultivadas, monocotiledóneas de la familia gramíneas. Las principales cosechas de cereales son: el trigo, cebada, avena, centeno, arroz, maíz, sorgo y mijo¹⁶.

Los cereales constituyen un grupo de plantas dentro de otro más amplio: las gramíneas. Se caracterizan porque la semilla y el fruto son prácticamente una misma cosa: los granos de los cereales. Los más utilizados en la alimentación humana son el trigo, el arroz y el maíz, aunque también son importantes la cebada, el centeno, la avena y el mijo¹⁷.

2.2. Morfología

Los granos de los distintos cereales tienen una estructura semejante, adaptada a su función natural como semilla de gramíneas. Tienen protección externa, un germen protegido por una pared dura y un depósito de almidón para el alimento de la nueva plántula, en algunos

I. MARCO TEÓRICO



cereales (arroz, cebada y avena) hay una sobrecubierta llamada cascarilla y debajo de esta se encuentra el pericarpio; otros como el trigo, maíz, centeno solo tienen el pericarpio¹⁸.

El fruto de las gramíneas es seco, y se le denomina cariósipide. El grano desnudo presenta una estructura de tejidos muy similar a todos los cereales, las principales partes de un grano de cereal son (Figura 2):

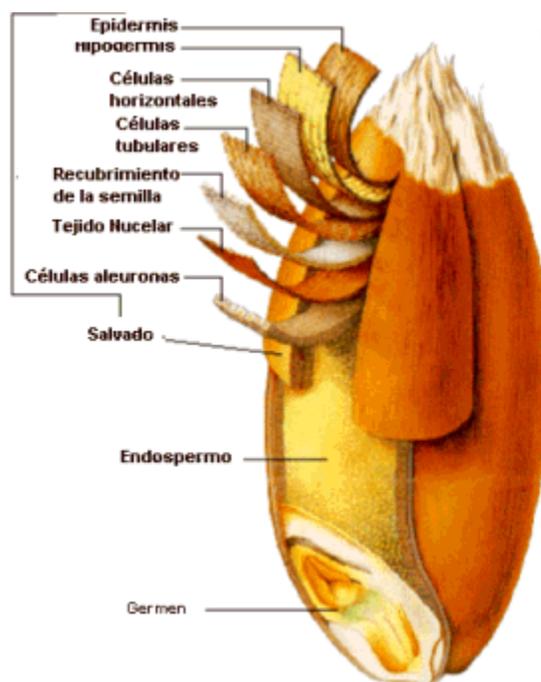


Figura 2. Estructura morfológica de un grano de cereal

Fuente: Tecnologías limpias recuperado el 18 de noviembre de 2014 de:
http://www.tecnologiaslimpias.org/html/central/311601/311601_mp.htm

1. **Pericarpio:** El pericarpio rodea toda la semilla y está constituido por varias capas, las cuales facilitan el traslado de agua al pericarpio, comprende el 5% del grano^{17, 18}.
2. **Cubierta de semilla y epidermis nuclear:** La cubierta de la semilla está unida firmemente a las células tubulares por su lado exterior y a la epidermis nuclear por el interior.



I. MARCO TEÓRICO

3. **Capa de aleurona:** Rodea el grano por completo, incluyendo el endospermo feculento y el germen. La capa de aleurona es rica en cenizas, proteínas, fósforo total, grasa, niacina, tiamina y riboflavina^{17, 18}.
4. **Germen o embrión:** El germen está constituido por dos partes principales: el eje embrionario (raíz y tallo rudimentarios) y el escutelo que tiene el papel de almacén. No contiene almidón, pero es bastante rico en vitaminas B y E¹⁷.
5. **Endospermo:** Las paredes del endospermo, están formadas por pentosanas, otras hemicelulosas y B-glucanos, pero no por celulosa. El contenido y paredes celulares de las células del endospermo constituyen el harina^{17, 18}.

2.3. Harina

2.3.1. Definición

Se entiende como harina a la obtenida de la molienda del trigo del grano maduro, entero, quebrado, y seco del género *Triticum*, L; de las especies *T. vulgare*, *T. compactum* y *T. durum* o mezclas de éstas, limpio, en el que se elimina gran parte del salvado y germen y el resto se tritura hasta obtener un grano de finura adecuada¹⁹.

De acuerdo con el Codex alimentarius: Se denomina harina, sin otro calificativo, como el producto obtenido de la molienda del endospermo del grano de trigo. Las harinas representadas comercialmente con los calificativos: cuatro ceros (0000), tres ceros (000), dos ceros (00), cero (0), medio cero (medio 0), harinilla de primera y harinilla de segunda, corresponderán a los productos que se obtienen de la molienda gradual y metódica del endospermo en cantidad de 70-80% del grano limpio.

Las harinas caracterizadas comercialmente con los calificativos anteriormente mencionados deberán responder a las características que se muestran en el Cuadro 5:

I. MARCO TEÓRICO



Cuadro 5. Características de los tipos de harina.

Harina tipo	Humedad (%)	Cenizas (%)	Absorción (%)	Volumen pan	Tamizado
	Máximo	Máximo		Mínimo	
0000	15.0	0.492	56 - 62	550	Tamiz No. 50, 60 y 80
000	15.0	0.650	57 - 63	520	
00	14.7	0.678	58 - 65	500	
0	14.7	0.873	60 - 67	475	
½ 0	14.5	1.350	-	-	
Harinilla de primera	14.5	1.350 - 2.00	-	-	Tamiz 50, 60 y 80 sin residuos
Harinilla de segunda	14.5	2.00 - 3.00	-	-	Tamiz 50 y 60 hasta 10% residuos

Fuente: Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Codex Stan 1992-1995. Alimentos farináceos - Cereales, harinas y derivados. ONU: FAO, 2015. Capítulo IX, artículo 661.

2.3.1.1. Harina de trigo

El trigo es un componente esencial de la dieta alimenticia de la población mexicana, ya que consume diariamente algún alimento elaborado con trigo y sus derivados. Existe un gran número de especies del género *Triticum* (trigo), miembro de la familia de las gramíneas; de los cuales se comercializan solo cuatro: *Triticum monococcum*, *Triticum turgidum*, *Triticum timopheui*, *Triticum aestivum*. De estos, el *Triticum aestivum*, que incluye el trigo común o de pan y el *Triticum turgidum*, que incluye el trigo duro o de pasta; son por mucho, los más cultivados en el mundo entero^{22, 23}.



I. MARCO TEÓRICO

2.3.1.1.1. Gluten

El gluten es una glucoproteína que se encuentra en cereales de consumo tan habitual como el trigo, la cebada, el centeno o la avena y el triticale (cereal mezcla de trigo y centeno), los cereales que no contienen gluten son: trigo sarroceno, maíz, mijo y arroz y los pseudocereales que no contienen gluten son: amaranto y quinua. A su vez, el gluten está compuesto por dos glucoproteínas: la gliadina y la glutenina²⁰. Las propiedades funcionales del gluten de trigo son: absorción de agua, viscoelasticidad y termocoagulación no pueden ser reemplazados por otros productos. Estas propiedades son únicas y lo diferencian de cualquier otra proteína vegetal²¹.

2.3.1.2. Harina de amaranto

El amaranto tiene un valor nutricional superior al de otros cereales, su valor nutricional se debe en buena parte al hecho de que la proporción de pericarpio es grande en comparación con el resto de la semilla (endospermo), otro motivo es que, debido al pequeño tamaño de la semilla, el harina se elabora principalmente a partir del grano completo, de modo que no se pierde ninguna parte. Es un cereal libre de gluten, lo que le hace ideal para celíacos²⁴.

El harina de amaranto contiene entre 13% y 18% de proteína, 3% y 6% de fibra dietética e importantes cantidades de minerales como fósforo y calcio²⁵. Tolsi y colaboradores (1996), utilizaron el harina de amaranto como posible sustituto de trigo en la elaboración de galletas con buenos resultados.

El contenido de carbohidratos del amaranto corresponde al 60% de la composición general de la semilla. La glucosa puede ser el principal azúcar libre (0.12 a 0.67 % base seca) seguido por la fructosa (0.05 a 0.13 % peso seco). El porcentaje de almidón en el amaranto es de 65%, aunque existen pequeñas cantidades de sacarosa, maltosa, rafinosa y estaquiosa. La semilla de amaranto llega a tener más bajo contenido de amilosa que otros cereales. Lo cual tiene influencia sobre las propiedades funcionales del almidón^{24, 26}.

El contenido en vitaminas en el grano de amaranto es bajo en tiamina y niacina comparado con otros cereales; aunque la riboflavina está presente en grandes cantidades. La proteína



I. MARCO TEÓRICO

de amaranto tiene aminoácidos esenciales incluyendo lisina y metionina. Los aminoácidos esenciales de la proteína del grano de amaranto son mayores que la de muchas otras proteínas de origen vegetal comparable con la de caseína²¹.

2.3.1.3. Harina de arroz

El harina de arroz es el 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 pulido¹⁹.

El arroz presenta el menor contenido de proteínas y mayor en almidón de los cereales. El valor biológico de la proteína contenida en el arroz es muy alto además de ser de fácil digestibilidad, lo que hace que este cereal tenga fundamental importancia en la alimentación, si bien su empleo en la industria de la panificación es modesta⁸.

2.3.1.4. Composición química de las harinas

En el Cuadro 6 se resume la composición típica de las harinas donde se presentan los componentes que proporcionan al alimento su valor nutricional ya que a pesar de que se pueda tratar del mismo producto (harina) presentan diferentes proporciones en su composición.

Cuadro 6. Composición química de las harinas.

Componente	Harina de trigo (%)	Harina de amaranto (%)	Harina de arroz (%)
Humedad	11.92	8.00	8.89
Fibra	2.70	3.50	2.40
Carbohidratos	73.46	66.17	80.13
Proteínas	10.33	14.45	5.95
Lípidos	0.92	6.51	1.42
Cenizas	0.67	1.00	1.21

Fuente: Menchú, M. & Méndez, H. (2012). *Tablas de composición de alimentos de Centroamérica: INCAP (pp.45-48). Guatemala: Serviprensa.*

I. MARCO TEÓRICO



2.3.2. Productos derivados de los cereales

Los cereales figuran entre los primeros cultivos que los pobladores antiguos sembraron y cosecharon. Los principales cereales utilizados en la alimentación humana son: Arroz (*Oryza sativa*), Avena (*Avena sativa*), Cebada (*Hordeum vulgare*), Centeno (*Secale cereale*), Maíz (*Zea mays*), Mijo (*Panicum millaceum*), Sorgo (*Sorghum vulgare*), Trigo (*Triticum aestivum* y *Triticum durum*) y Triticale (híbrido de centeno y trigo).

Los principales alimentos obtenidos de los cereales son: productos de panadería, cereales para desayuno, pastas alimenticias entre otros²³. Los cereales forman una parte importante de la dieta de muchas personas. Según datos de la FAO (2014), el suministro energético de los cereales en el mundo fue 1.292 Kcal/persona/día. A nivel mundial, la proporción de energía aportada por los cereales permanece estable en el tiempo y representa cerca del 50% de la energía alimentaria³.

2.3.2.1. Brownie

2.3.2.1.1. Historia

El brownie se originó en Estados Unidos en 1897, debido a un error en la elaboración de pasteles, se olvidó poner levadura al bizcocho de chocolate que se estaba elaborando, pero este bizcocho por ser crujiente por fuera, tierno y jugoso en su interior, se le dio el nombre de brownie debido a su color marrón, el brownie original es de chocolate con nueces y sin levadura²⁷.

2.3.2.1.2. Definición

El brownie se define como “pastelillo dulce, pequeño, que tienen una cubierta de chocolate y puede incluir en su interior trocitos de nuez, chocolate, mantequilla de cacahuete y una variedad de ingredientes, su característica principal es que en el centro la masa aparenta estar húmeda, con una textura un tanto gomosa y tienen una superficie crujiente”²⁷.

I. MARCO TEÓRICO



2.3.2.1.3. *Composición química*

Los cuatro ingredientes básicos del brownie son: harina, grasa, azúcar y huevos. Es un alimento que aporta carbohidratos complejos, fibra, vitaminas y minerales y otros nutrientes de gran valor nutricional, además de ser una buena fuente de energía, la composición química promedio del brownie se indica en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Composición química del brownie

Composición	Porcentaje (%)
Humedad	17.0
Fibra	0.5
Carbohidratos	39.0
Proteínas	3.0
Lípidos	38.0
Ceniza	2.5

Fuente: Islas, A. R., Hernández, Z. A., Calderón B. M., Ballesteros, V. A., Granados N. M. y Vásquez L. F. (2012). Formulación y elaboración de pastelillos tipo brownies con más fibra y menos calorías que los convencionales. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, volumen 62 (2), pp. 187.

I. MARCO TEÓRICO



2.3.2.1.4. Diagrama de proceso de la elaboración de brownie

En la Figura 3 se presenta el proceso general de elaboración de brownie

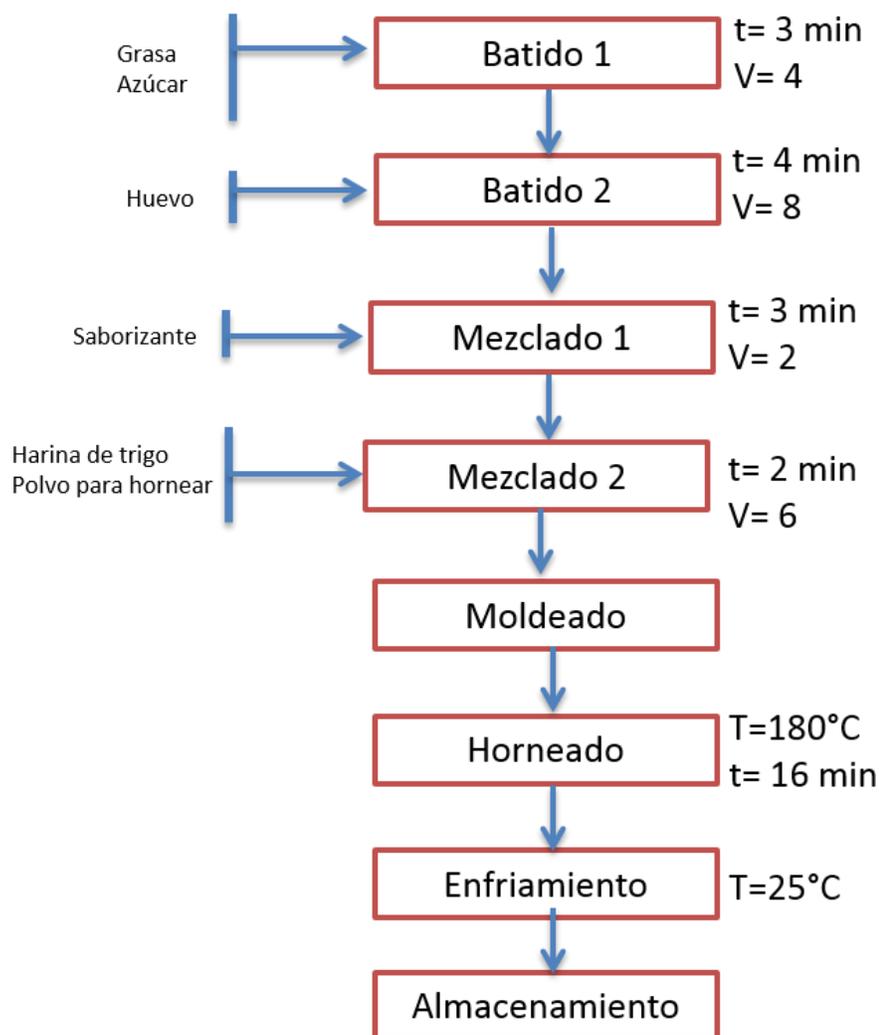


Figura 3. Diagrama de proceso de elaboración de brownie

Fuente: Islas, A. R., Hernández, Z. A., Calderón B. M., Ballesteros, V. A., Granados N. M. y Vásquez L. F. (2012). Formulación y elaboración de pastelillos tipo brownies con más fibra y menos calorías que los convencionales. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, volumen 62 (2), pp. 186.

I. MARCO TEÓRICO



2.3.2.1.5. Descripción del proceso

La elaboración de brownie incluye una primera etapa de batido, esta etapa consiste en mezclar la grasa y azúcar hasta el punto de cremado, posteriormente agregar el huevo hasta que la mezcla sea homogénea^{3, 27, 28}.

Posteriormente agregar el saborizante y la mezcla de sólidos secos (harina de trigo y polvo para hornear), obteniendo una masa uniforme y pareja.

Concluido el mezclado, se coloca la masa en un molde transformándola en una lámina de grosor uniforme^{16, 20}. Se deposita en una charola engrasada y se llevan al horno para la cocción, por un tiempo aproximado de 15 minutos a 180°C y se produce una disminución de la densidad de la masa, desarrollando una estructura abierta y porosa debido a los cambios producidos durante la cocción, como hinchamiento y gelificación del almidón, desnaturalización de proteínas, liberación de gases, expansión y rotura de burbujas y fusión de las grasas. El grado de humedad se reduce y la coloración de la superficie cambia por reacciones de pardeamiento químico (Maillard y caramelización)^{3, 11, 28}.

Trascurrido este tiempo se retira del horno hasta que se enfríe de forma gradual a temperatura ambiente y finalmente se empacan³.

2.3.2.1.6. Formulación para la elaboración de brownie

Para la elaboración del brownie es necesario contar con la siguiente materia prima: harina de trigo, azúcar, huevo, leche, grasas y saborizante, en el Cuadro 8 se muestra la formulación base para la elaboración de este producto.

I. MARCO TEÓRICO



Cuadro 8. Ingredientes para elaboración de brownie

Ingredientes	Porcentaje (%)
Margarina	30.74
Azúcar	26.64
Huevo	24.59
Harina de trigo	10.25
Cocoa en polvo	7.17
Polvo para hornear	0.61

Fuente: Islas, A. R., Hernández, Z. A., Calderón B. M., Ballesteros, V. A., Granados N. M. y Vásquez L. F. (2012). Formulación y elaboración de pastelillos tipo brownies con más fibra y menos calorías que los convencionalespp. 182. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, volumen 62 (2),

2.3.2.1.7. Funcionalidad de los ingredientes

En el Cuadro 9 se presenta la funcionalidad de los ingredientes utilizados durante la elaboración de brownie.

Cuadro 9. Funcionalidad de los ingredientes

INGREDIENTE	PROPIEDAD FUNCIONAL
Azúcar	<p>Dulzor: El nivel de dulzor va íntimamente relacionado con la capacidad de disolución, el azúcar con cristales mayores se disolverá más lentamente que el azúcar con cristales menores ²⁹.</p> <p>Firmeza: Durante el horneado el azúcar se disuelve en el agua que se encuentra en la masa y cuando se enfría ésta solución azucarada, se solidifica en una forma amorfa y dura que le da a los productos una textura firme ^{29, 30}.</p> <p>Color: Es el producto de las diferentes reacciones químicas (reacciones de Maillard) que se dan durante el horneado ^{29, 31}.</p> <p>Conservación: La conservación se da principalmente debido a que azúcar en altas concentraciones se encarga de reducir la actividad del agua, haciendo que los alimentos no sean tan vulnerables al ataque de los microorganismos en especial de los mohos ^{17, 30}.</p>

I. MARCO TEÓRICO



Grasas	<p>En las masas cumplen con el rol de antiaglutinante y otorgan textura, otras propiedades son ^{17, 30, 32}:</p> <p>Lubricación: Es el factor que tienen las grasas para elaborar productos de panificación crujientes y suaves.</p> <p>Extensibilidad: La grasa ayuda a convertir una masa tenaz en algo más extensible.</p>
Harina	<p>Las proteínas del gluten (harina de trigo) le confieren a la masa una funcionalidad única que la diferencia del resto de las harinas de otros cereales, la masa de harina de trigo se comporta desde el punto de vista reológico como un fluido viscoelástico, esta propiedad hace que la masa sea elástica y extensible³³.</p>
Huevo	<p>Es uno de los ingredientes más importantes debido a sus propiedades constituidoras de estructura, su aroma, contribución al color y contenido graso, da un efecto leudante debido a su capacidad de retención de aire durante el batido. En la etapa de cocción éste aire se expande y es retenido por la estructura que forma la proteína del huevo, es decir la albúmina y las proteínas del harina, contribuyendo así al esponjamiento del producto final^{30, 34}.</p>
Leche	<p>Suele utilizarse en polvo, las características de sabor que imparte al producto son muy valoradas además de aportar valor nutricional²⁸.</p>
Saborizante	<p>En los brownies se les incorpora un sabor que puede ser natural o sintético incluyendo el saborizante en la masa o batido antes de darle forma²⁸.</p>
Polvo para hornear	<p>Este ingrediente actúa como agente leudante el cual producen burbujas o gases que hacen que el volumen de la masa aumente, quedando el gas atrapado en la masa ²⁸.</p>

Fuente: Cuadro desarrollado a partir de las referencias Lezcano, E, 2011; Gisslen, W, 2002 y Suman, M., Silva, G., Catellani, D., Bersellini, U., Caffarrab, V. & Careri, M, 2009.



I. MARCO TEÓRICO

2.3.2.1.7.1. *Inulina*

La inulina es fibra dietética, polisacárido que se extrae de la raíz de achicoria, cebolla, ajo, alcachofas y plátanos. Sus subunidades son β -D-fructofuranosa y forman cadenas que por lo común terminan en sacarosa (Figura 4). La inulina es un probiótico con efecto bifidogénico porque promueve el crecimiento de bacterias benéficas, mientras que reprime las nocivas³⁵.

La Asociación Americana de Químicos de Cereales AACC (2001), define la fibra dietaria como “Parte comestible de las plantas o carbohidratos análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado de los humanos con una completa o parcial fermentación en el intestino grueso”.

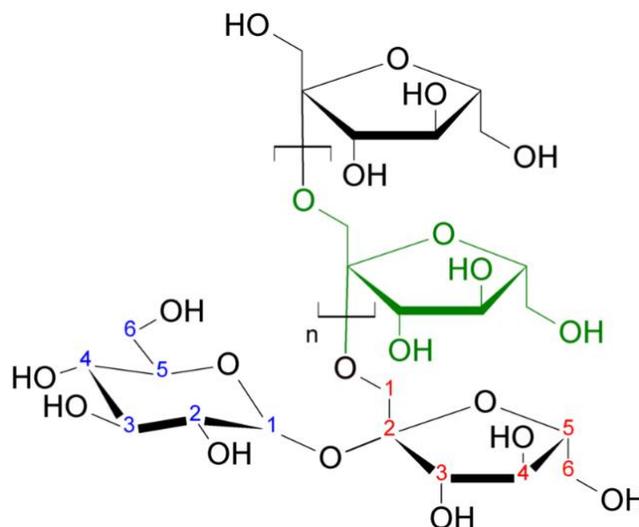


Figura 4. Estructura química de la inulina

Fuente: Muñoz, O., Molino, D., Sepúlveda, J. (2012). *Inulina en derivados cárnicos*. Revista Nacional Agraria de Medellín. Volumen 65, numero 2. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v65n2/v65n2a22.pdf>

La inulina tiene diferentes propiedades espesantes y estabilizantes, las moléculas de inulina de 2-60 unidades son mucho más pequeñas y la capacidad de enlazar agua es menor comparada con otros hidrocoloides. Este tipo de inulina forma partículas de gel mientras que el incremento de la viscosidad para muchos hidrocoloides es a través del débil o fuerte enlace entre cadenas. La firmeza del gel incrementa con la concentración de inulina³⁵.



3. ENFERMEDAD CELIACA Y SU IMPORTANCIA

La enfermedad celiaca es una enfermedad auto inmune caracterizada por una intolerancia permanente y crónica al gluten. Ha habido un aumento significativo en la prevalencia de la enfermedad celiaca en los últimos 50 años y un aumento en la tasa del diagnóstico en los últimos 10 años²⁰. La prevalencia de la enfermedad celíaca está aumentando en todo el mundo y muchos de los pacientes con enfermedad celíaca siguen sin diagnosticar, poniendo de relieve la necesidad de mejorar las estrategias en el futuro para la detección óptima de los pacientes⁵.

La padecen personas que están predispuestas genéticamente y se caracteriza por una lesión de la mucosa del intestino delgado que provoca una atrofia de las vellosidades intestinales. Esta atrofia produce una inadecuada absorción de los nutrientes de los alimentos que consume (proteínas, grasas, hidratos de carbono, sales minerales y vitaminas), con los consiguientes problemas asociados para la salud. Este desorden intestinal inducido por intolerancia, puede movilizar mecanismos de autoinmunidad, capaces de fabricar anticuerpos contra partes del cuerpo²⁰.

En la enfermedad celíaca, las paredes del intestino están dobladas formando proyecciones semejantes a dedos (vellosidades) que contienen vasos capilares, un vaso linfático y un área superficial muy grande. Los nutrientes no grasos, como el producto de la digestión de las proteínas y carbohidratos pasan directamente a la sangre a través de las vellosidades del intestino. Mientras que los ácidos grasos pasan de las vellosidades al vaso linfático donde vuelven a formar moléculas grasas. Cuando hay una mala absorción, intervienen factores como: menor área de absorción por acortamiento o desaparición de vellosidades, alteración del metabolismo de las células epiteliales y deficiencia de disacáridos, debido a la alteración de las micro vellosidades como se muestra en la Figura 5³⁶.

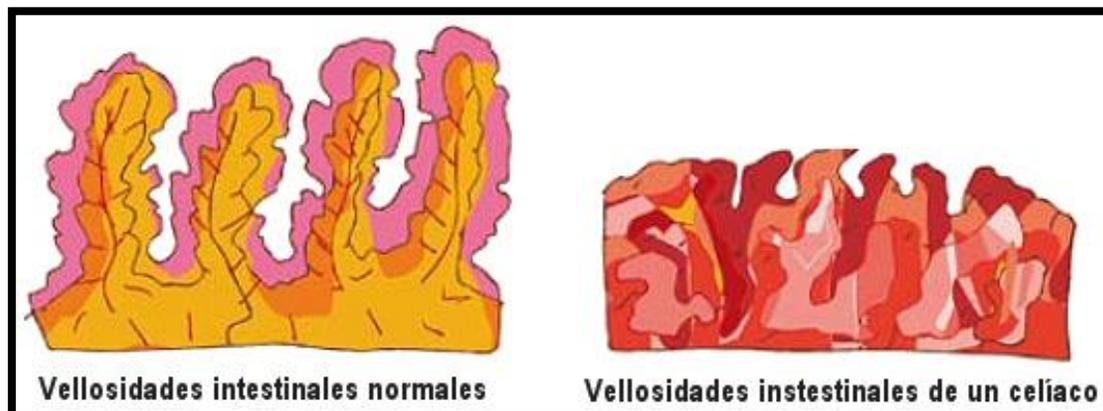


Figura 5. Intestino delgado normal y atrofiado por enfermedad celíaca
Fuente: *Celíacos de Catalunya* recuperado el 18 de noviembre de 2014 de <http://www.celiacscatalunya.org/index.php?lang=ES&content=celiaquia>.

3.1. Síntomas

La enfermedad celíaca está acompañada de muchos síntomas, entre estos: diarrea, esteatorrea, pérdida de peso, distensión abdominal, flatulencia, dolor abdominal y también anomalías que no son gastrointestinales, por ejemplo: pruebas anormales de la función hepática, anemia por deficiencia de hierro, enfermedad ósea, trastornos de la piel, y muchas otras manifestaciones proteicas⁵.

3.2. Detección y situación actual

La enfermedad celíaca generalmente es detectada por pruebas serológicas de anticuerpos específicos para celíacos. 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^{5, 20}.



I. MARCO TEÓRICO

El tratamiento para la enfermedad celíaca 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 enfermedad celíaca que podrían causar síntomas persistentes, tales como la colitis microscópica, la disfunción pancreática exocrina, y las complicaciones de la enfermedad celíaca, como el linfoma asociado a enteropatía o enfermedad celíaca refractaria⁵.

La enfermedad celíaca afecta a una media mundial de uno de cada 150 nacidos; se estima que tan sólo el 9% está diagnosticado, con un volumen aproximado de 2.6 millones de celíacos en México potenciales, según cifras proporcionadas por el Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición, Salvador Zubirán³⁷.

4. ALIMENTOS FUNCIONALES

En el siglo XX surge un nuevo concepto, el de dieta equilibrada: “una combinación adecuada de alimentos que proporciona como mínimo los requerimientos de nutrientes y otros componentes alimentarios necesarios para el crecimiento y el mantenimiento del peso corporal, para prevenir enfermedades relacionadas con deficiencias, y para reducir el riesgo de enfermedades relacionadas con excesos”.

En los últimos años, la investigación en el campo de la nutrición se ha multiplicado, llegando a un nuevo concepto: el de “alimento o componente del alimento que presenta un efecto beneficioso para la salud que va más allá de sus propiedades puramente nutritivas” y, así, surge el concepto de alimento funcional.

Para poder ser englobados dentro de este término, los alimentos deben reunir tres características:

- Producir un efecto específico para la salud, debido a la presencia de determinados componentes alimentarios.
- Haberse eliminado los compuestos alergénicos.
- No suponer ningún tipo de riesgo para la salud.



I. MARCO TEÓRICO

4.1. Causas de aparición de los alimentos funcionales

Los diferentes estilos de vida, hábitos alimentarios, edad, sexo, estado físico de salud; hacen que distintos grupos de la población presenten distintas necesidades. Además, hay determinados grupos de riesgo o situaciones especiales de los individuos en las que puede resultar necesario un aporte extra (niños, embarazadas, ancianos etcétera).

Se podrían citar los siguientes puntos claves que han llevado al surgimiento de estos “nuevos alimentos”:

- Interés creciente por el binomio alimentos/salud.
- Envejecimiento progresivo de la población.
- Aumento de las enfermedades atópicas.
- Preocupación por reducir costes sanitarios.
- Mayor relevancia del etiquetado nutricional.
- Prevención de enfermedades.
- Desarrollo e innovación tecnológica.

II. JUSTIFICACIÓN



JUSTIFICACIÓN

En las últimas décadas se ha incrementado la necesidad por los productos libres de gluten o sin gluten como consecuencia del aumento del número de enfermos celíacos diagnosticados. Estas personas buscan productos libres de gluten que posean la misma apariencia que los productos que sí lo contienen, sin olvidar los aspectos nutricionales de los mismos³⁸.

El presente trabajo pretende mostrar una metodología para el desarrollo de un producto de pastelería (Brownie) con base en la legislación vigente para productos de panadería en la NOM-247-SSA1-2008 como base para la elaboración de un producto libre de gluten a partir de alimentos derivados de cereales, además de no dejar de lado el aspecto nutricional y buscar mejorar su calidad nutrimental con los beneficios de lograr una reducción de calorías (grasa y azúcar) en este tipo de productos ya que la presencia de productos libres de gluten en el mercado ha experimentado un crecimiento exponencial durante la última década.



OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Desarrollar un brownie sin gluten reducido en calorías para enfermos celíacos, a base de mezclas de harina de amaranto y arroz, adicionado con suero de leche para incrementar su contenido proteico que cumplan con características físicas, químicas y microbiológicas de un producto tradicional.

OBJETIVO PARTICULAR 1

Encontrar la mejor formulación para un brownie adicionado con suero de leche reducido en calorías variando la proporción de harinas sin gluten (amaranto y arroz) y el tipo de edulcorante para seleccionar aquella que tenga mejores características físicas, químicas y sensoriales comparadas con un brownie control.

- **Variable Independiente:** Proceso de elaboración.
- **Variable dependiente:** Brownie sin gluten enriquecido con suero de leche bajo en calorías.

OBJETIVO PARTICULAR 2

Realizar el Análisis químico proximal (Carbohidratos, humedad, grasas, proteína, fibra dietética y cenizas) y propiedades físicas del brownie seleccionado y comparar su composición con un brownie control para determinar su composición química.

- **Variable Independiente:** Técnicas: secado por estufa 100°C/3 h, método de Soxhlet, Micro kjeldahl, Lane y Eynon, método enzimático y método general 500-550°C.
- **Variable dependiente:** Composición química (% humedad, % grasa, % proteína, % carbohidratos, % fibra dietética y % ceniza) y propiedades físicas (volumen y rendimiento).

III. OBJETIVOS



OBJETIVO PARTICULAR 3

Evaluar la calidad sanitaria del brownie cuantificando los microorganismos indicadores de inocuidad (mohos, levaduras, coliformes totales y mesofílicos aerobios) de acuerdo a la NOM-247-SSA1-2008 para garantizar un producto higiénico e inocuo.

- **Variable Independiente:** Método para la cuenta de mohos, levaduras, coliformes totales y mesofílicos aerobios (técnica de vaciado en placa).
- **Variable dependiente:** Mohos, levaduras, coliformes totales y mesofílicos aerobios.

OBJETIVO PARTICULAR 4

Calcular el Score Químico al brownie obtenido y compararlo con el Score Químico del brownie control para conocer su valor nutrimental.

- **Variable Independiente:** Score químico
- **Variable dependiente:** Cuantificación de aminoácidos limitante.

OBJETIVO PARTICULAR 5

Evaluar sensorialmente el grado de aceptabilidad del brownie sin gluten mediante pruebas hedónicas.

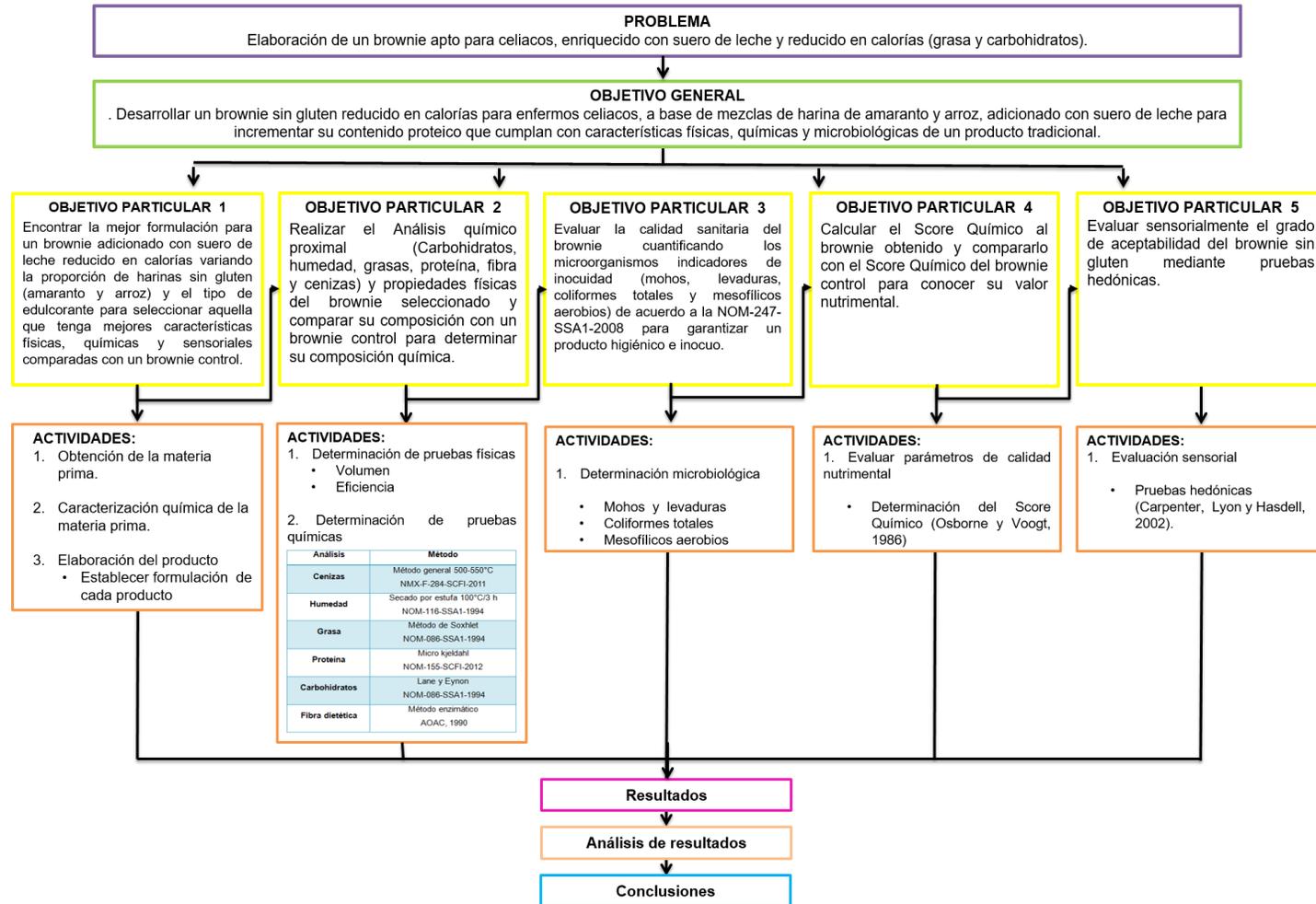
- **Variable Independiente:** Evaluación sensorial
- **Variable dependiente:** Aceptabilidad del producto.



IV. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

1. Cuadro metodológico



V. *METODOLOGÍA EXPERIMENTAL*



2. *Caracterización de la calidad de la materia prima*

2.1. *Determinación química (AQP)*

El AQP (Carbohidratos, proteína, humedad, grasa y cenizas) se realizó a la materia prima que se utilizó para la elaboración del brownie, siendo esta: harina de trigo marca Tres estrellas, harina de amaranto marca All natural, harina de arroz marca Tres estrellas, leche en polvo marca Nestlé y suero de leche marca Dairy gold.

En el Cuadro 10 se presentan las pruebas que se realizaron, para llevar a cabo cada prueba, se utilizó una muestra previamente homogeneizada y acondicionada de acuerdo a cada método, así mismo se muestra el tamaño de partícula de los solutos.

Cuadro 10. Análisis químico proximal aplicado a la materia prima empleada para la elaboración del brownie libre de gluten.

Materia prima	Cenizas	Humedad	Grasa	Proteína	Carbohidratos
Harina de trigo (97 µm)	Método general 500-550°C	Secado por estufa 100°C/3 h	Método de Soxhlet	Micro kjeldahl	Lane y Eynon
Harina de amaranto (138 µm)					
Harina de arroz (116 µm)					
Leche en polvo (12.5 µm)			Método de Gerber	Micro kjeldahl	
Suero de leche (3 µm)			Roese-Gottlieb		

V. *METODOLOGÍA EXPERIMENTAL*



En el cuadro 11 se presenta las técnicas de análisis utilizadas y su referencia bibliográfica

Cuadro 11. Técnicas del análisis químico proximal

Análisis	Método	Bibliografía
Cenizas	Método general 500-550°C	NMX-F-284-SCFI-2011
Humedad	Secado por estufa 100°C/3 h	NOM-116-SSA1-1994
Grasa	Método de Soxhlet	NOM-086-SSA1-1994
	Método de Gerber	NOM-155-SCFI-2012
	Roese-Gottlieb	NOM-086-SSA1-1994
Proteína	Micro kjeldahl	NOM-155-SCFI-2012
Carbohidratos	Lane y Eynon	NOM-086-SSA1-1994

2.2. *Determinación fisicoquímica de las harinas*

En el Cuadro 12 se muestran las pruebas fisicoquímicas aplicadas para harina de trigo, harina de amaranto y harina de arroz empleadas en la elaboración del brownie control y brownie libre de gluten.

Cuadro 12. Métodos de análisis fisicoquímico aplicado a las harinas

Análisis	Método	Bibliografía
Acidez total	Titulación directa	AOAC, 1990
pH	Potenciómetro	NOM-247-SSA1-2008

Se determinó la acidez total de las harinas de acuerdo al método descrito por la AOAC (1990), se tomó la muestra y se formó una solución, la cual se filtró y se determinó el pH utilizando un potenciómetro, se tomó una alícuota de 20 ml de la solución filtrada, se adicionaron 3 gotas de fenolftaleína como indicador y se tituló con hidróxido de sodio 0.1N, esta prueba se realizó por triplicado, de los datos obtenidos se realizó el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación.

V. *METODOLOGÍA EXPERIMENTAL*



3. *Desarrollo del producto*

3.1. *Elaboración del brownie control*

Para la elaboración del brownie control se tomaron en cuenta criterios, como: funcionalidad de los ingredientes, costo y evaluación sensorial para la selección de la mejor formulación.

Primero se realizó el brownie control con harina de trigo (Cuadro 13) y el brownie sin gluten utilizando la misma formulación, substituyendo el harina de trigo por harina de amaranto y empleándose sacarosa como edulcorante.

Cuadro 13. Formulación para la elaboración de brownie control

Ingredientes	Porcentaje (%)
Azúcar glass	26.64
Huevo	24.59
Margarina	15.37
Manteca vegetal	15.37
Harina de trigo	10.25
Cocoa en polvo	7.17
Polvo para hornear	0.61

En la Figura 6 se presenta el diagrama de proceso para la elaboración de brownie control donde se determinaron las condiciones de trabajo en cada etapa, obteniendo así las mejores condiciones para su elaboración.

V. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

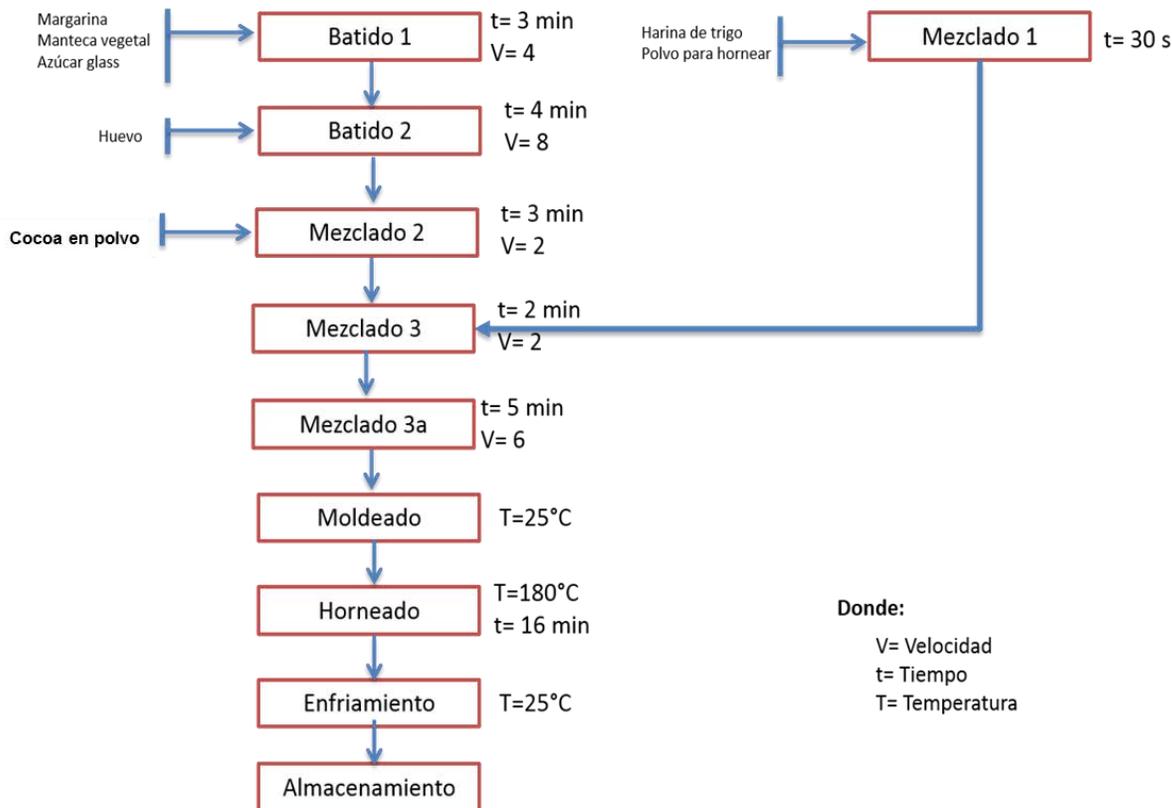


Figura 6. Diagrama de proceso para la elaboración de brownie control

Este proceso consiste primero en un mezclado de los polvos (harina de trigo y polvo para hornear), un batido de la margarina, manteca vegetal y azúcar glass a velocidad de 4 utilizando una batidora (marca Hamilton Beach de 8 velocidades) durante 3 minutos, posteriormente se continúa con el batido adicionando huevo con una velocidad de 8 durante 4 minutos para incorporar pequeñas burbujas de aire que quedan atrapadas en la mezcla y estas burbujas dentro del horno se expanden y producen el crecimiento del producto, luego se realiza un mezclado del batido obtenido anteriormente y la cocoa en polvo durante 3 minutos a velocidad de 2 esto con el fin de no romper el batido, después se agrega la mezcla de polvos y se mezclan a velocidad de 2 durante 2 minutos, se continúa con el mezclado a velocidad de 6 durante 5 minutos, finalmente la mezcla obtenida se coloca en charolas para posteriormente hornearlo a 180°C durante 16 minutos, en este caso se utilizó un horno marca Flamineta, el brownie se dejó enfriar hasta temperatura ambiente.

V. *METODOLOGÍA EXPERIMENTAL*



3.2. *Elaboración del brownie sin gluten adicionado con suero de leche y reducido en calorías*

A partir de la formulación del brownie control, se realizaron modificaciones a esta para la elaboración del brownie sin gluten adicionado con suero de leche y reducido en calorías.

Observándose en el brownie control un producto con buenas características de olor, sabor, color y textura, sin embargo en el brownie sin gluten se observó un mezclado no homogéneo, los cristales del azúcar eran notorios en la masa obteniéndose un producto con poca textura y apariencia no agradable, dicho lo anterior, se realizó una revisión bibliográfica para encontrar alternativas que permitieran resolver el problema, se encontró que el azúcar glass al presentar menor tamaño de partícula permitiría un mejor mezclado en ambas muestras, y con ello un mejor producto, por lo que se utilizó azúcar glass para la elaboración del brownie control y brownie sin gluten.

Con el objetivo de aumentar el contenido de proteína en el producto se adicionó suero de leche y la leche en polvo en una concentración baja (4.6%), esto fue con el fin de no modificar la textura final de brownie, ya que al aumentar la cantidad de sólidos en la mezcla la humedad disminuye obteniéndose productos secos y de fácil desmoronamiento.

Con el objetivo de reducir el costo del producto se sustituyó en la formulación margarina por manteca vegetal utilizándose esta en la misma proporción (50%/50%). El costo del brownie de una muestra de 30 g en el que se utiliza como grasa 100% margarina es de \$6.32 y en un brownie con 50% margarina y 50% manteca vegetal el costo es de \$5.99, esta disminución en el costo del producto no muestra una disminución considerable pero en un escalamiento a nivel industrial la reducción del costo será importante. Para calcular el costo del producto se consideraron los gastos de materia prima y energía requerida para su elaboración.

Para determinar la concentración de cocoa a utilizar se tomaron en cuenta dos criterios, el primero fue con base a lo indicado en la literatura y el segundo a partir de lo recomendado por el proveedor. La cantidad de cocoa se emplea en una relación de 0.7 con respecto a la cantidad de harina.

V. *METODOLOGÍA EXPERIMENTAL*



La cantidad de harina de trigo fue sustituida por harina de amaranto y harina de arroz, se decidió utilizar harina de amaranto porque es una de las fuentes más importantes de proteínas, fuente de minerales y vitaminas, fuente de ácido fólico, niacina, calcio, hierro, fósforo y aminoácidos esenciales. Por otro lado, se utilizó harina de arroz como una alternativa a aplicaciones de esta, ya que su desarrollo en productos de panificación es casi nulo y al utilizarse en conjunto con otras harinas, se pueden obtener productos de alto valor nutricional. Para determinar la cantidad de harina de arroz y harina de amaranto, la mejor formulación se obtuvo del análisis de los resultados a las diferentes formulaciones de brownie, con muestra poblacional aleatoria de 50 jueces no entrenados donde se realizó una breve encuesta (prueba de aceptación) con escala hedónica de 1 a 5, donde 1 igual a me disgusta mucho y 5 igual a me gusta muchísimo; los parámetros evaluados fueron color, olor, sabor, textura y apariencia. A continuación se detalla las proporciones de cada harina, en las 3 formulaciones elaboradas: Las concentraciones de harinas seleccionadas considerando que el harina de amaranto presenta un valor nutricional más alto que el harina de arroz y con objeto de aumentar el valor nutricional se proponen en una proporción mayor.

Formulaciones:

1. 50% Harina de amaranto – 50% Harina de arroz
2. 65% Harina de amaranto – 35% Harina de arroz
3. 75% Harina de amaranto – 25% Harina de arroz

En el cuadro 14 se muestran las formulaciones que se emplearon para la elaboración del brownie y determinar la cantidad de harina de amaranto y arroz a emplear durante el desarrollo del producto libre de gluten y una vez elaboradas las tres formulaciones, se aplicó el análisis sensorial para determinar la mejor mezcla de harinas a utilizar, mostrándose los resultados obtenidos en el apartado de resultados y discusión. En el anexo A se presenta el formato de encuesta para seleccionar la mejor formulación para elaboración de este.

V. *METODOLOGÍA EXPERIMENTAL*



Cuadro 14. Formulación para establecer el porcentaje de harinas

Ingredientes	F1 (%)	F2 (%)	F3 (%)
Azúcar glass	24.62	24.62	24.62
Huevo	22.73	22.73	22.73
Margarina	14.20	14.20	14.20
Manteca vegetal	14.20	14.20	14.20
Harina de amaranto	4.73	6.16	7.10
Harina de arroz	4.73	3.31	2.37
Cocoa en polvo	6.63	6.63	6.63
Polvo para hornear	0.57	0.57	0.57
Suero de leche	3.79	3.79	3.79
Leche en polvo	3.79	3.79	3.79

Considerando que la cantidad de grasas utilizadas para la elaboración del brownie es muy alta y debido a que en México la obesidad y el sobrepeso son el principal problema de Salud Pública, siendo el país con el primer lugar mundial en niños con obesidad y sobrepeso, y segundo en adultos, ya que consumen mayor energía que la que el cuerpo requiere y la falta de ejercicio hacen que esto afecte la salud de las personas, uno de los objetivos en el desarrollo del producto fue elaborar uno con un menor contenido calórico que los comerciales, que pueda ser consumido por quien desee una menor ingesta calórica o aquellos que no deben consumir azúcar en su dieta (diabéticos), se propuso una reducción de la grasa en la formulación.

La reducción de grasas fue de 50% empleando como sustituto de esta inulina, ingrediente funcional prebiótico que aporta fibra dietética al alimento, posee bajo valor calórico, es hipoglucemiante y mejora la biodisponibilidad de calcio y magnesio. La inulina se utilizó en una proporción del 3% tomando como base la recomendación del proveedor, con el fin de contribuir al cremado de la grasa y a esta concentración tiene la capacidad de formar un gel débil y en productos de panificación disminuye la actividad de agua prolongado la vida del producto³⁹.

V. *METODOLOGÍA EXPERIMENTAL*



En cuanto a la reducción de azúcar se propusieron 3 formulaciones, en la primera se empleó como edulcorante stevia, en la segunda fructosa y la tercera fue una mezcla de stevia y fructosa, se seleccionaron estos edulcorantes debido a que son estables a temperaturas altas aptos para productos de panificación, la reducción de azúcar fue del 25%, en el Cuadro 15 se muestra la formulación empleada para la selección del edulcorante a utilizar durante la elaboración del producto.

Cuadro 15. Formulación para establecer el edulcorante

Ingredientes	F4 (%)	F5 (%)	F6 (%)
Azúcar glass	16.06	15.04	15.46
Huevo	29.65	27.76	28.54
Margarina	9.26	8.67	8.92
Manteca vegetal	9.26	8.67	8.92
Harina de amaranto	8.03	7.52	7.73
Harina de arroz	4.32	4.05	4.16
Cocoa en polvo	8.65	8.10	8.32
Polvo para hornear	0.74	0.69	0.71
Suero de leche	4.94	4.63	4.76
Leche en polvo	4.94	4.63	4.76
Inulina	2.91	2.73	-----
Stevia	1.24	-----	-----
Fructosa	-----	7.52	-----
Stevia y fructosa	-----	-----	7.73

Se realizó el análisis químico proximal y evaluación sensorial de las formulaciones planteadas (F4, F5 y F6), con los resultados de este último, se determinó el mejor edulcorante a emplear en la elaboración del brownie sin gluten bajo en calorías, en donde se compararon los resultados de ambos estudios y determinando la mejor formulación para la elaboración de brownie sin gluten, obteniendo un producto con propiedades físicas similares a las del brownie control.

V. *METODOLOGÍA EXPERIMENTAL*



Debido a los comentarios negativos al producto por parte de los panelistas sobre un resabio en el producto se adicionó concentrado sabor vainilla para mejorar el sabor y que actuará como enmascarante de los compuestos volátiles del harina de amaranto. En el cuadro 16 se presenta la formulación de la elaboración del brownie sin gluten adicionado con suero de leche y reducido en calorías

Cuadro 16. Ingredientes para elaboración de brownie sin gluten

Ingredientes	Porcentaje (%)
Azúcar glass	14.88
Huevo	27.47
Margarina	8.59
Manteca vegetal	8.59
Harina de amaranto	7.44
Harina de arroz	4.01
Cocoa en polvo	8.01
Polvo para hornear	0.69
Suero de leche	4.58
Leche en polvo	4.58
Inulina	2.70
Fructosa	7.44
Concentrado de vainilla	0.69

De acuerdo a la revisión bibliográfica y empleo de los ingredientes finales seleccionados para el brownie apto para celíacos, el diagrama de proceso para la elaboración del producto se modificó, el diagrama de elaboración del brownie sin gluten se presenta en la Figura 7.

V. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

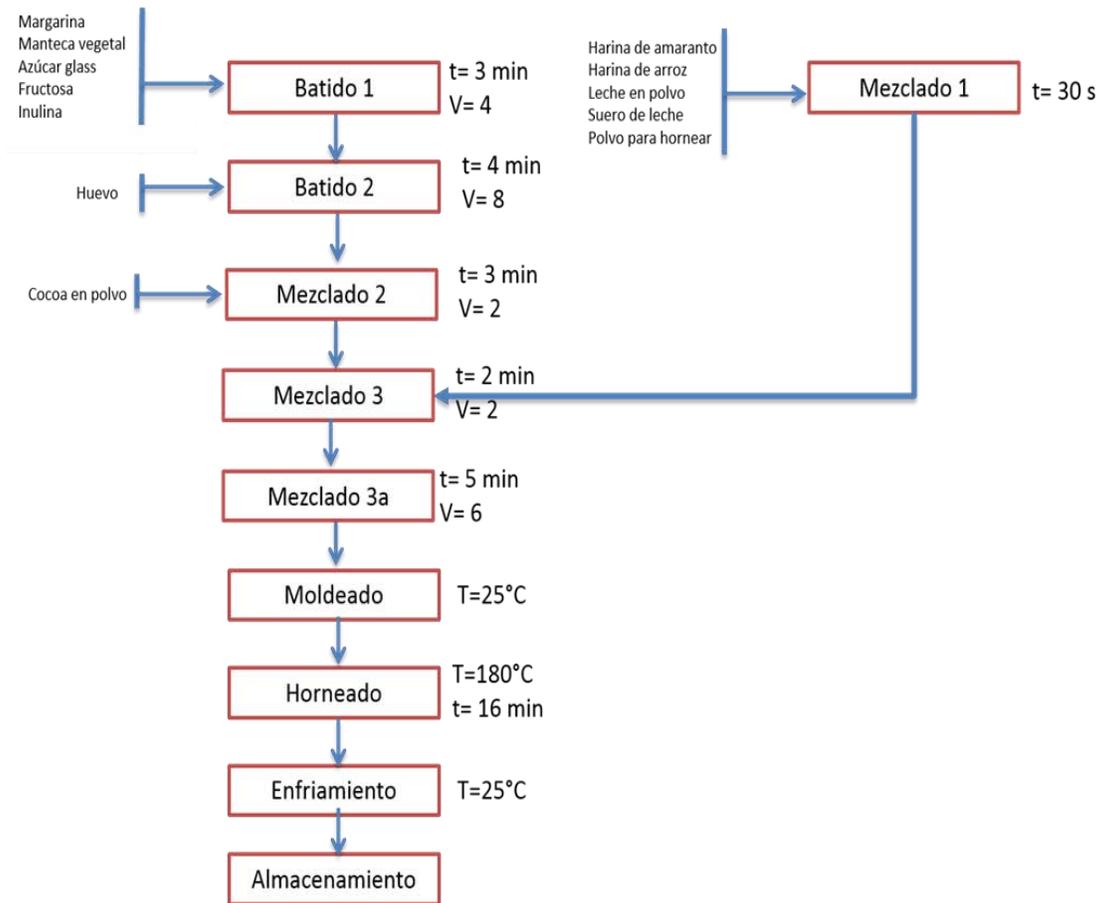


Figura 7. Diagrama de proceso para la elaboración de brownie sin gluten adicionado con suero de leche y reducido en calorías.

4. Evaluación sensorial al brownie sin gluten

Se realizó una prueba hedónica de aceptación al producto final, en el Anexo B se presenta el formato. Para este estudio se estableció una escala hedónica de 1 a 5, donde 1 igual a me disgusta mucho y 5 igual a me gusta muchísimo.

La evaluación se realizó a 100 jueces no entrenados, para esta evaluación se utilizaron muestras de 30 gramos aproximadamente del producto. En esta evaluación se incluyeron preguntas acerca del consumo de brownie para conocer de forma general la aceptación del producto.

V. *METODOLOGÍA EXPERIMENTAL*



5. *Determinación de pruebas físicas al producto*

En cuanto a la determinación de las pruebas físicas para el brownie control y el brownie sin gluten, se propuso determinar el volumen y rendimiento del producto.

Para la determinación del volumen del producto se utilizó un calibrador vernier y se midió el diámetro y la altura para calcular el volumen considerando una forma cilíndrica para el producto. En cuanto al rendimiento se registró el peso antes y después del horneado y posteriormente se calculó en porcentaje el rendimiento.

6. *Determinación de pruebas químicas al producto*

En el cuadro 17 se muestran el análisis químico que se realizó al brownie control y al brownie sin gluten adicionado con suero de leche y reducido en calorías:

Cuadro 17. Métodos de análisis químico proximal al producto

Análisis	Método	Bibliografía
Humedad	Secado por estufa 100°C/3 h	NOM-116-SSA1-1994
Grasa	Método de Soxhlet	NOM-086-SSA1-1994
Proteína	Micro kjeldahl	NOM-155-SCFI-2012
Carbohidratos	Lane y Eynon	NOM-086-SSA1-1994
Fibra dietética	Método enzimático	AOAC, 1990
Cenizas	Método general 500-550°C	NMX-F-284-SCFI-2011

Cada prueba se realizó por triplicado y a los resultados obtenidos se les realizó un análisis estadístico básico el cual consiste en obtener el promedio, desviación estándar y coeficiente de variación.

V. *METODOLOGÍA EXPERIMENTAL*



7. *Cálculo del Score Químico*

Se determinó el Score Químico por el método de Mitchell y Block descrito por Osborne y Voogt (1986), como una medida de la calidad nutricional del brownie ya que compara la concentración de aminoácidos esenciales con los de una proteína de referencia (huevo). Se determinó la del brownie control y la del brownie elaborado.

8. *Determinación de pruebas microbiológicas al producto*

El análisis microbiológico es una inspección que permite valorar la carga microbiana en los productos, se realizó con el fin de obtener productos higiénicos e inoctrinos que no dañen al consumidor, por lo que es necesario un buen manejo de materias primas y producto final. En el cuadro 18 se muestran los análisis, el método y la técnica aplicados al brownie control y brownie sin gluten de acuerdo a la NOM-247-SSA1-2008 de alimentos a base de cereales y productos de panificación.

Cuadro 18. Métodos de análisis microbiológico al producto

Análisis	Método	Técnica	Bibliografía
Mohos y levaduras	Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos	Método de vaciado en placa	NOM-247-SSA1-2008
Coliformes totales	Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa		
Mesofílicos aerobios	Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa.		

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Caracterización de la materia prima: Prueba química

Se realizó la determinación de la composición química de la materia prima por triplicado con objetivo de evaluar la calidad de esta, los datos obtenidos se analizaron estadísticamente realizando promedio, desviación estándar y coeficiente de variación, en el Cuadro 19 se presentan los resultados obtenidos de la caracterización de la materia prima, donde: V. T. corresponde al valor teórico y V. E. al valor experimental.

	Harina de trigo			Harina de amaranto		
	V. T.	V. E.	C. V (%)	V. T.	V. E.	C. V (%)
CENIZAS	0.67	0.64±0.01 ^a	0.86	2.20	2.54±0.08 ^b	2.96
HUMEDAD	10.50	10.40±0.06 ^a	0.60	9.50	12.98±0.67 ^b	5.14
GRASA	0.90	0.77±0.02 ^a	2.34	6.20	6.18±0.29 ^b	4.67
PROTEÍNA	10.33	10.22±0.34 ^a	3.31	13.30	15.49±0.57 ^b	3.66
CARBOHIDRATOS	74.03	67.04±1.38 ^a	2.51	65.10	58.16±0.23 ^b	0.46

	Harina de arroz		
	V. T.	V. E.	C. V (%)
CENIZAS	1.10	0.71±0.01 ^a	1.97
HUMEDAD	8.89	9.73±0.21 ^c	2.14
GRASA	0.90	0.48±0.03 ^a	6.24
PROTEÍNA	8.00	7.61±0.36 ^c	4.78
CARBOHIDRATOS	78.71	81.37±1.70 ^c	2.44

	Suero de leche			Leche en polvo		
	V. T.	V. E.	C. V (%)	V. T.	V. E.	C. V (%)
CENIZAS	6.00	5.75±0.04 ^d	0.70	5.90	5.54±0.16 ^c	2.97
HUMEDAD	3.00	2.80±0.09 ^d	3.09	3.10	2.64±0.11 ^d	4.36
GRASA	0.50	0.50±0.02 ^a	3.64	26.00	25.46±0.47 ^c	1.83
PROTEÍNA	34.50	35.18±0.35 ^e	0.99	26.00	25.45±0.93 ^d	3.64
CARBOHIDRATOS	50.00	38.37±0.94 ^e	2.45	39.00	24.65±0.62 ^d	2.51



VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El análisis de resultados de las medias de la composición química de la materia prima, marcadas en el Cuadro 19 con letras entre las columnas que indican diferencia significativa (5%) entre muestras. Al obtener los resultados de la composición química de la materia prima en cuanto a la proteína se observa que el suero de leche tiene un valor de $35.18 \pm 0.35\%$, indicándonos la alta concentración proteica que este contiene, seguida de la leche en polvo y el harina de amaranto. Se puede pensar que al realizar el brownie sin gluten adicionado de suero, esto contribuirá a aumentar su contenido proteico, esto dependerá de la cantidad de adición de los ingredientes, ya que comparando estos valores con el harina de trigo que presenta un $10.22 \pm 0.34\%$ de proteína presentan mayor porcentaje de ese componente.

En cuanto a la humedad del harina, de acuerdo a la NOM-247-SSA1-2008 esta debe tener un valor máximo de 16% con el fin de mantener en buen estado la materia prima y para mantener controlado el riesgo de crecimiento de microorganismos. El contenido de humedad del harina se encontró entre 8.89% en harina de arroz a 10.5% en harina de trigo, encontrándose todas las harinas dentro de rango. El suero de leche presento 3% de humedad y la leche en polvo 3.1%, cuyos valores se encuentran dentro de las especificaciones sanitarias indicados en la NOM-243-SSA1-2005 para los productos deshidratados que deben contener una humedad no mayor al 4%, esto con el fin de evitar cualquier deterioro o descomposición del producto.

La materia prima presentó valores similares a los esperados, no hubo diferencias significativas entre la composición química de la materia prima, encontrada en el laboratorio y la esperada, por lo cual la materia prima cumple con lo esperado y es apta para elaborar el producto.

2. Análisis físicoquímico de las harinas

El valor de acidez es un indicador de los ácidos grasos libres en las harinas, es un indicador del grado de deterioro, este valor aumenta durante el almacenamiento afectándole factores como la temperatura, exposición al aire provocando la fermentación y a su vez un olor rancio, con el tiempo los ácidos grasos son sustituidos por ácido láctico y acético⁴⁰.

VI. *RESULTADOS Y DISCUSIÓN*



La acidez en las harinas fue de 0.67% en harina de amaranto, seguida por la del trigo con 0.47% y finalmente el harina de arroz de 0.40%, de acuerdo a la norma NOM-247-SSA1-2008 que marca el límite máximo de acidez para harinas es de 1.5%. Este análisis es de gran importancia debido a que permite apreciar el grado de deterioro de las harinas, por lo tanto la acidez encontrada en las harinas, muestra que estas son aceptables, indicando la buena calidad de las mismas.

3. Desarrollo del producto

Al considerar la funcionalidad de los ingredientes en el proceso de elaboración del brownie, se determinó la formulación para el brownie control, formulación que se utilizó para la elaboración del brownie sin gluten siendo azúcar glass, huevo, margarina y manteca vegetal así como el sabor y el polvo para hornear los ingredientes que se utilizaron en la misma cantidad para las diferentes formulaciones propuestas.

A partir de la formulación del brownie control establecida, se propuso la sustitución del harina de trigo por harinas de amaranto y de arroz, siendo la Formulación 1 (50% Harina de amaranto – 50% Harina de arroz), Formulación 2 (65% Harina de amaranto – 35% Harina de arroz) y la Formulación 3 (75% Harina de amaranto – 25% Harina de arroz), los brownies obtenidos fueron sometidos a una evaluación sensorial, a continuación en la Figura 8, 9 y 10 se muestran los resultados de nivel de agrado de F1, F2 y F3 de donde se puede observar que la formulación F2 es la mejor con base en los atributos evaluados.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



En la Figura 8 se observa que al 70% de los encuestados les gusta el color y la apariencia del producto, al 64% les gusta el sabor, al 60% el olor y al 56% la textura.

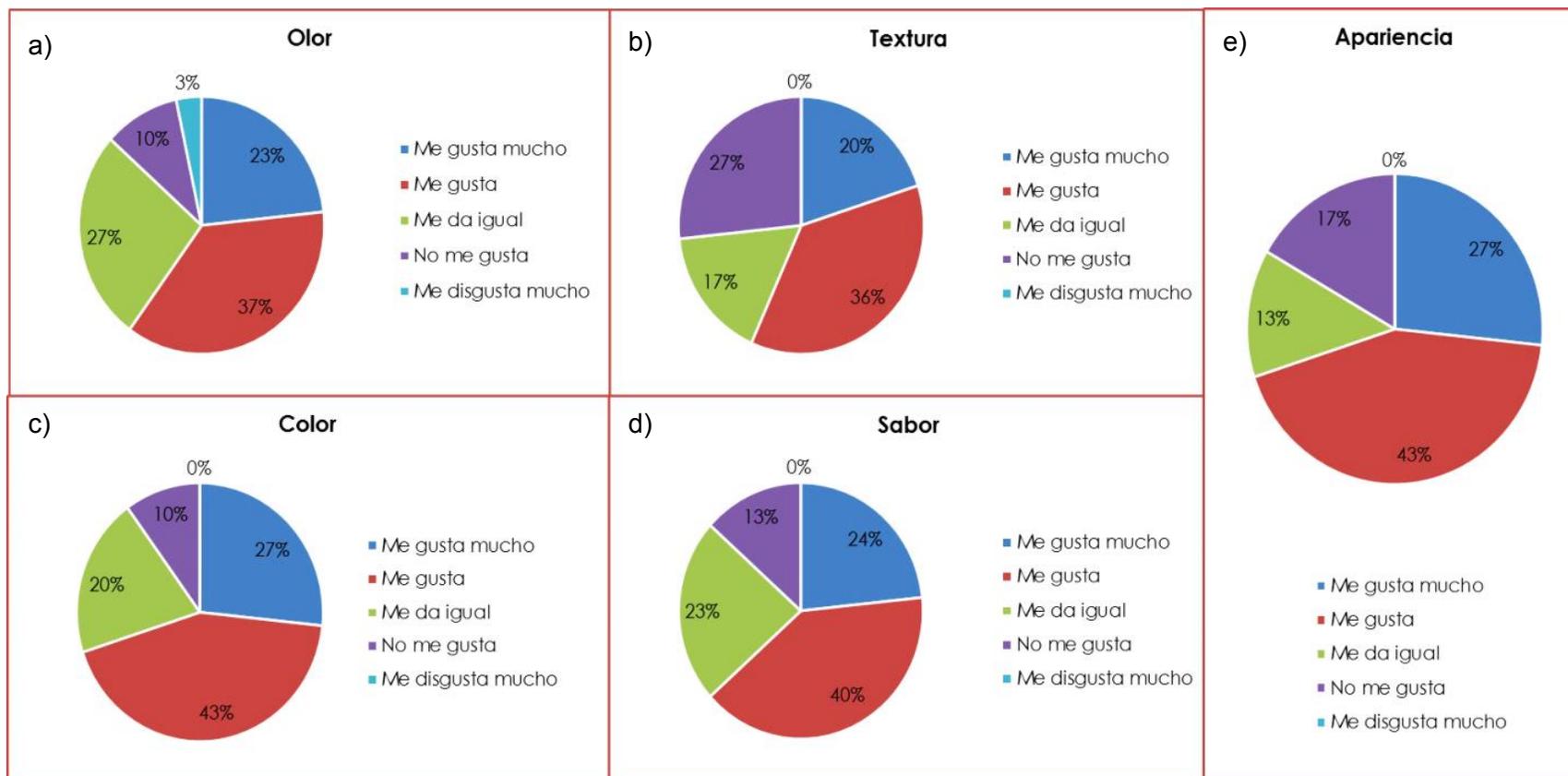


Figura 8. Gráficos del análisis sensorial de la formulación 1 para determinar la cantidad de harina de amaranto y de arroz a) olor, b) textura, c) color, d) sabor y e) apariencia.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



En la Figura 9 se observa que al 87% de los encuestados les gusta el color, al 83% la apariencia del producto, al 80% les gusta el sabor y olor y al 60% la textura.

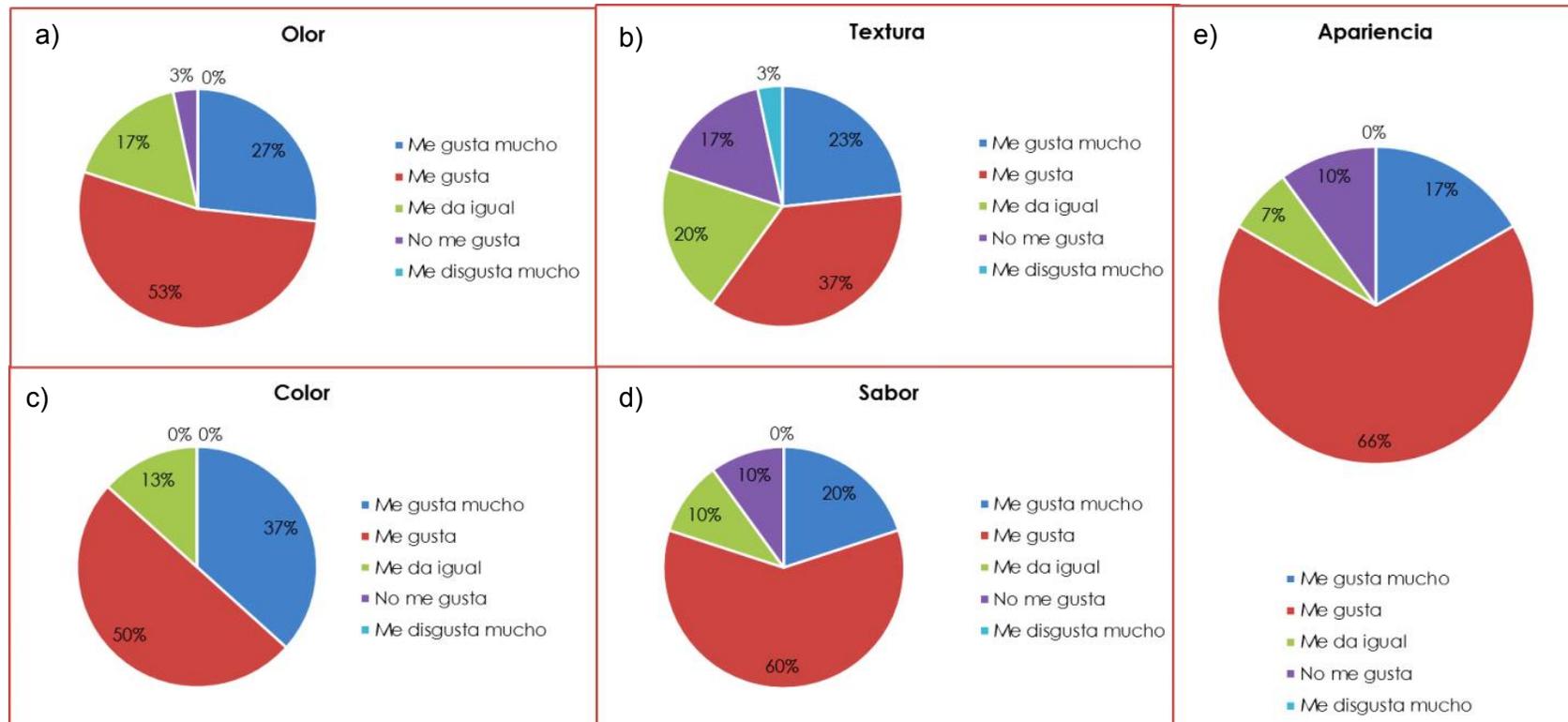


Figura 9. Gráficos del análisis sensorial de la formulación 2 para determinar la cantidad de harina de amaranto y de arroz a) olor, b) textura, c) color, d) sabor y e) apariencia.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



En la Figura 10 se observa que al 54% de los encuestados les gusta el color del producto, al 46% les gusta el sabor, al 40% el olor y al 27% la textura y al 10% la apariencia.

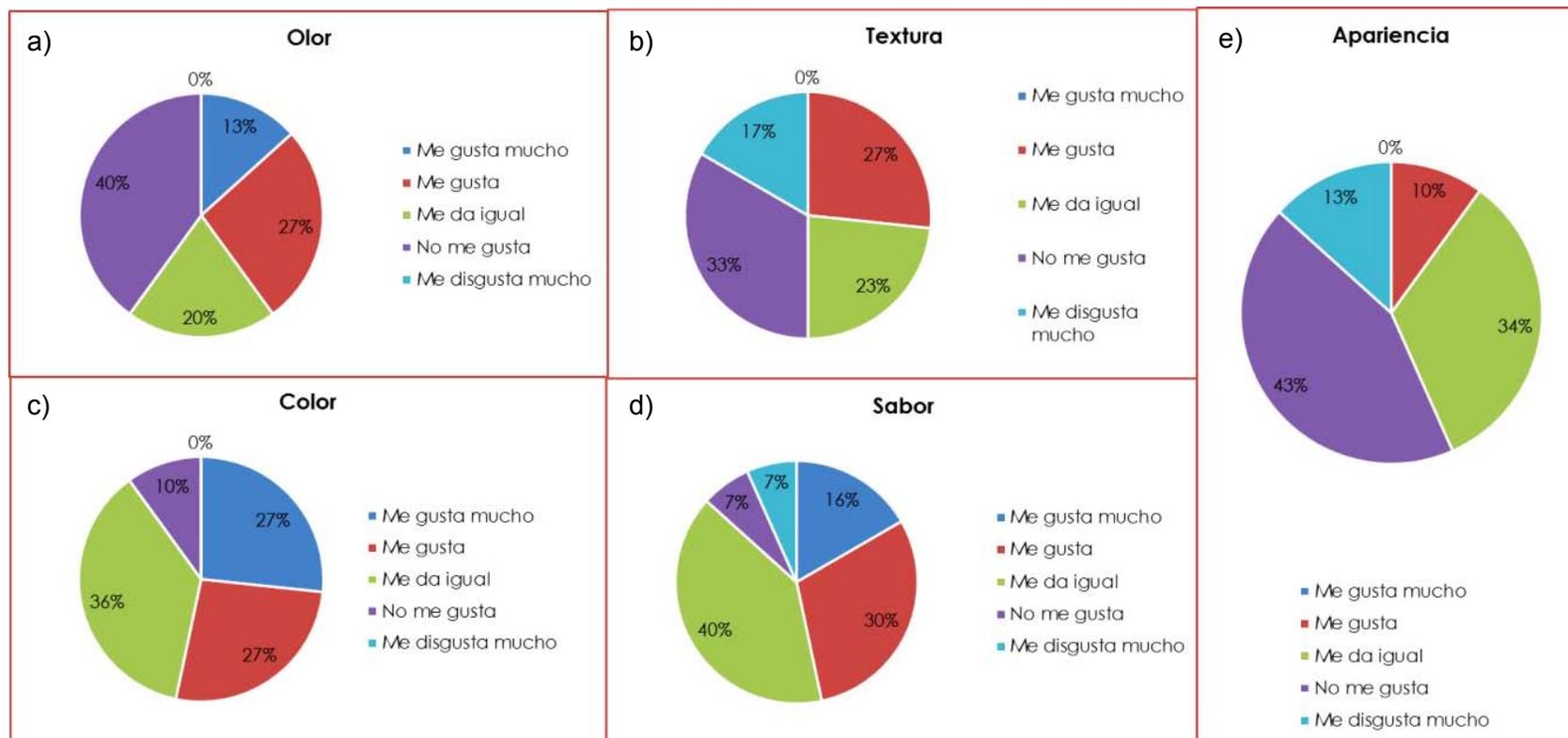


Figura 10. Gráficos del análisis sensorial de la formulación 3 para determinar la cantidad de harina de amaranto y de arroz a) olor, b) textura, c) color, d) sabor y e) apariencia.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Se puede notar que el producto en general es del agrado del consumidor, el porcentaje de encuestados a los que no les gustó el producto fue debido a la textura y apariencia porque el producto no tenía volumen además de que los compuestos volátiles del amaranto le proporcionaron un olor característico poco agradable para los consumidores. Se observa en los gráficos que la formulación que más gustó a los encuestados es la formulación 2 debido a sus características de color, sabor y apariencia.

Después de realizar la evaluación sensorial, se estableció que la mejor formulación era empleando: Azúcar 24.62%, huevo 22.73%, margarina 14.20%, manteca vegetal 14.20%, harina de amaranto 6.16%, harina de arroz 3.31%, cocoa en polvo 6.63%, polvo para hornear 0.57%, suero de leche 3.79% y leche en polvo 3.79%.

Ya definida esta formulación base, se empleó 3% de inulina en el batido con el fin de reducir el contenido de grasa en el producto, obteniéndose un mayor volumen de la mezcla debido a que estabiliza emulsiones y espumas mejorando la cremosidad del batido, también actúa como agente espesante y retiene el agua³⁹.

Para la reducción de azúcar se utilizaron:

1. Edulcorante 1: Stevia
2. Edulcorante 2: Fructosa
3. Edulcorante 3: Mezcla de stevia y fructosa

Durante la elaboración del brownie se observó que al utilizar el edulcorante 1 y 3, la grasa se separaba de la mezcla cuando entraba en contacto con el edulcorante por lo que el batido no era homogéneo y después del horneado el producto obtenido presentaba poco volumen. En cambio, al utilizar el edulcorante 2 el mezclado fue uniforme.

Una vez realizada la reducción de grasa y la sustitución de azúcar en el producto, se realizaron las 3 formulaciones: F4, F5 y F6 (Cuadro 15) evaluando la composición química y evaluación sensorial.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



El análisis químico proximal se realizó a las últimas 3 formulaciones (F4, F5 y F6) obtenidas con el fin de conocer los niveles de variación en su composición química. En el Cuadro 20 se muestran los resultados obtenidos del análisis químico realizado.

Cuadro 20. Composición química del brownie con reducción de azúcar

	Formulación 4 (%)	Formulación 5 (%)	Formulación 6 (%)
CENIZAS	2.11±0.02 ^{a*}	2.38±0.01 ^b	2.23±0.26 ^b
HUMEDAD	16.08±0.24 ^a	16.36±0.22 ^b	16.02±0.08 ^a
GRASA	23.25±1.44 ^a	22.16±0.41 ^a	33.45±0.98 ^b
PROTEÍNA	14.13±0.39 ^{ab}	14.89±0.44 ^a	13.73±0.24 ^b
CARBOHIDRATOS	30.26±0.06 ^a	35.85±0.24 ^b	34.51±0.17 ^c

**Las diferentes letras entre las columnas indican diferencia significativa (5%)*

La humedad del brownie sin gluten presenta un valor de 16% aproximadamente en todos los casos, este porcentaje de humedad refleja las características típicas de un brownie tradicional. También al presentar una baja humedad la vida de anaquel del producto se prolonga.

En cuanto a los resultados obtenidos se observa un ligero incremento de cenizas en F5, esto debido a la adición de inulina en la formulación del brownie sin gluten, ya que aporta 0.4 g de sodio por cada 100 gramos.

En la formulación 6 no se presenta disminución en el contenido de grasa debido a que en la formulación no se realizó disminución de grasa, en cambio en la formulación 4 y 5 se ve notablemente una disminución de la grasa (10%).

En cuanto a las proteínas se muestra un producto enriquecido en esta, mostrando un valor de entre 13.7% y 14.9% contra un 6% de brownie comercial. En cuanto a los carbohidratos se muestran valores similares para F5 y F6 y una disminución de estos en F4 esto se debe a la disminución de azúcar que se realizó en la formulación, la adición de stevia resulta en un aporte calórico por parte de este ingrediente de 0 kcal.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Después del análisis químico del brownie sin gluten, se consideró como mejor el brownie de la F5 debido a que el contenido de grasa es el menor de 22.1639%, su contenido de proteína es de 14.8857% y carbohidratos de 35.8543% haciéndolo un producto bajo en grasa y que los consumidores pueden adquirir y disfrutar cuidando la ingesta calórica.

En cuanto a la evaluación sensorial correspondiente a las formulaciones 4, 5 y 6, se indicó que:

- La formulación F4 con edulcorante stevia presentaba un resabio amargo en el producto haciéndolo de poca aceptación para los consumidores, pues solo el 13% de los encuestados acepto este producto.
- La formulación F5 tuvo el 79% de aceptación, este brownie fue elaborado con fructosa como edulcorante en el que los atributos de color, olor, sabor, textura y apariencia fueron de mayor agrado para los encuestados y similares a los del producto tradicional elaborado con harina de trigo.
- La formulación F6 en la que se empleó una mezcla de stevia y fructosa, se obtuvo un producto muy compacto, con un resabio amargo y la aceptación fue del 8% para esta muestra.

En la Figura 11, 12 y 13 se muestran los gráficos del nivel de agrado de los atributos para estas formulaciones.

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



En la Figura 11 se observa que al 95% de los encuestados les gusta el color, al 50% el olor, al 45% la textura, al 40% la apariencia y sabor del producto.

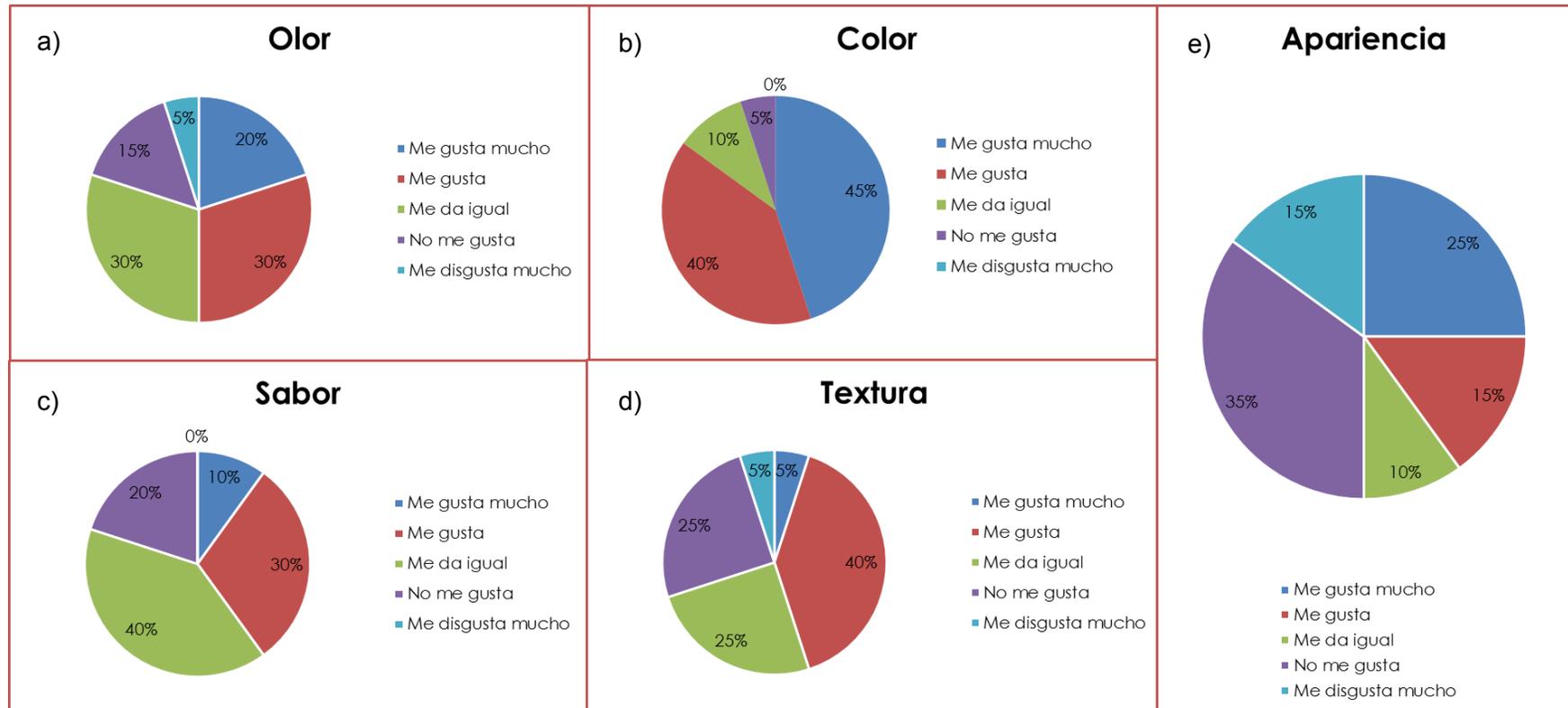


Figura 11. Gráficos del análisis sensorial de la formulación 4 para determinar el mejor edulcorante a) olor, b) color, c) sabor, d) textura y e) apariencia.

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



En la Figura 12 se observa que al 80% de los encuestados les gusta el sabor del producto, al 95 el color, al 60% el olor, al 65% la apariencia y al 70% la textura.

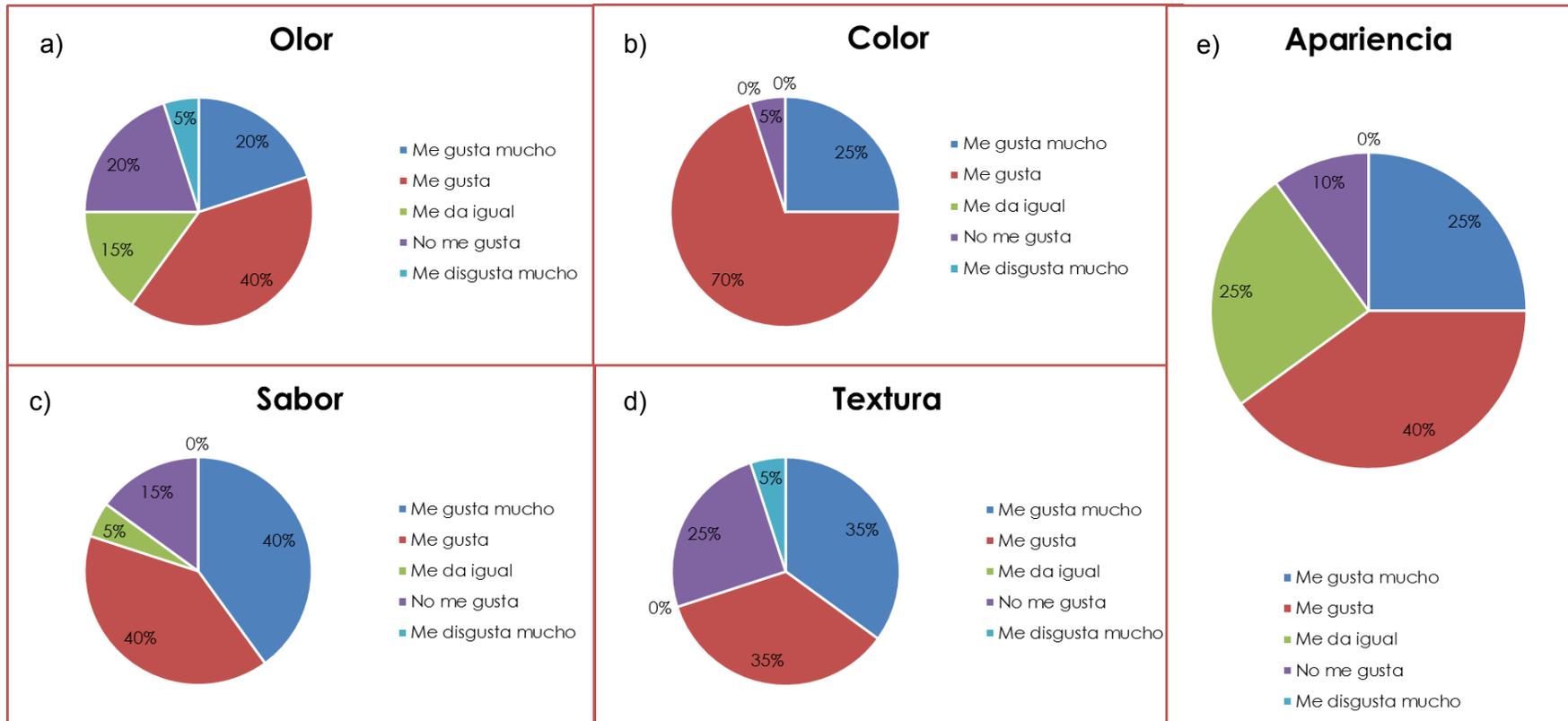


Figura 12. Gráficos del análisis sensorial de la formulación 5 para determinar el mejor edulcorante a) olor, b) color, c) sabor, d) textura y e) apariencia.

IX. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



En la Figura 13 se observa que al 80% de los encuestados les gusta el color, al 70% el olor, al 65% la textura, al 60% les gusta el sabor y al 45% la apariencia del producto.

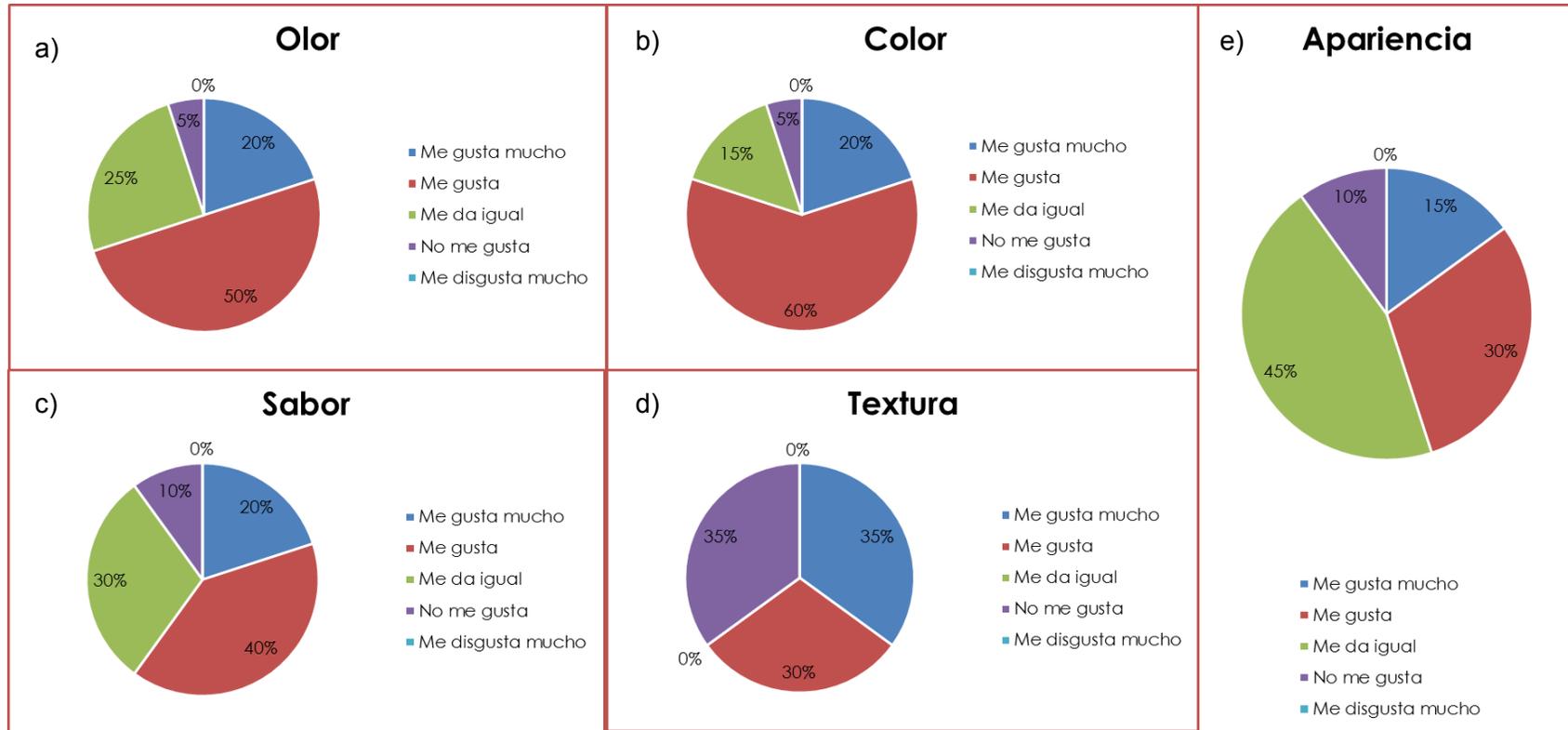


Figura 13. Gráficos del análisis sensorial de la formulación 6 para determinar el mejor edulcorante a) olor, b) color, c) sabor, d) textura y e) apariencia.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Al realizar la evaluación sensorial y el análisis químico se obtuvo que la mejor formulación corresponde a la F5 porque se trata de un producto sin gluten apto para enfermos celíacos enriquecido con suero de leche y reducido en calorías (Figura 14) similar en color, sabor, textura y apariencia a un producto tradicional elaborado con harina de trigo, de acuerdo a los resultados obtenidos del análisis sensorial y debido a que el nivel de agrado del olor es del 60% se propuso la adición de saborizante de vainilla para mejorar el olor del producto y obtener un brownie mejor en todos los aspectos.

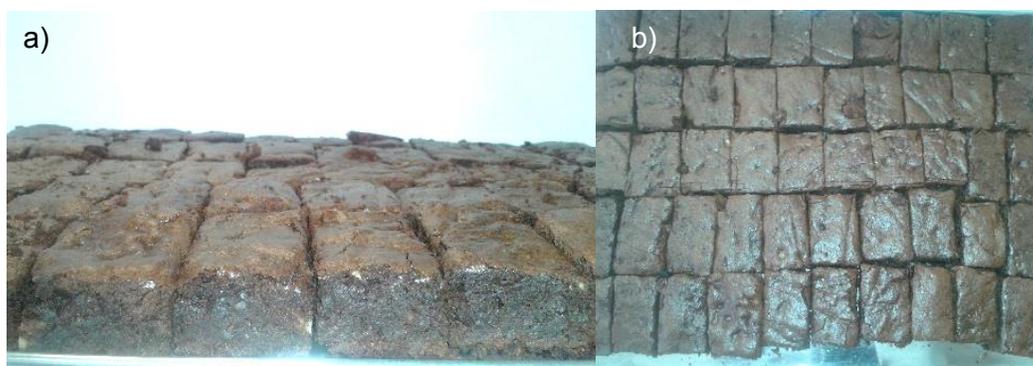


Figura 14. Brownie sin gluten adicionado con suero de leche reducido en calorías a) Vista lateral del brownie y b) Vista superior del brownie

El producto resultante fue de buena apariencia en general en el cual mejoraron todos los criterios evaluados en la escala hedónica y primordialmente la textura ya que era una propiedad limitante en el producto debido a la ausencia de las proteínas del gluten (prolaminas), estas son irremplazables, sin embargo el uso de emulsificantes como las proteínas del huevo favorecieron a mejorar la textura en estos alimentos.

Una vez replanteada la formulación para el brownie sin gluten y obtener una mejora en su olor, sabor, color, textura y apariencia se realizaron las pruebas físicas, químicas y sensoriales. A continuación se presentan los resultados correspondientes al brownie control y brownie sin gluten enriquecido con suero de leche y reducido en calorías.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



4. Determinación de pruebas físicas al producto

En el Cuadro 21 se presentan los resultados obtenidos del rendimiento del brownie control y brownie sin gluten, de acuerdo con los resultados se observa una disminución de peso después del horneado provocado por la pérdida de agua durante el horneado⁴¹, observándose que el rendimiento fue mayor en el brownie sin gluten aunque el coeficiente de variación fue menor en el control, esto se debe a que el brownie control presentaba mayor agua disponible en contraste con el brownie sin gluten que contenía mayor agua ligada debido a los ingredientes en la formulación¹¹.

Cuadro 21. Rendimiento del Brownie

Muestra	Peso antes del horneado	Peso del recipiente vacío	Peso después del horneado	Rendimiento (%)	C.V. (%)
Brownie control	591.98	171.48	530.7	88.8766 ± 0.40 ^a	0.4531
Brownie sin gluten	592.11	171.48	558.34	93.55 ± 0.89 ^b	0.9606

**Las diferentes letras entre las filas indican diferencia significativa (5%)*

En el Cuadro 22 se presentan los resultados del volumen del brownie control y brownie sin gluten, se puede observar que existe una relación directa entre la altura y el volumen alcanzado por lo que el nivel de variación fue muy similar en ambos productos, aunque el brownie sin gluten presentó mejor volumen, esto es debido a la interacción de las harinas con la inulina por sus propiedades de cremado y las propiedades del huevo mejoraron la retención del gas en el producto³⁹, la formación de la red para alcanzar un buen volumen, mejorando la textura, firmeza y volumen en el producto. El mayor peso del brownie sin gluten se debe a que el harina de amaranto proporciona mayor fuerza en la masa provocando que la pérdida de peso disminuya durante el horneado obteniéndose un producto con mayor volumen comparado con el brownie control⁴¹.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Cuadro 22. Volumen del Brownie

Muestra	Altura (cm)	Diámetro (cm)	Volumen (cm ³)	C.V. (%)
Brownie control	1.63 ± 0.09	25.6	838.9931 ^a	4.0229
Brownie sin gluten	1.87 ± 0.07	25.6	962.5259 ^b	4.2445

*Las diferentes letras entre las columnas indican diferencia significativa (5%)

5. Análisis químico proximal del producto

Se presenta en el Cuadro 23 el análisis químico proximal del brownie control y el brownie sin gluten.

Cuadro 23. Composición química del brownie

	Brownie control (%)	Brownie sin gluten (%)
HUMEDAD	16.36±0.04 ^a	16.10±0.22 ^b
GRASA	34.50±1.22 ^a	22.46±0.98 ^b
PROTEÍNA	8.24±0.16 ^a	14.88±0.04 ^b
CARBOHIDRATOS	37.50±0.45 ^a	35.44±0.45 ^b
FIBRA DIETÉTICA	1.29±0.34 ^a	8.31±0.27 ^b
CENIZAS	2.06±0.01 ^{a*}	2.51±0.23 ^b

*Las diferentes letras entre las columnas indican diferencia significativa (5%)

Un parámetro importante para conocer la calidad nutricional del producto es la cantidad de proteína que el alimento aporta, este valor aumentó aproximadamente un 7% en el brownie sin gluten comparado con un control, esto se debe a la adición de ingredientes como suero de leche y leche en polvo, aportando el 35% y 25% respectivamente de la proteína que el alimento contiene. Es importante considerar este aumento de proteínas ya que constituyen uno de los principales nutrientes para el organismo junto con los carbohidratos y las grasas.

En cuanto a la cantidad de grasa se observó una considerable disminución en el contenido de grasa en un 12%, debido a que se utilizó inulina como sustituto de grasa, en alimentos la inulina se emplea como sustituto de grasa y mejoran la textura de diversos productos a

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



concentraciones bajas ($\leq 5\%$)³, dicho lo anterior es notable la aplicación de la inulina como ingrediente funcional en la elaboración de alimentos para mejorar la calidad nutrimental sin arriesgar las características de un producto tradicional y quizás hasta mejorando las propiedades organolépticas de olor, sabor y textura.

Los carbohidratos disminuyeron en un 2%. El utilizar fructosa como edulcorante no aumenta la glucosa en la sangre además de requerir una menor cantidad de fructosa para endulzar, su poder edulcorante es de 173 y se encuentra en el grupo de edulcorantes nutritivos reconocidos por la FDA como GRAS (Generally Recognized As Safe) y aporta 4 kcal/g al igual que otros edulcorantes naturales como la sacarosa⁴². Desde 1976 se ha hecho la recomendación del uso de fructosa en el tratamiento y control del paciente con Diabetes mellitus ya que ofrece una producción limitada de insulina y menor respuesta glucémica⁴³.

En cuanto a las cenizas se ve un ligero aumento de estas debido a que todos los ingredientes utilizados aportan minerales, la adición de leche en polvo y suero de leche en el brownie sin gluten contribuyen al aumento de este valor en el producto.

El porcentaje de humedad es similar en ambos productos, este parámetro es importante debido a que una característica de los brownies es no ser completamente secos, es una propiedad importante en la apariencia del producto, este parámetro debe controlarse en el proceso de horneado para no reducir este valor al máximo.

De acuerdo a la composición química del producto la fibra dietética del brownie sin gluten es de 8.31% el cual aumento hasta 6 veces la cantidad aportada en contraste con el brownie control este incremento en el valor de fibra es debido a la adición de inulina en el producto, y esto es bueno porque actúa como probiótico y su efecto principal es el de estimular el desarrollo de la flora bacteriana intestinal y mejorar selectivamente su composición impidiendo que algunos gérmenes puedan prevalecer sobre otros. Al mejorar la función intestinal, la fibra alimentaria puede reducir el riesgo de enfermedades y trastornos, tales como la enfermedad diverticular o las hemorroides y puede tener un efecto protector frente al cáncer de colon. La fibra soluble puede prolongar el proceso digestivo y la absorción de hidratos de carbono y, por consiguiente, reducir la subida de la glucosa en la sangre que se

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



produce después de comer, esto puede contribuir a que las personas diabéticas tengan un mejor control de la glucemia⁴⁴.

A partir de lo anterior, se tomaron en cuenta los porcentajes de proteína, grasas y carbohidratos para calcular el aporte energético del producto utilizando los equivalentes de cada uno, obteniéndose que por una porción de 100 gramos de brownie sin gluten adicionado con suero de leche y reducido en calorías es de 403 kcal, es un valor alto de energía, sin embargo, un brownie tradicional considerando una porción de 100 gramos aporta 490 kcal²⁷, habiendo una reducción de 87 kcal por 100 g, que corresponde a un 17.8% de reducción.

Islas *et al.* (2012), obtuvo un brownie elaborado con harina de trigo logrando en este estudio una reducción del 41% de grasa la cual se obtuvo con distintos niveles de sustitución de inulina por harina de trigo y utilizando una menor cantidad de grasa en la formulación. La cantidad de grasa utilizada para la elaboración del brownie sin gluten fue mayor a lo reportado en el estudio realizado por Islas *et al.* (2012) debido a que se obtuvo un producto seco, por lo anterior, se utilizó un valor bibliográfico de porcentaje de grasa diferente para la elaboración del brownie sin gluten.

En el caso del presente estudio, habría que hacer nuevas formulaciones que permitieran obtener un producto con menor contenido calórico por porción para ofertarlo como un brownie light para celíacos.

6. Cálculo del Score Químico del producto

Para el cálculo de la calidad nutricional del brownie se propuso el cálculo del Score Químico del producto para así conocer el valor biológico del mismo considerando el contenido de aminoácidos esenciales en el producto comparado contra una proteína de referencia, para ello la composición de aminoácidos de los ingredientes que se utilizaron para la elaboración del producto se obtuvieron de las tablas de composición de los alimentos (Souci *et al.*, 2008).



X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para determinar la calidad del brownie control se tiene como materias primas las que aportan proteína al producto, el huevo y el trigo, considerando que el porcentaje de proteína del huevo es del 11% y el trigo de 10.22%, por lo que se consideraron los porcentajes de adición de cada ingrediente y se determinó la cantidad de aminoácidos para obtener los aminoácidos presentes en el alimento y compararlos con un patrón (huevo) para obtener el aminoácido limitante y calcular el Score Químico. En el Cuadro 24 se presentan los resultados para la calidad de las proteínas en el brownie de trigo.

Cuadro 24. Score Químico del brownie de trigo

Aminoácidos (mg/16gP)	Huevo	Trigo	Brownie control	Comparación
Leucina	0.98	0.62	1.60	-82.00
Isoleucina	0.64	0.40	1.04	-82.13
Cisteína y metionina	0.63	0.32	0.94	-83.44
Valina	0.81	0.51	1.33	-82.09
Triptófano	0.17	0.09	0.26	-82.87
Fenilalanina	0.62	0.37	0.98	-82.43
Lisina	0.74	0.54	1.28	-80.92
Histidina	0.23	0.25	0.48	-77.32
Treonina	0.55	0.44	0.99	-80.21
Tirosina	0.00	0.28	0.28	

Se observó que el aminoácido limitante es la cisteína y metionina ya que se obtuvo el Score más negativo, lo que indica que es el aminoácido esencial en menor presencia de acuerdo al método de Mitchell y Block propuesto por en el producto por lo que el Score Químico corresponde en el brownie control a 16.56, se obtiene este valor debido a que el contenido de aminoácidos esenciales es más limitado en el trigo a diferencia de cereales como el amaranto.

Para el brownie sin gluten se obtuvo la composición de aminoácidos de: harina de amaranto, harina de arroz, leche en polvo, suero de leche, huevo. En el cuadro 25 se presenta los resultados de la calidad de la proteína en el brownie sin gluten adicionado con suero de leche y reducido en calorías.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Cuadro 25. Score Químico del brownie sin gluten

Aminoácidos (mg/16gP)	Huevo	Amaranto	Arroz	Suero de leche	Leche en polvo	Brownie sin gluten	Comparación
Leucina	0.98	0.94	0.65	3.66	2.34	8.58	-3.61
Isoleucina	0.64	0.60	0.35	2.22	1.53	5.34	-8.01
Cisteína y metionina	0.63	0.48	0.23	0.77	0.64	2.75	-51.83
Valina	0.81	0.77	0.59	2.67	1.83	6.69	-9.62
Triptófano	0.17	0.14	0.07	0.42	0.20	1.00	-33.42
Fenilalanina	0.62	0.56	0.33	1.02	0.92	3.44	-38.62
Lisina	0.74	0.82	0.27	2.71	1.65	6.19	-7.65
Histidina	0.23	0.37	0.16	0.63	0.53	1.93	-8.08
Treonina	0.55	0.67	0.28	2.92	1.20	5.61	12.27
Tirosina	0.00	0.42	0.21	0.88	0.87	2.38	-----

Para el brownie sin gluten se determinó el Score Químico, considerando que el aminoácido limitante es la cisteína y metionina, obteniéndose como valor de 48.17.

Se obtuvo un “Score Químico” para el brownie sin gluten de 2.9 veces mayor que el del brownie control, indicando esto que el valor nutricional mejora considerablemente.

Es importante ingerir los aminoácidos esenciales de los alimentos debido a que el cuerpo no es capaz de generar las proteínas, los aminoácidos esenciales de alta calidad son los provenientes de proteínas de origen animal como la leche (huevo, suero de leche y leche en polvo) y aminoácidos de baja calidad que se encuentran en alimentos vegetales como los cereales (harina de trigo y harina de arroz), complementando así una dieta balanceada entre proteínas de ambos orígenes, considerando que el amaranto es un pseudocereal con alta calidad proteica, rico en lisina y aminoácidos azufrados, con los valores que se aproxima a las recomendaciones de la FAO³.



X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7. Análisis microbiológico del producto

El análisis microbiológico que se realizó al brownie control y brownie sin gluten, muestra en ambos casos resultados negativos en todos los indicadores marcados en la NOM-247-SSA1-2008, no presentaron carga microbiana mostrándose ausencia de mohos y levaduras, coliformes totales y mesofílicos aerobios. Se presenta a continuación la Figura 15 y 16 de análisis microbiológico del brownie control y brownie sin gluten respectivamente.

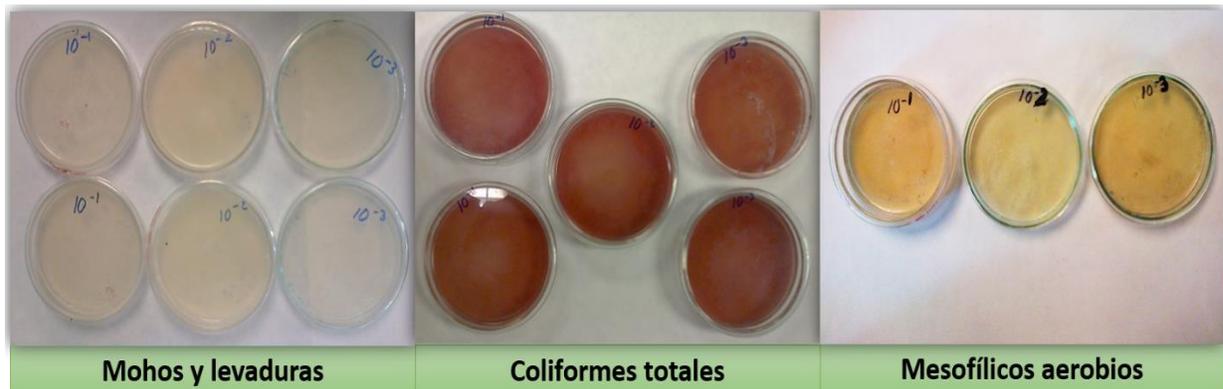


Figura 15. Análisis microbiológico del brownie control

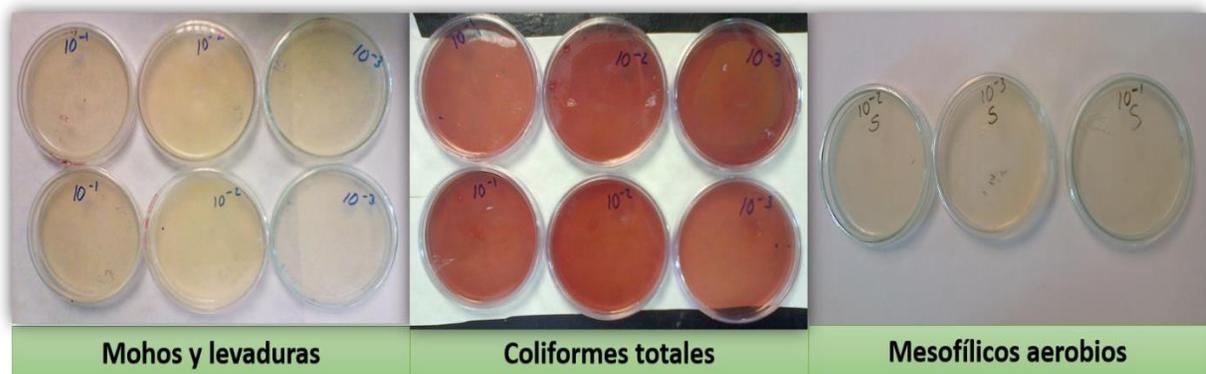


Figura 16. Análisis microbiológico del brownie sin gluten adicionado con suero de leche y reducido en calorías



X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 26 se presentan los resultados obtenidos en el análisis microbiológico y el límite máximo de microorganismos presentes permitidos de acuerdo a la Norma Oficial Mexicana 247 de la Secretaría de Salud, de acuerdo a los datos obtenidos reflejan un manejo sanitario adecuado del producto, buenas prácticas sanitarias en la fabricación del alimento y un buen almacenamiento de la materia prima y del producto terminado.

Cuadro 26. Resultados del análisis microbiológico

Análisis microbiológico	Brownie control	Brownie sin gluten	Límite máximo NOM-247-SSA1-2008
Coliformes totales	Sin desarrollo de coliformes	Sin desarrollo de coliformes	<30 UFC/g
Mohos y levaduras	0 UFC/ml de levaduras en agar papa dextrosa, incubadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 3 días	0 UFC/ml de levaduras en agar papa dextrosa, incubadas a $25 \pm 1^\circ\text{C}$ durante 3 días.	300 UFC/g
Mesofílicos aerobios	Sin desarrollo de mesofílicos aerobios	Sin desarrollo de mesofílicos aerobios	10000 UFC/g

8. *Evaluación sensorial*

A continuación se presentan los resultados de las encuesta de evaluación sensorial que se aplicó al producto final (brownie sin gluten adicionado con suero de leche y reducido en calorías) a 50 hombres y 50 mujeres entre los 20 y 30 años.

En la evaluación sensorial se aplicó una breve encuesta para recabar información acerca del consumo de estos productos. En la Figura 17 se presenta la respuesta de la frecuencia con que se consumen pastelillos, en donde, el 56% de los encuestados consumen pastelillos 1 a 3 veces por semana, seguido de un 42% que los consume 1 vez al mes y solo el 2% consume pastelillos diario.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

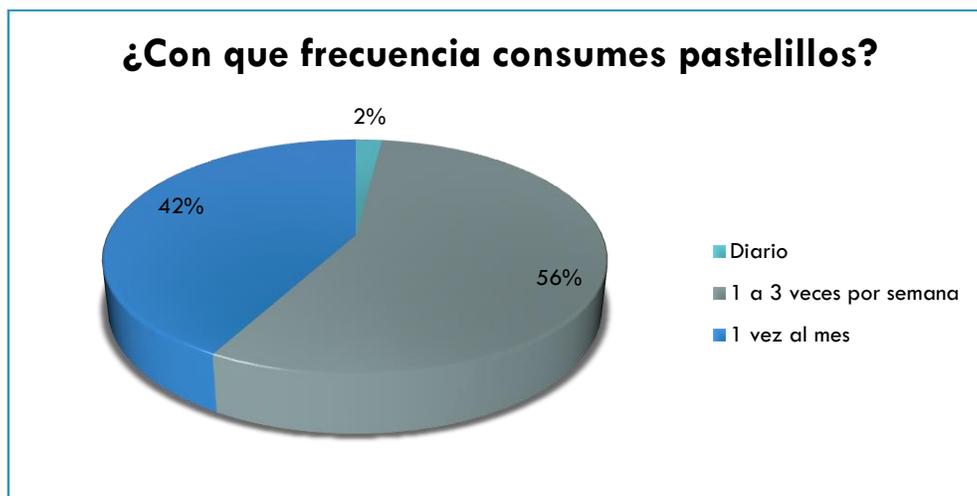


Figura 17. Gráfico de resultados de consumo de pastelillos

En la Figura 18 se presenta la respuesta con respecto al consumo de brownies, se observa que las personas encuestadas tienen un consumo muy diferenciado pero sin dejar de ser habitual en su dieta, ya que por lo menos el 38% consume estos productos una vez por mes seguido de un 32% que lo hace cada tres meses, el 16% los ingiere cada seis meses y un 14% lo hace por lo menos una vez por semana. Es apreciable que en general este mercado tiene potencial para incrementar el consumo e integrarse a la dieta habitual de los mexicanos.

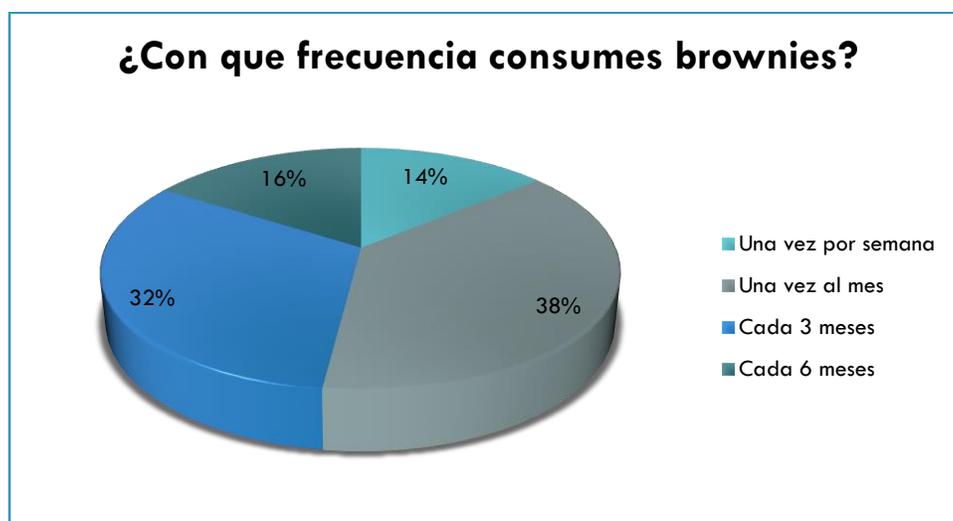


Figura 18. Gráfico de resultados de frecuencia de consumo de brownie

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Se presenta en la Figura 19 los resultados con respecto a la noción de marcas de brownie, en donde mayoritariamente se observa que el 80% de los encuestados no reconoce por lo menos alguna marca de este tipo de productos 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 detonar este mercado.

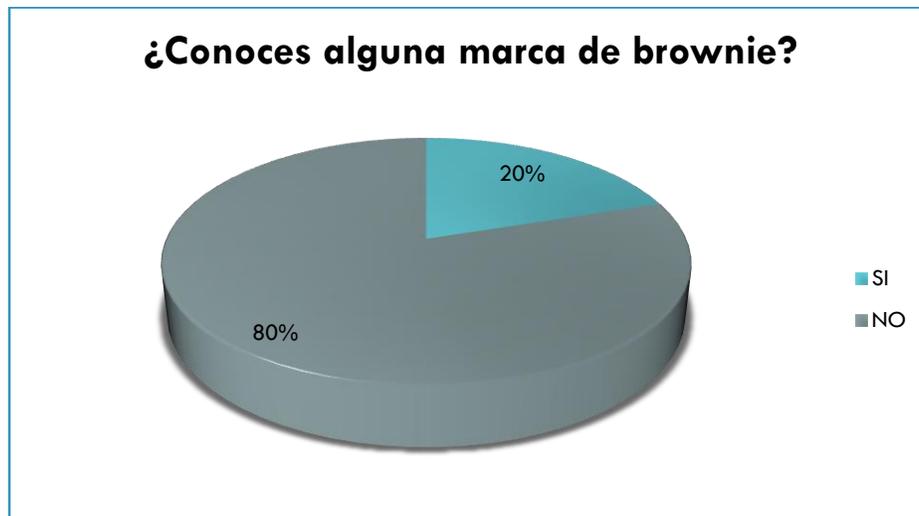


Figura 19. Gráfico de resultados acerca del conocimiento de alguna marca de brownie

Después de la breve encuesta realizada, se evaluaron las características de la muestra de brownie, considerando atributos de color, olor, sabor, textura y apariencia del producto. En la Figura 20 se presenta el gráfico del nivel de agrado del color del producto, donde se observa que la aceptación de este atributo es del 96% y al 4% no les gusta pero tampoco les disgusta el color.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

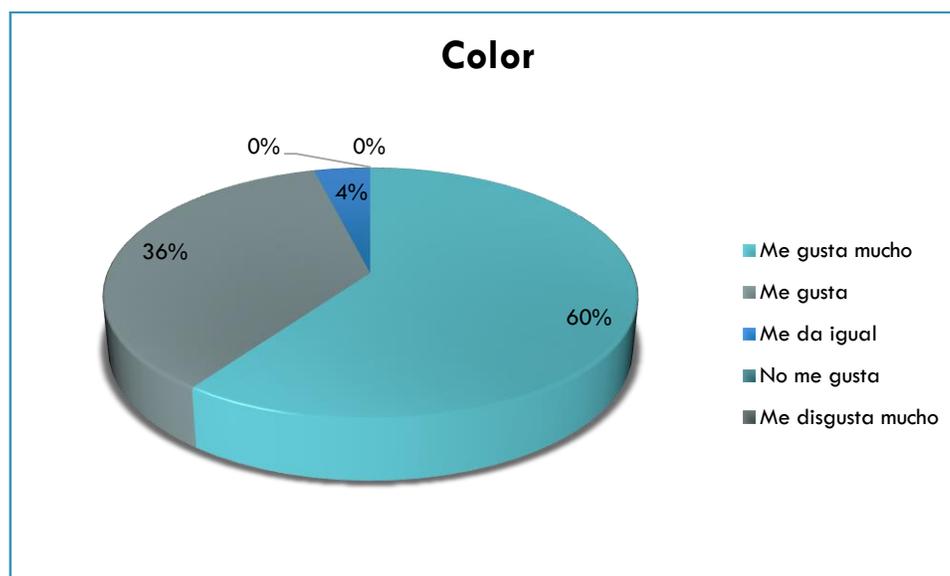


Figura 20. Gráfico de resultados del nivel de agrado del color del brownie sin gluten

En cuanto al olor del brownie sin gluten, se presenta la Figura 21 con los resultados de este atributo, en el cual se observa que al 86% les gusta el olor del brownie, lo que indica una buena aceptación del producto por parte de este parámetro. Al 12% no les gusta ni disgusta el olor y solo al 2% no les gusta el olor.

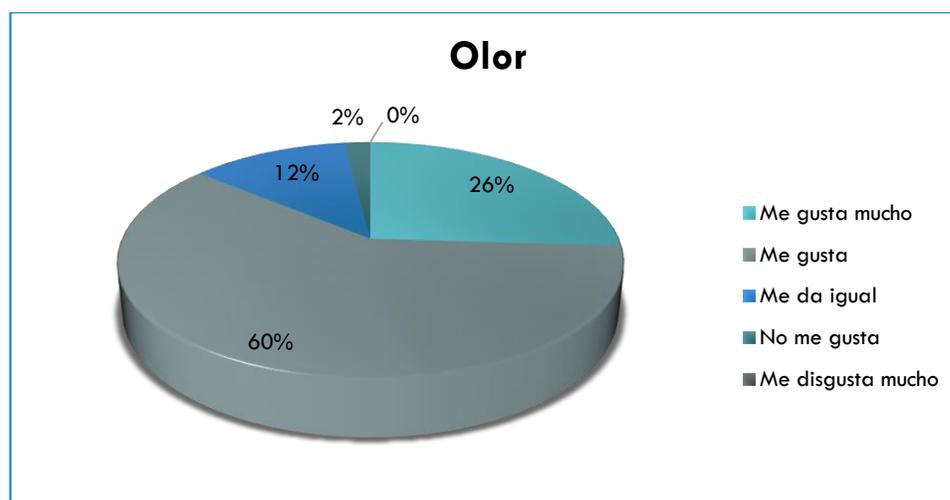


Figura 21. Gráfico de resultados del nivel de agrado del olor del brownie sin gluten

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



En la Figura 22, se observa que al 96% de los encuestados les gusta el sabor del producto y solo al 4% no les gusta ni les disgusta, comentando que nos les gusta el chocolate.

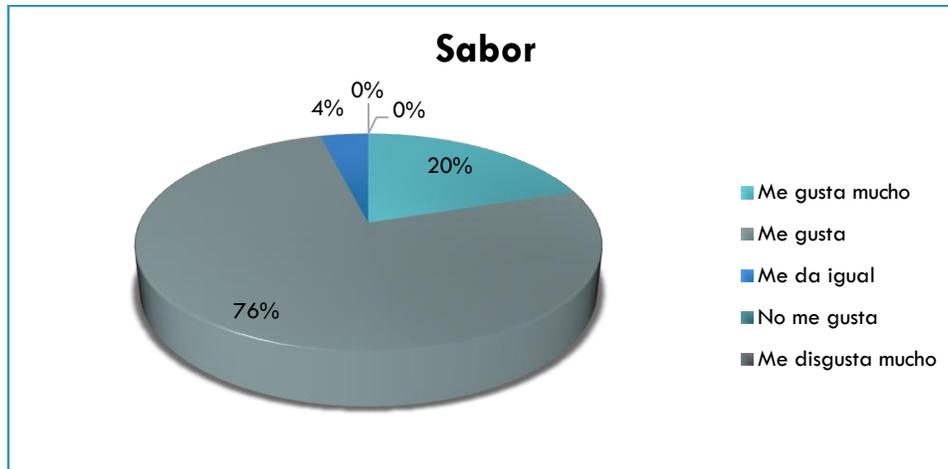


Figura 22. Gráfico de resultados del nivel de agrado del sabor del brownie sin gluten

En la Figura 23 se muestran los resultados obtenidos en cuanto a la textura del producto, en el que se observa que el 80% de los encuestados les gusta la textura, aceptando así el producto, en cambio al 16% de la población que no les gusta la textura del producto ya que no tenía los alveolos característicos de un brownie tradicional y solo al 4% les es indiferente la textura.

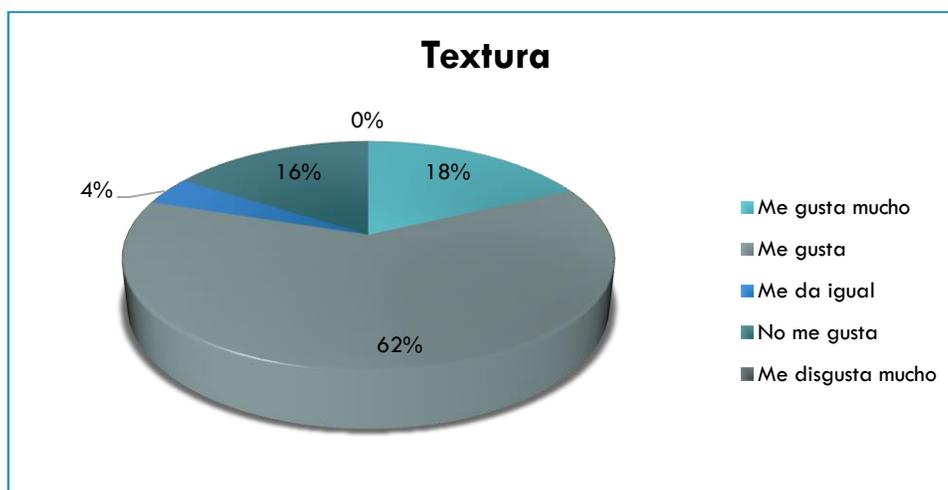


Figura 23. Gráfico de resultados del nivel de agrado de la textura del brownie sin gluten

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



También se pidió evaluar la apariencia del producto considerando todos los atributos en conjunto, en la Figura 24 se presentan los resultados obtenidos y se observa que al 96% indico que les gusta en general el producto, considerándose un porcentaje alto para la aceptación del mismo.

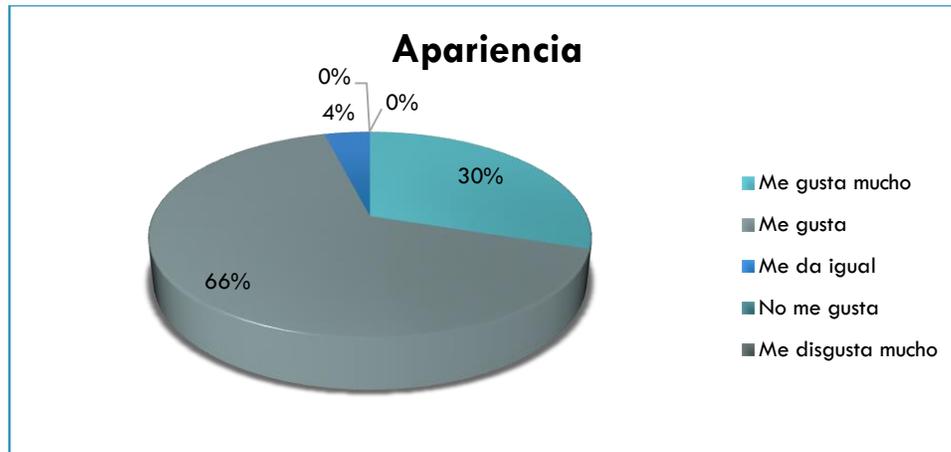


Figura 24. Gráfico de resultados de la apariencia del brownie sin gluten

Posterior a la evaluación de los atributos del producto, se evaluó la aceptación del producto (Figura 25) para conocer la intención de compra de los panelistas obteniéndose que el 94% compraría el producto y solo 6% no, este desacuerdo comentaron que se debe a que no les gusta el chocolate además de no consumir productos de panificación. Por lo que se considera su total aceptación además de ser una opción más para las personas celiacas.

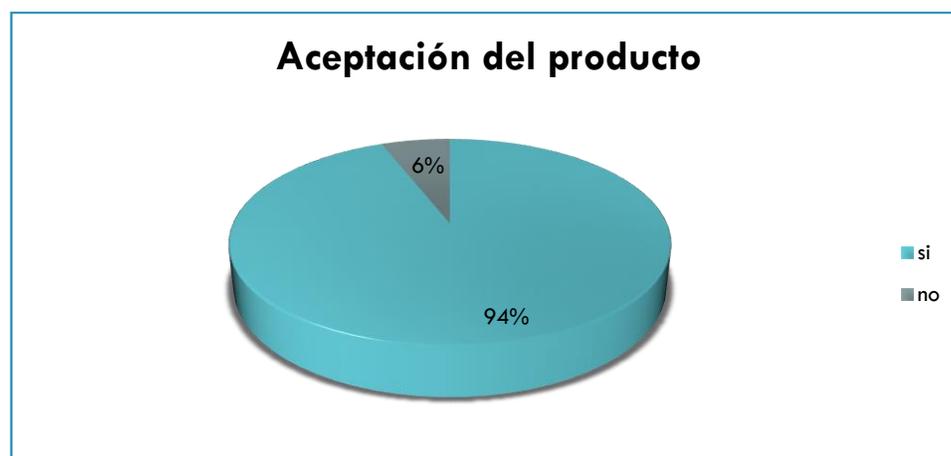


Figura 25. Gráfico de aceptación del producto

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Finalmente en la Figura 26 se muestra un gráfico que indica el costo del brownie considerándose 3 piezas (100g) en el que se indicó que un 76% de los encuestados pagarían de 10 a 20 pesos, tomando en cuenta un valor de venta promedio en este rango.

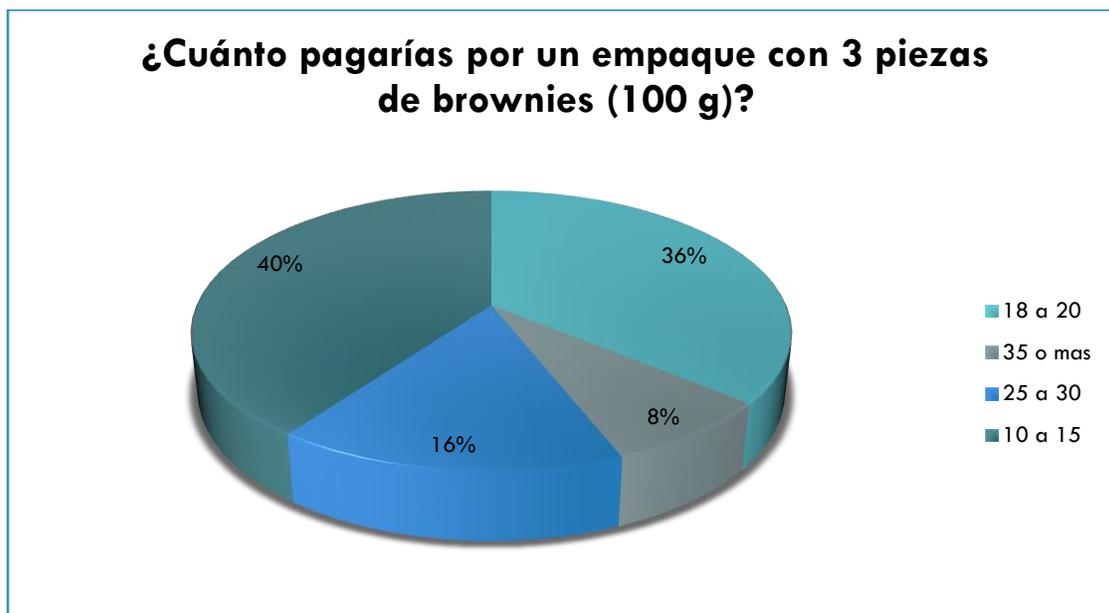


Figura 26. Gráfico de resultados del precio del producto

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



9. Costo del brownie sin gluten

Para determinar el precio del brownie sin gluten enriquecido con suero de leche y reducido en calorías, se realizó el cálculo del costo en función de los gastos directos e indirectos que repercuten en la elaboración de estos.

En el Cuadro 27 se muestra una cotización de la posible inversión inicial para producir brownies con la cual se establece el retorno de inversión a un plazo de un año para realizar el costo de producción de las mismas.

Cuadro 27. Inversión inicial en equipo y material

Material y equipo	Cantidad	Precio \$ (M.N)
Batidora	1	3,000
Horno de gaveta	1	7,000
Charolas	2	200
Utensilios	1	500
Selladora	1	300
Total		11,000

Se presenta el costo de producción de 100 paquetes de brownie con 3 piezas cada uno (100g), tomando en cuenta los principales costos como se muestra en el Cuadro 28, los costos de consumo eléctrico y de gas son tomados de acuerdo a los precios vigentes a la realización de este trabajo así mismo para mano de obra se consideran dos empleados con una jornada laboral de 8 horas a quienes se estima una remuneración de 2.35 veces el salario mínimo (63.77 M.N) indicado por la CONASAMI de acuerdo a la tabulación vigente.

X. RESULTADOS Y DISCUSIÓN



Cuadro 28. Costo de brownie

INSUMOS	Cantidad	Precio/unidad \$ (M.N)	Costo parcial \$ (M.N)
Materia Prima (costo por pieza)	300	1.9	570
Consumo eléctrico Batidora (KW/h)	0.40	0.81	2.27
Consumo gas (m ³ /h)	0.36	8.00	8.67
Bolsa de Celofán (g)	300.00	40.00	12
Materiales y equipo (día)	1.00	11000.00	30.13
Mano de obra (día)	2.00	150.00	300
Total	100 paquetes con 3 piezas (100g)		923.08

Finalmente se presenta en el Cuadro 29 la rentabilidad del negocio por día con base en lo anteriormente planteado tomando un precio de venta del producto de 18 pesos con base en los resultados obtenidos de la encuesta.

Cuadro 29. Rentabilidad del negocio

Producción por día	Costo por unidad	Piezas/día	Precio de venta (\$)
Paquete	9.23	100	18
Ganancia bruta	1207.05		
Ganancia neta *día	876.91		

Se puede observar, que al considerar los gastos de producción para la elaboración del producto, se obtiene un costo por paquete con 3 piezas (100g) de 9.23 pesos, precio que se encuentra dentro del rango de un brownie comercial con un valor de compra promedio de \$15.00, considerando que este brownie es apto para enfermos celiacos además de ser enriquecido con proteína y reducido en calorías, obteniendo un proyecto rentable.



CONCLUSIONES

- ✓ La proporción de las harinas sin gluten que brinda mejores resultados semejantes a los de un brownie tradicional fue la formulación 2 (65%-H. de amaranto y 35%-H. de arroz).
- ✓ Se logró desarrollar un producto con alto valor nutrimental con hasta 2.9 veces más aminoácidos esenciales que en el control.
- ✓ Es importante conocer la funcionalidad de los ingredientes no solo para determinar la cantidad a adicionar sino también para inferir las características finales del producto.
- ✓ Se realizó correctamente la caracterización de la materia prima y del producto mediante la legislación vigente (NOM-247-SSA1-2008) y estas cumplen con la normatividad, permitiendo con ello garantizar la calidad de la materia prima utilizada y un producto inocuo.
- ✓ Se obtuvo un cremado homogéneo, aireado y firme utilizando azúcar glass que favoreció el mezclado de la grasa con el disacárido para obtener un producto uniforme y con mejor apariencia.
- ✓ La inclusión de la inulina en combinación con las proteínas del huevo (albumina) fungen como un buen agente emulsificante y sustituto de grasa, además de incrementar el volumen y el rendimiento del producto.



VII. CONCLUSIONES

- ✓ La mayoría de las personas encuestadas consumen pastelillos pero un porcentaje muy alto casi no conocen alguna marca de brownie por lo que es factible su escalamiento a nivel industrial debido a que no es un mercado muy explotado.
- ✓ El costo del brownie es la mitad (\$9.23) del precio estimado de venta por lo que se vuelve un producto rentable y accesible para personas alérgicas al gluten.
- ✓ A pesar de que los productos que ofrecen un beneficio a la salud tienen un precio elevado en contraste con los convencionales la intención de compra de los encuestados por el producto evaluado fue del 94%.
- ✓ Se concluye que se cubrieron los objetivos propuestos en el presente trabajo se desarrolló un brownie libre de gluten reducido en calorías con alto valor nutricional y con la certeza de que puede ser consumido por personas sanas así como enfermos celíacos.

VIII. RECOMENDACIONES



RECOMENDACIONES

- Desarrollar nuevos productos utilizando otras harinas sin gluten y proponer diferentes sabores.
- Elaborar nuevas formulaciones para obtener un brownie light.
- La evaluación del valor nutrimental del producto se hizo por un método bibliográfico dado que los valores obtenidos no difieren mucho de los obtenidos por métodos biológicos, sería importante corroborar con certeza la calidad nutrimental del brownie mediante la cuantificación de la lisina por un perfil de aminoácidos.
- Buscar y recopilar información bibliográfica sobre nuevas tendencias de alimentos funcionales de panificación y su normatividad vigente en México, para elaborar proyectos y aplicar metodologías a estos alimentos.
- Buscar y evaluar un empaque adecuado que permita exhibir el producto para tener una vista agradable al consumidor y también que proporcione una vida de anaquel prolongada.
- 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.

IX. REFERENCIAS CITADAS



REFERENCIAS CITADAS

1. Revista del consumidor. México. Volumen 12 (3). Marzo de 2014
2. Pérez, J. M. (2013). *Consumo de pastelillos en el mundo*. Diario presente, volumen 13. pp.17.
3. Ángel, G. (2010). *Tratado de Nutrición: Composición y Calidad Nutritiva de los Alimentos*. Madrid: Medica Panamericana.
4. Giménez, S.; Isola, M. & Boer, A. (2002). *Enfermedad celiaca en el adulto. Prevalencia en una población de riesgo. Estudio respectivo y retrospectivo de pacientes del hospital Alemán de Buenos aires*. Consultado en www.ama-med.org.ar/curso_articulos.asp.>.
5. ACELMEX. (2014). Asociación de celíacos de México. Disponible en <http://celiacosdemexico.org.mx/los-documentos/guia-diagnostico-y-manejo-de-la-enfermedad-celiaca>. Consultado el 8 de agosto del 2014.
6. Reyna, T. (1988). *Investigaciones recientes sobre amaranto*. México, D.F.: UNAM.
7. Hamaker, B. (2008). *Technology of functional cereal products*. USA: Woodhead.
8. Quaglia, G. (1991). *Ciencia y Tecnología de la Panificación*. España: Acribia.
9. Galván, D. (2005). *Proceso básico de la leche y el queso*. Revista digital universitaria, volumen 6. Recuperado de http://www.revista.unam.mx/vol.6/num9/art87/sep_art87.pdf.
10. Aranceta, J. & Serra, LI. (2005). *Leche, lácteos y salud*. España: Panamericana.
11. Badui, S. (2006). *Química de los alimentos*. México: Pearson.
12. Fisher, P. (1972). *Valor nutritivo de los alimentos*. México: LIMUSA.
13. Del Socorro, H. & Verdalit, I. (2005). *El suero de Queso: Un producto vital o simple desecho. La ciencia y el hombre, Volumen 11*. Recuperado de http://www.ecured.cu/index.php/Suero_de_leche.
14. Getler, J.; Thomsen, P. & Peters, L. (2000). *Process and apparatus for converting liquid whey into powder*. US patent 6, 048,565.
15. Gutiérrez, G.; Maldonado, G.; Martínez, O. & Medrano, H. (2004). *Secado por aspersion de alimentos*. Ciencia y tecnología alimentaria, volumen 4. pp. 262-226.
16. Kent, N. (1987). *Tecnología de los cereales*. España: Acribia.
17. Dendy, D. (2004). *Cereales y productos derivados. Química y tecnología*. España: Acribia.
18. John, S. (1981). *Cereales*. España: Acribia.

IX. REFERENCIAS CITADAS



19. Secretaria de salud. Norma oficial mexicana 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. México: SSA1. 2008.
20. CMQED. (2014). Centro Médico Quirúrgico de Enfermedades digestivas. Recuperado en <http://www.cmed.es/sensibilidad-gluten.php>. Consultado el 8 de agosto del 2014.
21. Mazza, G. (2000). *Alimentos funcionales. Aspectos bioquímicos y de proceso*. España: Acribia.
22. Pomeranz, Y. (1988). *Wheat: Chemistry and Technology*. USA: American Association of Cereal Chemists.
23. Hoseney, C. (2002). *Principios de ciencia y tecnología de los cereales*. España: Acribia
24. Paredes, L.; Barba, D.; Hernández, L.; & Carabez, T. (1990). *Amaranto características alimentarias y aprovechamiento agroindustrial*. Laboratorio de Biotecnología de alimentos, Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional. México.
25. Hernández, G. y Herrerías, G. (2009). Amaranto: Historia y promesa. *Horizonte del tiempo*, volumen 1. pp. 66-89.
26. González, R.; Tosi, E.; Ré, E.; Añon, M.; Pilosof, M. & Martínez K. (2006). *Amaranth starch-rich fraction properties modified by high-temperature heating*. Food Chemistry, volumen 10. pp. 927-934.
27. Islas, A.; Hernández, Z.; Calderón, B.; Ballesteros, V.; Granados, N. & Vásquez L. (2012). *Formulación y elaboración de pastelillos tipo brownies con más fibra y menos calorías que los convencionales*. Archivos latinoamericanos de nutrición, volumen 62 (2). pp. 187.
28. Lezcano, E. (2011). *Galletas y bizcochos*. (Tesis de titulación, Universidad de Argentina) recuperado de http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/farinaceos/Productos/Galletas Bizcochos_2011_12Dic.pdf
29. Duncan, J. (1983). *Tecnología de la industria galletera. Galletas, crackers y otros horneados*. España: Acribia.
30. Gisslen, W. (2002). *Panadería y repostería para profesionales*. México: Limusa.
31. Duncan, M. (1989). *Tecnología de la industria galletera*. España: Acribia

IX. REFERENCIAS CITADAS



32. Alton, E. (2001). *Aceites y grasas industriales*. España: Reverté
33. Vega, R. G. (2009). *Proteínas de harina de trigo: clasificación y propiedades funcionales*. Temas de ciencia y tecnología, volumen 13. pp. 27-32.
34. Calaveras, J. (2004). *Nuevo tratado de Panificación y bollería*. España: AMV
35. Muñoz, O.; Molino, D. & Sepúlveda, J. (2012). *Inulina en derivados cárnicos*. Revista Nacional Agraria de Medellín. Volumen 65, numero 2. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v65n2/v65n2a22.pdf>
36. Fox, B. & Cameron, G. (2000). *Ciencia de los alimentos, nutrición y salud*. México: Limusa
37. INCMN (2014). Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición consultado el 20 de noviembre de 2014 recuperado de <http://celiacomex.wordpress.com/manifiesto-celiaco-2/> consultado el 13 de agosto del 2014.
38. Rodrigo, L. & Salvador, A. (2013). *Enfermedad celíaca y sensibilidad al gluten no celíaca*. España: OmniaScience
39. Madrigal, L y Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes claves en alimentos funcionales. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, volumen 57. No. 4. pp. 387.
40. Pearson, D. (1998). *Técnicas de laboratorio para el análisis de los alimentos*, España: Acribia.
41. Belitz, H. & Grosch, W. (1997). *Química de los alimentos*. España: Zaragoza.
42. Pérez, E.; Serralde, Z. y Meléndez, G. (2007). Efectos benéficos y deletéreos del consumo de fructosa. *Revista de Endocrinología y Nutrición*, volumen 15. pp. 67-74.
43. Esquivel, V. y Gómez, G. (2007). Implicaciones metabólicas del consumo excesivo de fructosa. *Escuela de Nutrición, departamento de bioquímica*, volumen 49. pp. 198-202.
44. Escudero, E. y González, P. (2006). La fibra dietética. *Unidad de dietética y Nutrición hospitalaria*, volumen 21. pp. 61-73.
45. FAO. (2014). Tabla de composición de alimentos de América latina. Recuperado en <http://www.rlc.fao.org/es/conozca-fao/que-hace-fao/estadisticas/composicion-alimentos?dd=11>. Consultado el 9 de agosto del 2014.
46. Secretaria de comercio y fomento industrial. Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012. Leche-Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. México: SCFI. 2012.



IX. REFERENCIAS CITADAS

47. LALA recuperado el 30 de septiembre de 2014 de http://www.grupolala.com/marcas/index.php?option=com_content&view=article&id=214&Itemid=11.
48. Suman, M.; Silva, G.; Catellani, D.; Bersellini, U.; Caffarrab, V. & Careri, M. 2009. *Determination of food emulsifiers in commercial additives and food products by liquid chromatography/atmospheric-pressure chemical ionization mass spectrometry*. Journal of Chromatography A, volumen121. pp. 375–376
49. Osborne, D & Voogt, P. (1986). *Análisis de los nutrientes de los alimentos (pp. 134-135)*. España: Acribia.
50. Souci, S.; Fachmann, W. & Kraut, H. (2008). *Food composition and nutrition tables* (pp. 47, 619, 665 y 688). USA: MedPharm.
51. Asociación Americana Química de Cereales consultado el 28 de Octubre de 2014. Recuperado en <http://www.btb.termiumplus.gc.ca/tpv2alpha/alpha-spa.html?lang=spa&i=1&index=alt&srchtxt=ASOCIACION%20AMERICANA%20QUIMICOS%20CEREALES>.
52. Secretaría de comercio y fomento industrial. Norma Mexicana 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. México: SCFI. 2011.
53. Secretaría de salud. Norma Oficial Mexicana NOM-116-SSA1-1994. Bienes y servicios. Determinación de humedad en alimentos por tratamiento térmico. Método por arena o gasa. México: 1994.
54. Secretaría de salud. Norma Oficial Mexicana NOM-086-SSA1-1994. Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales. México: 1994.
55. Comisión Nacional del salario mínimo consultado el 4 de diciembre de 2014. Recuperado en www.conasami.gob.mx/nvos_sal_2014.html.
56. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Codex Stan 1992-1995. Alimentos farináceos - Cereales, harinas y derivados. ONU: FAO, 2015. Capítulo IX, artículo 661.



ANEXO A

Formato de evaluación sensorial: Para seleccionar la mejor formulación

PRUEBA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Rango de edad: 15-25 años 26-36 años 37-45 años Fecha: _____

Instrucciones: A continuación se presenta frente a ti tres muestras, evalúa de izquierda a derecha cada una y evalúe los atributos de cada muestra. Al término de cada prueba tome un trozo de galleta y enjuague su boca para continuar con las siguientes pruebas.

Muestra: 204					
	Color	Olor	Sabor	Textura	Apariencia
Me gusta mucho					
Me gusta					
Me da igual					
No me gusta					
Me disgusta mucho					

Muestra: 216					
	Color	Olor	Sabor	Textura	Apariencia
Me gusta mucho					
Me gusta					
Me da igual					
No me gusta					
Me disgusta mucho					

Muestra: 228					
	Color	Olor	Sabor	Textura	Apariencia
Me gusta mucho					
Me gusta					
Me da igual					
No me gusta					
Me disgusta mucho					

Finalmente ¿Cuál es la muestra de tu preferencia? _____

COMENTARIOS: _____



ANEXO B

Formato de evaluación sensorial: Prueba hedónica de aceptación

PRUEBA DE ACEPTABILIDAD

Rango de edad: 15-25 años 26-36 años 37 o más años **Sexo:** Masculino Femenino

1. **¿Con que frecuencia consumes pastelillos?**
 - a. Diario
 - b. 1 a 3 veces por semana
 - c. 1 vez al mes
2. **¿Con que frecuencia consumes brownies?**
 - a. Una vez por semana
 - b. Una vez al mes
 - c. Cada 3 meses
 - d. Cada 6 meses
3. **¿Conoces alguna marca de brownie?** Si _____ No _____
4. **¿Cuánto pagarías por un brownie funcional en presentación de 3 piezas (100 g)?**
 - a) \$10 a \$15
 - b) \$18 a \$20
 - c) \$25 a \$30
 - d) \$35 o más

Instrucciones: A continuación se presenta frente a una muestra de brownie, evalúe e indique con una (X) el nivel de agrado de cada atributo

	Color	Olor	Sabor	Textura	Apariencia
Me gusta mucho					
Me gusta					
Me da igual					
No me gusta					
Me disgusta mucho					

Finalmente ¿Compraría usted el producto? Sí No

¿Porque? _____