



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

Brownies funcionales de harina compuesta de frijol negro
(*Phaseolus vulgaris*) y Avena (*Avena sativa*) con bajo aporte
calórico.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERA EN ALIMENTOS

P R E S E N T A:

VAZQUEZ VILLALOBOS KARINA GUADALUPE

ASESORA:

I.B.Q. LETICIA FIGUEROA VILLARREAL

CO-ASESOR:

I.Q. DANIEL MAURICIO VICUÑA GOMEZ



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN**

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



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

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

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

Brownies funcionales de harina compuesta de frijol negro (Phaseolus vulgaris) y avena (Avena sativa) con bajo aporte calórico.

Que presenta la pasante: **Karina Guadalupe Vázquez Villalobos.**

Con número de cuenta: **415034836** para obtener el Título de: **Ingeniera en Alimentos.**

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

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de Junio de 2021.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	I.B.Q. Leticia Figueroa Villarreal	
VOCAL	Dra. Carolina Moreno Ramos	
SECRETARIO	I.A. Miriam Alvarez Velasco	
1er. SUPLENTE	L.A. Ma. del Consuelo Molina Arciniega	
2do. SUPLENTE	Dra. María Elena Pahua Ramos	

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN
ASUNTO: VOTO APROBATORIO

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

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

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

Brownies funcionales de harina compuesta de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) y avena (*Avena sativa*) con bajo aporte calórico.

Que presenta la pasante: **Karina Guadalupe Vázquez Villalobos.**
Con número de cuenta: **415034836** para obtener el Título de: **Ingeniera en Alimentos.**

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

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de Junio de 2021.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	I.B.Q. Leticia Figueroa Villarreal	
VOCAL	Dra. Carolina Moreno Ramos	
SECRETARIO	I.A. Miriam Alvarez Velasco	
1er. SUPLENTE	L.A. Ma. del Consuelo Molina Arciniega	
2do. SUPLENTE	Dra. María Elena Pahua Ramos	

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



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

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

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

Brownies funcionales de harina compuesta de frijol negro (Phaseolus vulgaris) y avena (Avena sativa) con bajo aporte calórico.

Que presenta la pasante: **Karina Guadalupe Vázquez Villalobos.**

Con número de cuenta: **415034836** para obtener el Título de: **Ingeniera en Alimentos.**

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

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de Junio de 2021.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>I.B.Q. Leticia Figueroa Villarreal</u>	_____
VOCAL	<u>Dra. Carolina Moreno Ramos</u>	_____
SECRETARIO	<u>I.A. Miriam Alvarez Velasco</u>	
1er. SUPLENTE	<u>L.A. Ma. del Consuelo Molina Arciniega</u>	_____
2do. SUPLENTE	<u>Dra. María Elena Pahua Ramos</u>	_____

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO

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

ATN: LA. LAURA MARGARITA CORTAZAR FIGUEROA
Jefa del Departamento de Titulación
de la FES Cuautitlán.

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

Brownies funcionales de harina compuesta de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) y avena (*Avena sativa*) con bajo aporte calórico.

Que presenta la pasante: **Karina Guadalupe Vázquez Villalobos.**
Con número de cuenta: **415034836** para obtener el Título de: **Ingeniera en Alimentos.**

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

ATENTAMENTE
"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"
Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de Junio de 2021.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>I.B.Q. Leticia Figueroa Villarreal</u>	_____
VOCAL	<u>Dra. Carolina Moreno Ramos</u>	_____
SECRETARIO	<u>I.A. Miriam Alvarez Velasco</u>	_____
1er. SUPLENTE	<u>L.A. Ma. del Consuelo Molina Arciniega</u>	
2do. SUPLENTE	<u>Dra. María Elena Pahua Ramos</u>	_____

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
SECRETARÍA GENERAL
DEPARTAMENTO DE TITULACIÓN

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES CUAUTITLÁN

ASUNTO: VOTO APROBATORIO



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

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

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

Brownies funcionales de harina compuesta de frijol negro (Phaseolus vulgaris) y avena (Avena sativa) con bajo aporte calórico.

Que presenta la pasante: **Karina Guadalupe Vázquez Villalobos.**

Con número de cuenta: **415034836** para obtener el Título de: **Ingeniera en Alimentos.**

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

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARÁ EL ESPÍRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 04 de Junio de 2021.

PROFESORES QUE INTEGRAN EL JURADO

	NOMBRE	FIRMA
PRESIDENTE	<u>I.B.Q. Leticia Figueroa Villarreal</u>	_____
VOCAL	<u>Dra. Carolina Moreno Ramos</u>	_____
SECRETARIO	<u>I.A. Miriam Alvarez Velasco</u>	_____
1er. SUPLENTE	<u>L.A. Ma. del Consuelo Molina Arciniega</u>	_____
2do. SUPLENTE	<u>Dra. María Elena Pahua Ramos</u>	

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

AGRADECIMIENTOS

A dios por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad

A mis padres Francisco Vazquez y María Villalobos, mi hermana Aurora Vazquez y Javier no tengo palabras para agradecer lo bendecida que soy por su infinito amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, por estar conmigo en todo momento gracias.

A mi amor Fernando Rivero, por ser mi mejor amigo durante todos estos años gracias por siempre creer en mí, por brindarme tu hombro, tu mano, tu apoyo incondicional, hoy eres y seguirás siendo mi mayor inspiración, te amo vida mía.

A la UNAM por ser tan generosa por siempre tener las puertas abiertas al conocimiento.

A Alain Velasco por formar parte de este proyecto y ser el mejor equipo, por tu trabajo, esfuerzo y dedicación.

A todos mis profesores en especial a la profesora Laura Margarita Cortázar y Francisco Javier López, que siempre me brindaron su paciencia, atención, amistad y cariño, los quiero con todo mi corazón.

A mi asesora Leticia Figueroa Villareal por su paciencia, asesoría y sobre todo por confiar y creer en mí, así como al programa PE104520.

Finalmente, mi mejor amiga Mariana González Barragán, porque estuviste desde el principio hasta el final, por apoyarme cuando más lo necesite, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias.

INDICE

resumen.....	8
Introducción.....	9
Capítulo 1: Antecedentes.....	11
1.1 Frijol (<i>Phaseolus Vulgaris</i>).....	11
1.1.1 Origen.....	11
1.1.2 Producción en México.....	11
1.1.3 Definición.....	12
1.1.4 Morfología.....	13
1.1.5 Composición química y aporte nutricional.....	14
1.1.6 Componentes anti nutricionales.....	17
1.2 Avena (<i>Avena sativa</i>).....	20
1.2.1 Origen.....	20
1.2.2 Producción en México.....	21
1.2.3 Definición.....	21
1.2.4 Morfología.....	21
1.2.5 Composición química y aporte nutricional.....	23
1.3 Plátano (<i>Musa balbisiana</i>).....	25
1.3.1 Origen.....	25
1.3.2 Producción en México.....	25
1.3.3 Definición.....	26
1.3.4 Morfología.....	26
1.3.5 Composición química y aporte nutricional.....	28
1.4 Jarabe de agave.....	29
1.4.1 Origen.....	29
1.4.2 Definición.....	30
1.4.3 Composición química y aporte nutricional.....	30
1.5 Inulina de agave.....	31
1.5.1 Origen.....	31
1.5.2 Definición.....	31
1.5.3 Composición química y aporte nutricional.....	31

1.6 Alimentos funcionales	32
1.6.1 Origen	32
1.7 Brownie.....	33
1.7.1 Origen	33
1.7.2 Definición	33
1.8 Mercadotecnia.....	33
1.8.1 Definición	33
1.8.2 Definición del mercado.....	34
1.8.3 Tipos de mercado.....	35
1.9 Análisis Sensorial	35
1.9.1 Definición	35
1.9.2 Tipos de jueces.....	36
1.9.3 Principales pruebas aplicadas en la evaluación sensorial.....	37
1.10 Envase y etiquetado	39
1.10.1 Definición de envase.....	39
1.10.2 Tipos de envase.....	40
1.10.3 Etiquetado	41
1.10.4 Normatividad aplicada al envasado y etiquetado de alimentos.....	45
Capítulo 2: Descripción de la metodología experimental.....	47
2.1 Objetivos.....	47
2.1.1 Objetivo General.....	47
2.1.2 Objetivos Particulares	47
2.2 Cuadro Metodológico	48
2.3 Descripción de la metodología experimental.....	49
Capítulo 3: Resultados y análisis	72
3.2 OBJETIVO PARTICULAR 1	79
3.3 OBJETIVO PARTICULAR 2	83
3.4 OBJETIVO PARTICULAR 3	91
Conclusiones.....	99
Referencias.....	100

índice de tablas

<i>Tabla 1. Composición química del frijol negro (Phaseolus vulgaris)</i>	15
<i>Tabla 2. Composición química de avena</i>	23
<i>Tabla 3 Composición proximal del plátano entero</i>	29
<i>Tabla 4: Diseño estadístico para el desarrollo de prototipos (tabla de variables)</i>	58
<i>Tabla 5: Diseño de mezclas para la elaboración de brownies</i>	58
<i>Tabla 6: Formulación de ingredientes para la elaboración de brownies</i>	59
<i>Tabla 7: Técnicas de caracterización fisicoquímica para el prototipo seleccionado</i>	63
<i>Tabla 8: Técnicas de Análisis Químico Proximal para el prototipo seleccionado</i>	63
<i>Tabla 9: Medio de cultivo para análisis microbiológico</i>	67
<i>Tabla 11: Factores de conversión y cálculo de contenido energético por componente</i>	70
<i>Tabla 12. Resultados de la caracterización del horno de secado convectivo</i>	72
<i>Tabla 13. Datos de secado para frijol negro</i>	73
<i>Tabla 14. Datos de secado para plátano macho</i>	75
<i>Tabla 15. Rendimiento de harina de frijol y polvo de plátano</i>	76
<i>Tabla 16. Resultados de análisis granulométrico</i>	76
<i>Tabla 17. Resultados de la caracterización fisicoquímica de harina de frijol y polvo de plátano</i>	77
<i>Tabla 18. Resultados del AQP realizado a la harina de frijol</i>	78
<i>Tabla 19. Prototipos preseleccionados para la evaluación sensorial</i>	84
<i>Tabla 20. Formulación final para la elaboración de brownies</i>	90
<i>Tabla 21. Resultados de la caracterización fisicoquímica del prototipo seleccionado</i>	91
<i>Tabla 22. Resultados del AQP realizado al prototipo seleccionado</i>	93
<i>Tabla 23. Resultados análisis microbiológico</i>	94

índice de figuras

<i>Figura 1. Producción nacional del frijol negro</i>	12
<i>Figura 2. Flor de frijol negro</i>	13
<i>Figura 3. Planta de frijol negro</i>	13
<i>Figura 4. Estructura externa de frijol negro</i>	13
<i>Figura 5. Estructura interna del frijol negro.</i>	14
<i>Figura 6. (a) ácido fítico, (b) taninos (ácido gálico)</i>	20
<i>Figura 7. Planta de avena.</i>	21
<i>Figura 8. Cariópside de avena y sus estructuras.</i>	22
<i>Figura 9. Musa balbisiana.</i>	27
<i>Figura 10. Escala de madurez de plátano macho</i>	50
<i>Figura 11. Diagrama de proceso para la elaboración de harina de frijol</i>	51
<i>Figura 12 Diagrama de proceso para la elaboración de polvo de plátano.</i>	52
<i>Figura 13. Estudio de mercado realizado para conocer a viabilidad del producto</i>	57
<i>Figura 14. Diagrama de proceso para la elaboración de brownies funcionales</i>	60
<i>Figura 15. Formato para la evaluación sensorial de prototipos</i>	62
<i>Figura 16. Cuestionario aplicado para pruebas afectivas del prototipo seleccionado</i>	69
<i>Figura 17. formato para expresar la información nutrimental en la parte trasera de la etiqueta</i>	71
<i>Figura 18. Formato para la expresión de información nutrimental en la parte delantera de la etiqueta</i>	71
<i>Figura 19. Curva de secado para frijol negro</i>	74
<i>Figura 20. Curva de secado para plátano macho</i>	75
<i>Figura 21. Sexo de las personas encuestadas</i>	79
<i>Figura 22. Personas que complementan su actividad física con una buena alimentación</i>	79
<i>Figura 23. Personas que comprarían un producto que aportara beneficios a su salud</i>	80
<i>Figura 24. Elección de atributos al momento de comprar un producto</i>	80
<i>Figura 25. Productos que suelen consumir los encuestados</i>	81
<i>Figura 26. Frecuencia con que los encuestados consumen los productos</i>	81
<i>Figura 27. Lugares donde suelen comprar los encuestados</i>	81
<i>Figura 28. Personas que han escuchado acerca de los productos funcionales</i>	82
<i>Figura 29. Personas que comprarían un brownie con alto contenido en proteína y fibra y bajo aporte calórico</i>	82
<i>Figura 30. Personas que consumirían un brownie elaborado a base de harina de frijol, avena y plátano adicionado con inulina</i>	83
<i>Figura 31. Aspectos buscados por los encuestados en un producto</i>	83
<i>Figura 32. QDA resultante de la evaluación sensorial para la selección de prototipos</i>	84
<i>Figura 33. Gráfico de barras para el atributo de apariencia</i>	85
<i>Figura 34. Gráfico de intervalos para el atributo de apariencia</i>	85
<i>Figura 35. Gráfico de barras para el atributo de color</i>	86
<i>Figura 36. Gráfico de intervalos para el atributo de color</i>	86
<i>Figura 37. Gráfico de barras para el atributo de olor</i>	87
<i>Figura 38. Gráfico de intervalos para el atributo de olor</i>	87

<i>Figura 39. Gráfico de barras para el atributo de textura</i>	88
<i>Figura 40. Gráfico de intervalos para el atributo de textura</i>	88
<i>Figura 41. Gráfico de barras para el atributo de sabor</i>	89
<i>Figura 42. Gráfico de intervalos para el atributo de sabor</i>	89
<i>Figura 43. Diagrama de proceso para la elaboración de brownies funcionales</i>	91
<i>Figura 44. Resultados de aceptación para el prototipo P820 vs Taifeld's</i>	95
<i>Figura 45 Etiqueta final del producto.</i>	96
<i>Figura 46 Etiqueta final del producto.</i>	97
<i>Figura 47. información nutrimental</i>	97
<i>Figura 48. Contenido energético</i>	97
<i>Figura 49. Cartel para promocionar el producto</i>	98

RESUMEN

El presente estudio tuvo como finalidad el desarrollo de un brownie a base de harina compuesta de frijol, avena y plátano, adicionado con inulina y miel de agave, para poder obtener un producto funcional e inocuo.

La metodología consistió en un estudio de mercado, el desarrollo de 9 prototipos mediante un diseño de mezclas variando las concentraciones de harina de frijol y harina de avena de (80-20%), así como (0-10%) de polvo de plátano, se seleccionó el prototipo mediante un panel de jueces y una prueba sensorial discriminativa con los mejores atributos sensoriales, siendo el prototipo 820 con 80% de harina de frijol, 20% harina de avena y 0% polvo de plátano. Una vez seleccionado el prototipo, se determinó el análisis químico proximal: Humedad, proteína, fibra, grasa, cenizas y carbohidratos; así como los siguientes análisis microbiológicos: conteo de coliformes, conteo de mesófilos y conteo de hongos y levaduras

Posteriormente se realizó una prueba sensorial afectiva a consumidores potenciales para evaluar el grado de preferencia que tiene el producto con respecto a uno ya existente en el mercado. Finalmente se seleccionó un envase tomando como referencia los requisitos de la NOM-257-SSA1-2008, así como el diseño de una etiqueta que cumpla con los lineamientos establecidos en la NOM 051-SCFI/SSA1-2010(2015) para la comercialización del producto.

INTRODUCCIÓN

Los “brownies” son pastelillos dulces. Los ingredientes básicos tradicionales del brownie son harina de trigo, huevo, chocolate amargo, azúcar, mantequilla, sal, cacao en polvo y nueces. Físicamente su consistencia es dura por fuera y blanda, esponjosa, compacta por dentro (Crocker, 2009). Los brownies comercialmente tienen un alto aporte calórico y prácticamente no contienen fibra dietética. El consumo frecuente de productos con alta densidad energética como los brownies, está relacionado al problema epidémico de obesidad en el mundo. (Betancourt S., Caballero, & Sosa, 2016)

Actualmente en México la mayor parte de la producción de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) y avena (*avena sativa*) se destina al autoconsumo de los productores y exportación (Bobadilla Melendez & Gamez Vázquez , 2007). La principal característica del frijol es ser una leguminosa no panificable ya que no contiene gluten y por eso es que el brownie es un producto perfecto para sustituir la harina de trigo (Islas, Hernandez, & Calderon de la Maraca, 2012), que junto con la harina de avena conferirá una textura agradable al producto, además de ser enriquecido por los altos contenidos en proteínas, carbohidratos y minerales, y bajo contenido de lípidos que caracterizan a ambos productos. (Zumaran Albarado & Juarez Garcia, 2017)

El jarabe de agave al igual que la inulina de agave y sus derivados (oligofructosa, fructooligosacáridos) son comúnmente llamados fructanos (Mellado Mojica & López Pérez, 2013), se consideran parte de la fibra funcional que consiste en carbohidratos no digeribles aislados que tienen efectos fisiológicos beneficiosos en los seres humanos como su comportamiento prebiótico ya que, por su estructura y tipo de enlace, no son digeridos por las enzimas del tracto digestivo y pasan al colon, donde son rápida y totalmente fermentados por la microflora benéfica intestinal (Bifidobacterias y Lactobacilos). (Sánchez Quezada & Concha Herrera, 2016)

Debido a sus propiedades funcionales, el jarabe de agave también puede tener grandes usos en la industria de alimentos como sustituto de azúcares ya que tiene bajo índice glucémico (Espinola Sotres & Trejo Márquez , 2018). El plátano verde contiene una elevada cantidad de almidón resistente, puede ser considerado como un ingrediente funcional que aumenta la calidad de los alimentos. (Soto Azurduy, 2010)

En la búsqueda de soluciones prácticas a los problemas de salud globales, se están diseñando alimentos industrializados que además de aportar nutrientes, promuevan beneficios a la salud. Estos, son los llamados “alimentos funcionales” (Madrigal & Sangronis, 2007). Por lo que, el propósito de este trabajo fue desarrollar un producto con un alto valor nutricional, que sea bajo en azúcares, grasas y que contenga buena fuente de fibra y proteínas; además, de las propiedades funcionales de la avena, plátano y demás ingredientes, como una alternativa saludable.

CAPÍTULO 1: ANTECEDENTES

1.1 Frijol (*Phaseolus Vulgaris*)

1.1.1 ORIGEN

El frijol se clasifica dentro del género *Phaseolus* y la familia Leguminosae. Es una planta herbácea, de ciclo anual. Los estudios arqueológicos revelan que el género *Phaseolus* tiene su origen en el continente americano (FIRA, 2019). Se han encontrado evidencias, con antigüedad de hasta 8000 años de que los frijoles comunes se domesticaron de manera independiente por lo menos en dos áreas separadas: Mesoamérica y la América andina. Sin embargo, generalmente se acepta que el principal Centro de Origen del género *Phaseolus* fue Mesoamérica, particularmente en el occidente y sur de México (desde Jalisco hasta Oaxaca), y que hubo dos Centros de Domesticación: uno primario (Mesoamérica) y otro secundario en el Sur Andino (Hernández, Vargas, & Muruaga, 2003)

El planteamiento de México como Centro de Origen y Diversificación (COD), responde al hecho de que en México, se han identificado 47 de las 60 especies clasificadas en este género, además de encontrar prototipos de especies silvestres de los cinco grupos más cultivados, entre ellos *P. vulgaris* (Paredes et al., 2006; Debouck, 1986). (Paredes, Guevara, & Bello, 2006) (Debouck, 1986)

1.1.2 PRODUCCIÓN EN MÉXICO

El cultivo de frijol es la segunda actividad agrícola más importante en el país por el número de productores dedicados al cultivo. Los 10 principales estados productores son: Zacatecas, Sinaloa, Chihuahua, Durango, Nayarit, Chiapas, Guanajuato, San Luis Potosí, Puebla e Hidalgo.

Zacatecas produce más de la tercera parte del volumen de frijol negro. En segundo lugar, se encuentra Chiapas con el 17%, Nayarit con el 13%, Oaxaca con el 7%, Durango con el 6.8% y Veracruz con el 6%. Estas entidades concentran el 84% del total. (inforural, 2019).

El frijol se cultiva y consume prácticamente en todo el mundo. De acuerdo con información de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2020), a nivel global se destinan alrededor de 29.3 millones de hectáreas al cultivo de frijol, de las que India posee la porción mayoritaria de 31 % (9.1 millones), mientras que México posee únicamente el 5.3 % (1.5 millones). En este sentido, México ocupa el cuarto lugar de superficie destinada a este cultivo y en general, es el tercer lugar, si se considera que la cifra correspondiente a la India no solo se refiere al frijol común, sino que incluye muchas otras especies que se consumen en ese país y la parte correspondiente al género *Phaseolus* es una cantidad menor al 5 % de la cifra indicada (Singh, 1999).

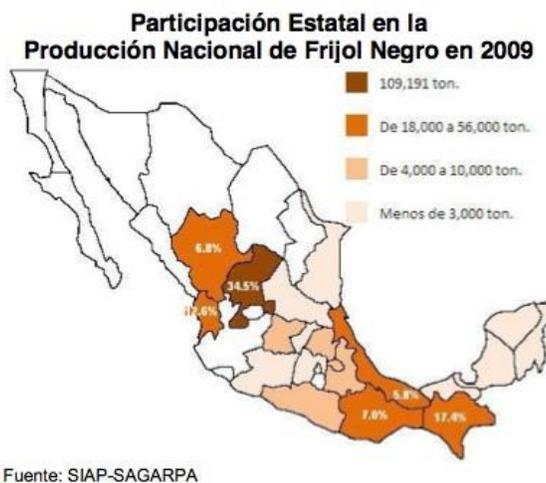


Figura 1. Producción nacional del frijol negro

1.1.3 DEFINICIÓN

El género *Phaseolus* pertenece a la subtribu Phaseolinae, que forma parte de la tribu Phaseolae, clasificada dentro de la subfamilia Papilionoideae, y familia Leguminosae. (Debouck, 1986) El fríjol pertenece al grupo de las leguminosas de gran importancia económica y alimentaria.

1.1.4 MORFOLOGÍA

Las plantas del frijol son hierbas rastreras y trepadoras que pueden llegar a medir de 50 a 70 cm de altura. Cuenta con raíces bien desarrolladas y tallos delgados y débiles. El color de sus flores tiene tonalidades rosas, lilas y violetas. Sus semillas, lo que conocemos como frijol propiamente, tiene forma de riñón: son reniformes de oblongas a ovales o redondeadas, poco comprimidas y crecen en una vaina comestible como legumbre (CONABIO, 2020)



Figura 3. Planta de frijol negro

1.1.4.1 ESTRUCTURA EXTERNA

Las estructuras más importantes de la planta de frijol son su raíz, hojas, fruto o legumbre y semillas. Una semilla usualmente consta de un eje embrionario, tejidos nutritivos y cubiertas. La forma, el tamaño, la textura, la consistencia y el color de estas partes son variables según las especies y variedades y aun entre lotes de semillas iguales (Financiera Rural, 2020)



Figura 2. Flor de frijol negro

Las partes que componen a la semilla externamente están representadas en (Figura 4)

- a) Testa o cubierta: Capa secundaria del óvulo, la cual es dura, seca y usualmente lisa. Está formada por una cutícula delgada que cubre un área de células prismáticas contiguas denominadas palizada de células
- b) Hilum: Conecta la semilla con la placenta
- c) Micrópilo: Abertura en la cubierta cerca del hilum. A través de esta abertura se realiza principalmente la absorción de agua
- d) Rafe: Proveniente de la soldadura del funículo con los tegumentos externos del óvulo (Daniel, G. Debouck, & Hidalgo, 2019)

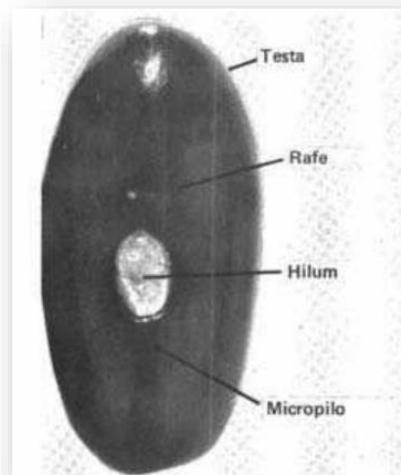


Figura 4. Estructura externa de frijol negro

1.4.1.2 ESTRUCTURA INTERNA

Por otra parte, las partes internas de la semilla de frijol se encuentran distribuidas en: embrión, dos hojas primarias, hipocótilo, dos cotiledones y la radícula. El complejo

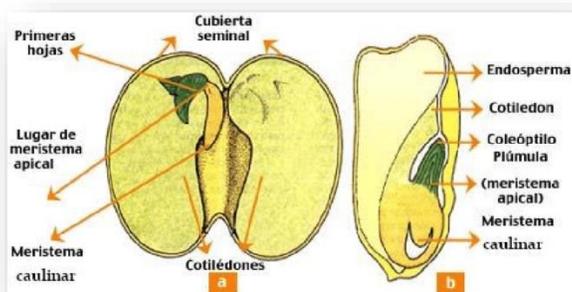


Figura 5. Estructura interna del frijol negro.

plúmula-radícula está situado entre los dos cotiledones, a un lado del grano contra la testa, de tal manera que la radícula está en contacto con el micrópilo y la plúmula está encerrada hacia el interior del grano.

En el grano seco, los cotiledones exhiben una estructura altamente organizada. Contiene células con gránulos de almidón embebidos en una matriz proteínica consistentes de cuerpos proteínicos y gránulos de aleurona.

Los cuerpos proteínicos son generalmente esféricos y relativamente menores que los gránulos de almidón y están rodeados por una membrana lipoproteica.

Con base en la materia seca, la testa representa el 9 %, los cotiledones un 90 % y el 1 % restante es el embrión de la semilla entera

La temperatura ideal para el desarrollo de este cultivo oscila entre 10 y 27 °C, esta característica permite agruparla en las denominadas especies termófilas dado que no soporta bajas temperaturas. La planta es muy susceptible a condiciones extremas como el exceso o la falta de humedad, por lo que suelen sembrarse en suelos de textura ligera, bien drenados y al final de la temporada de lluvia (Daniel, G. Debouck, & Hidalgo, 2019). El frijol se siembra y cosecha en los dos ciclos del año agrícola (cultivo cíclico), aunque los mejores meses de cosecha son febrero y noviembre (Financiera Rural, 2020).

1.1.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y APORTE NUTRICIONAL

Las propiedades nutritivas que posee el frijol están relacionadas con su alto contenido proteico y en menor medida a su aportación de carbohidratos, vitaminas y minerales.

El grano de frijol contiene 22% de proteínas de alta digestibilidad, es un alimento de alto valor energético, contiene alrededor de 70% de carbohidratos totales y además aporta cantidades importantes de minerales (Ca, Mg, Fe), Vitamina A, Tiamina, Riboflavina y ácido ascórbico. El frijol contiene metabolitos secundarios como taninos, flavonoides, ácidos fenólicos y fibra, entre otros (De Mejia, Guzman , & Acosta, 2003).

Tabla 1. Composición química del frijol negro (*Phaseolus vulgaris*)

Componente	Porcentaje (%) (López y Bressani, 2008)
Carbohidratos	54.16
Humedad	10.48
Proteína	20.83
Fibra	8.33
Lípidos	1.75
Cenizas	4.75

Carbohidratos: son los componentes mayoritarios del frijol. La mayor parte son carbohidratos complejos, almidón y fibra dietética. La fibra dietética en el frijol negro contiene sobre todo celulosa y hemicelulosa, es decir, fibra insoluble, la cual previene la constipación y baja el índice glicémico. En cuanto a los azúcares fermentables (oligosacáridos), conformados principalmente por rafinosa y estaquiosa, han demostrado recientemente que lejos de ser indeseables por los problemas de flatulencia asociados, están relacionados con la prevención de enfermedades, entre ellas el cáncer de colón. Además, el almidón resistente que posee el frijol puede tener el mismo efecto que la fibra soluble (disminución de la síntesis hepática del colesterol. (Tobar, 1992).

Lípidos: El frijol negro posee una baja cantidad de lípidos. La porción mayoritaria, corresponde a los ácidos grasos poliinsaturados (omega-3 y omega-6), seguido de los ácidos grasos saturados y los ácidos grasos monoinsaturados (omega-9). Estos lípidos encontrados en el frijol, relacionan su consumo con la salud a nivel cardiovascular y

regulación de procesos inflamatorios, entre otros (Matthews, 1990) No contiene colesterol, ni ácidos grasos trans.

Vitaminas: Contiene Vitamina K, Niacina, Tiamina, Ácido pantoténico, Colina, Vitamina B-6 y Vitamina E. La niacina es de gran importancia en la dieta debido a la influencia que tiene su consumo en la prevención de pelagra.

Minerales: En orden descendiente contiene Potasio, Fósforo, Magnesio, Calcio, Hierro, Sodio, Zinc, Selenio, Manganeseo y Cobre. El contenido de hierro es especialmente importante debido a su influencia en la prevención de anemia

Proteínas: Las proteínas presentes en el frijol común (*Phaseolus vulgaris*), se encuentran en una proporción del 17 al 25 %. Están guiadas por la presencia de globulinas, las cuales representan entre el 50 y 75 % del total de las proteínas (Muller H. & Gottschalk, 1993) es una buena fuente de aminoácidos aromáticos como lisina, leucina e isoleucina. Sin embargo, es deficiente en aminoácidos azufrados (metionina y cisteína), valina, triptófano y treonina. La digestibilidad aparente de los frijoles cocidos es de 68.8%. La valina es el aminoácido menos disponible, mientras que la lisina es el más disponible. No obstante, el tratamiento térmico excesivo puede disminuir la disponibilidad de algunos aminoácidos. Dentro de las cuales, las faseolinas y lectinas (fitohemaglutininas) ocupan un lugar primordial (Staswick, Vockler, & Vitale, 1986), siendo las primeras, las mejores proteínas para la nutrición humana por ser las más representativas de la semilla y las más abundantes, ya que conforman el 40 % de la proteína total (Ma & Bliss, 1978)

Además, se ha observado que el consumo de proteína de frijol, además de ser una buena fuente de nitrógeno, está relacionado con una reducción en la síntesis de ácidos grasos por el organismo, lo cual la relaciona con una menor deposición de grasa, (Quiñones, 2010) Sin embargo, la calidad de proteína es un tema de discusión a tomar en cuenta cuando se habla de nutrición.

En general, se ha observado que el consumo de frijol reduce la incidencia de tumores cancerígenos, lo cual se ha confirmado epidemiológicamente en poblaciones donde

el consumo de esta leguminosa es predominante, sobre todo en el caso de mujeres (Reynoso, Rios, & Acosta, 2007).

1.1.6 COMPONENTES ANTI NUTRICIONALES

Los Factores anti nutricionales (FAN) son sustancias naturales no fibrosas generadas por el metabolismo secundario de las plantas, como un mecanismo de defensa ante el ataque de mohos, bacterias, insectos y pájaros, o en algunos casos, productos del metabolismo de las plantas sometidas a condiciones de estrés, que al estar contenidos en ingredientes utilizados en la alimentación de animales, ejercen efectos contrarios a su óptima nutrición, reduciendo el consumo e impidiendo la digestión, la absorción y la utilización de nutrientes.

Su naturaleza, mecanismos de acción y potencia de sus efectos son muy variados y tienen una amplia distribución en el reino vegetal (Huisman & Tolman, 1992)

Las principales sustancias químicas que interfieren con el aprovechamiento de los nutrientes del frijol destacan los inhibidores de tripsina, los taninos, las lectinas y el ácido fítico.

Los inhibidores de tripsina (TIA) son considerados comúnmente como inhibidores proteolíticos y pueden provocar retardo en el crecimiento e hipertrofia pancreática., son proteínas que están presentes en cantidades considerables en las leguminosas, y es conocido que afectan la digestibilidad de las proteínas porque reducen la actividad de las proteasas dado que, al formar complejos con ellas, no dejan que estas actúen causando hipertrofia/hiperplasia pancreática y la secreción incrementada de enzimas pancreáticas. Además, producen nódulos acinares y depresión del crecimiento en animales monogástricos ((Sanchez & Ramirez , 1998) (Belmar & Nava, 2000)

La pérdida de los inhibidores de tripsina durante la hidratación puede ser causada por el cambio de gradiente de concentración que cambia la tasa de difusión. Generalmente los inhibidores de tripsina son proteínas de bajo peso molecular, por lo tanto, ellas pasan fácilmente de la semilla al medio de hidratación (Bishnoi & Khetarpaul , 1991). Tanto el tratamiento térmico como la cocción normal y la cocción a presión ocasionan

una reducción significativa en el contenido de TIA (Siddhuraju & Becker, 2000) ésta reducción puede ser producida por la naturaleza termolábil de estos anti nutrientes (Grewal & Jood, 2006).

La hiperplasia glandular se explica ya que al ser inhibida parte de la tripsina (elaborada por el páncreas e indispensable en la digestión de proteínas) el organismo, exige a la glándula una mayor producción, con el consiguiente agrandamiento de la misma. Respecto a los taninos, además de disminuir la digestibilidad de proteínas, limitan la biodisponibilidad de minerales como el hierro y cinc, mientras que el ácido fítico también afecta la asimilación del zinc.

Los taninos son metabolitos secundarios no nitrogenados de las plantas, solubles en agua e insolubles en alcohol y solventes orgánicos (Hagerman & Butler , 1978). En las plantas cumplen funciones de defensa contra los microorganismos, ayudando a prevenir los ataques de hongos y bacterias patógenos. Estos compuestos naturales polifenólicos forman complejos con proteínas, carbohidratos y otros polímeros del alimento. Son sustancias capaces de precipitar alcaloides, gelatinas y otras proteínas en soluciones acuosas (Jansman, 1993) Los taninos tienen efectos nutricionales adversos, pueden inhibir las enzimas digestivas y formar complejos con las membranas mucosas, lo cual resulta en el aumento de pérdidas endógenas y en daños a las mismas (Liener, 1994). Los complejos taninos-proteína son insolubles y esto disminuye la digestibilidad de las proteínas (carnovale, Lugaro, & Marconi, 1991). Algunos autores indican que el contenido de taninos en las leguminosas se puede reducir con tratamientos como hidratación, tostado y cocción en autoclave. (Siddhuraju & Becker, 2000)

Las lectinas pertenecen a un grupo variado de proteínas no inmunes; conocido como hemaglutinas, ampliamente distribuidas en la naturaleza encontrándose en plantas, animales y organismos inferiores (Hernández P. , 2020).

Las lectinas vegetales se presentan en forma de glicoproteínas, su efecto in vitro consiste en combinarse con las glicoproteínas de las membranas de los glóbulos rojos las cuales aglutinan o coagulan (de ahí el nombre de fitohemaglutinas). Su acción in vivo radica en su alta especificidad para reconocer carbohidratos. (Sharon & Lis,

1998); su principal efecto está relacionado con el hecho de que se adhieren a los carbohidratos sobre la superficie del intestino delgado (duodeno y yeyuno) y causan daños en la pared intestinal, afectando los procesos de absorción y transporte de nutrimentos a través de ella.

Desde el punto de vista nutricional, el interés del ácido fítico se debe principalmente a su capacidad de formar complejos con minerales esenciales (Cu, Zn, Fe, K, Mg y Ca) (Wyatt & Triana, 1994), lo que disminuye la absorción intestinal y la biodisponibilidad de estos minerales para el hombre y los animales monogástricos; debido a que estos no están provistos de suficiente actividad de fosfatasas endógenas (fitasas) que sean capaces de liberar los minerales de la estructura del fitato. Además, los fitatos interaccionan con residuos básicos de proteínas formando complejos, como proteína-fitato y proteínafitatomineral, por lo que se paralizan muchas reacciones enzimáticas a nivel digestivo (Mazza , 2000)

Otra familia de componentes que se consideran indeseables en el frijol son ciertos oligosacáridos como la rafinosa, estaquiosa y verbascosa, los cuales no son hidrolizados en la primera etapa de la digestión y terminan fermentados en ácidos de cadena corta y gas en el colon, lo que provoca problemas de flatulencia.

Fitoquímicos

A los componentes o ingredientes fisiológicos activos de ciertos alimentos denominados nutraceuticos o funcionales se les conoce con el término fitoquímico. A su vez, un alimento nutraceutico o funcional es aquel que, por sus componentes fisiológicos activos, proporciona beneficios más allá de la nutrición básica y puede prevenir enfermedades o promover la salud.

Algunos de los fitoquímicos actualmente reconocidos en el frijol son: fibra, polifenoles, ácido fítico, taninos, inhibidores de tripsina y lectinas.

El papel que juega la fibra del frijol como fitoquímico es por su efecto hipocolesterolemico, es decir, porque disminuye hasta un 10% el colesterol en la sangre. También el almidón resistente del frijol puede ejercer el mismo efecto que la fibra. Por otra parte, la fermentación en el colon de la fibra soluble y el almidón

resistente que generan ácidos grasos de cadena corta provoca la disminución de la síntesis hepática del colesterol.

Los inhibidores de tripsina confieren protección contra rotavirus, inhiben la carcinogénesis y pueden ser utilizados como agentes Quimi protectores, es decir, para proteger al organismo contra efectos secundarios de tratamientos de ciertas enfermedades.

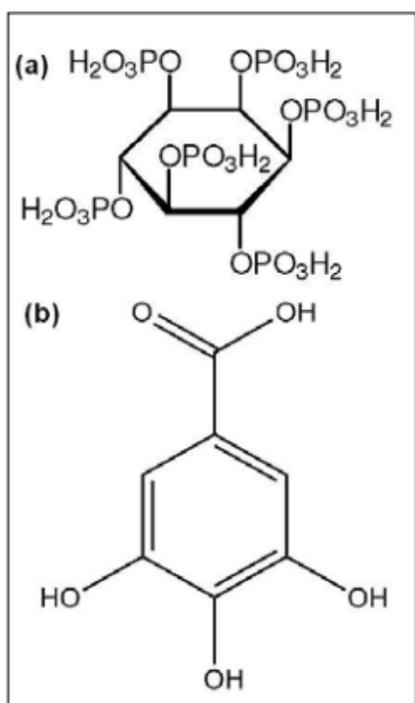


Figura 6. (a) ácido fólico, (b) taninos (ácido gálico).

Por otro lado, las lectinas del frijol disminuyen el crecimiento de linfomas no-Hodgking (cáncer del tejido linfoide, que abarca los ganglios linfáticos, el bazo y otros órganos del sistema inmunitario) y pueden utilizarse como marcadores de tumores al identificar células que se encuentran en las primeras etapas de diferenciación a células cancerosas.

Respecto al ácido fólico se ha demostrado que reduce el riesgo de contraer cáncer, principalmente del colon y de seno, probablemente por su poder antioxidante. Por su parte los taninos, sustancias muy astringentes y de sabor amargo, que perteneces a la familia de los polifenoles, funcionan como antioxidantes, anticancerígenos y anti mutágenos efectivos

1.2 Avena (*Avena sativa*)

1.2.1 ORIGEN

Las avenas cultivadas tienen su origen en Asia Central, la historia de su cultivo es más bien desconocida, aunque parece confirmarse que este cereal no llegó a tener importancia en épocas tan tempranas como el trigo o la cebada, ya que antes de ser cultivada la avena fue denominada mala hierba (infoAgro, 2020). Los restos más

antiguos encontrados de cultivos de avena se localizan en Europa Central, y están datadas de la Edad del Bronce (AVENA, 2002).

Los cambios climáticos que ocurrieron 100 años a.C. supusieron unas condiciones muy desfavorables en el norte y oeste de Europa



Figura 7. Planta de avena.

(Dendy & Bogman, 2006). Esta situación favoreció al cultivo de avena, que pudo tolerar estos cambios mejor que la cebada y el trigo. Sin embargo, su uso en la alimentación parece ser posterior al del trigo y cebada (Desrosier, 1997).

1.2.2 PRODUCCIÓN EN MÉXICO

La avena grano es el cuarto cereal más producido en México con una participación de 1.81 Ton/ha. Los estados de mayor producción son Chihuahua, México, Zacatecas, Hidalgo, Durango y Puebla. Chihuahua participa normalmente con alrededor del 80% de la producción nacional (Olvera & Sanchez, 1991).

1.2.3 DEFINICIÓN

Hojuela de Avena de Grano Entero: producto obtenido a partir de la laminación del grano de avena entero, limpio y sano, sometido previamente a un tratamiento térmico que asegure la inactivación de sus enzimas. En la elaboración de este producto no se han utilizado aditivos ni conservadores químicos (Austral, 2020).

La avena pertenece a la familia de las gramíneas; una de las familias más importantes para la alimentación humana y cuyos frutos son granos secos y ricos en almidón, un hidrato de carbono complejo fuente de energía para nuestro cuerpo.

1.2.4 MORFOLOGÍA

La avena (*Avena sativa* L.) es una planta herbácea, anual, de 0.5 a 1.5 m de altura, tiene de 3 a 5 tallos, de aspecto quebradizo, hojas muy angostas y verdes, sin aurículas, lígula membranosa, ovalada, dentada, lámina plana de 20 a 25 cm de largo y de 1.5 a 2 cm de ancho; inflorescencia en panícula compuesta, muy abierta, siendo ésta una característica que la distingue de los demás cereales comunes, unilateral, erecta o colgante; ramificada, con espiguillas grandes de 1 a 5 flores; fruto, una vaina

diminuta; la semilla es un grano amarillento o blanco, encerrado entre dos brácteas, lema y palea. angostas y verdes, sin aurículas, lígula membranosa, ovalada, dentada, lámina plana de 20 a 25 cm de largo y de 1.5 a 2 cm de ancho; inflorescencia en panícula compuesta, muy abierta, siendo ésta una característica que la distingue de los demás cereales comunes, unilateral, erecta o colgante; ramificada, con espiguillas grandes de 1 a 5 flores; fruto, una vaina diminuta; la semilla es un grano amarillento o blanco, encerrado entre dos brácteas, lema y palea. (Leggett & Thomas, 1995).

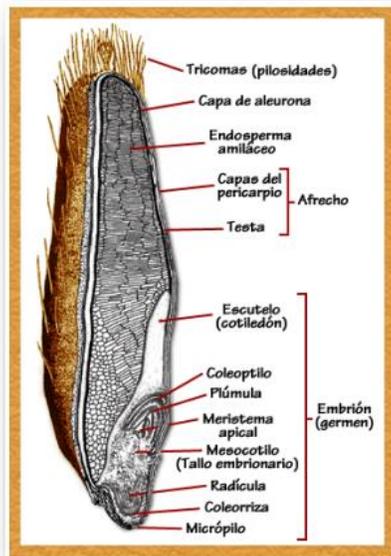


Figura 8. Cariósido de avena y sus estructuras.

Las principales partes de la avena son: semilla, pericarpio, germen y endospermo. La semilla está contenida en un fruto llamado cariósido, el cual exteriormente presenta una estructura denominada pericarpio. La semilla está conformada internamente por el endospermo y el embrión, la cubierta de la semilla se denomina testa y zona pigmentada (Bonnet, 1961)

Pericarpio es la envoltura del fruto posee dos partes una externa donde se encuentra la epidermis o epicarpio, el hipodermo, el resto de las células y paredes delgadas y la otra parte interna donde se encuentran las células intermedias, las cruzadas y las tubulares.

Germen, está totalmente cubierto con pelos unicelulares, de pared lisa y es de terminación aguda.

Endospermo del grano, muestra células ricas en amiloplastos compuestos formados por numerosas subunidades poligonales (gránulos de almidón), el cual, a su vez, está constituido por la coleorriza, la radícula, la plúmula u hojas embrionarias, el coleoptilo y el escutelo o cotiledón.

1.2.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y APORTE NUTRICIONAL

El valor nutricional del grano de avena es superior al de otros cereales, es una fuente rica de aminoácidos, contiene 18 aminoácidos siendo los de mayor contenido el ácido Glutámico, Arginina, Lisina, Treonina, Valina, Alanina, ácido Aspártico y Prolina. (Hughes, 1960)

Los granos de avena constan de dos fracciones distintas, la cascarilla o envuelta y la semilla que se separa durante la operación de molturación. Estas dos fracciones son muy diferentes en su composición química. La cascarilla de la avena está compuesta principalmente de sustancias constitutivas de la pared celular: lignina (2-20%), celulosas y hemicelulosas (30-37%); mientras que la semilla dentro de los carbohidratos contiene únicamente almidón (Tabla X) (Cudderford, 1995)

El valor nutritivo de la avena es reconocido como muy bueno, debido a su alto contenido de proteína, fibra y a la presencia de ciertas vitaminas y minerales. Entre las fuentes alimenticias que se consideran excelentes proveedoras de proteínas, se encuentra la avena, que es considerada como el cereal con mayor contenido proteínico y de aminoácidos esenciales (Aserca, 1994).

Tabla 2. Composición química de avena

Componente	Porcentaje (%)
Carbohidratos	52.6
Humedad	13.5
Proteína	13
Fibra	10.3
Lípidos	7.5
Cenizas	3.1

El grano de avena está compuesto principalmente de los carbohidratos de almidón y es el cereal con el mayor contenido proteico y de aminoácidos esenciales, además de que cuenta con la presencia de fibra soluble e insoluble, dentro de los cuales se encuentran los β -glucanos. La primera fortalece la actividad intestinal, ayudando a mantener el sistema digestivo saludable. La segunda, según recientes estudios nutricionales, ayuda a reducir el nivel de colesterol. No hay otro cereal que contenga mayor cantidad de fibra soluble que la avena.

El mayor componente de la fibra soluble, el betaglucano, forma geles viscosos en el tracto gastrointestinal, retrasando el vaciamiento gástrico e interfiriendo con la actividad de diferentes enzimas pancreáticas, lo que ralentiza los procesos de digestión y absorción de nutrientes. Esta viscosidad se relaciona con la reducción de la glucosa plasmática postprandial y la mejora de la respuesta insulínica, así como la disminución del colesterol sanguíneo, entre otros efectos. Así también Se han realizado estudios en humanos, en varios países, para evaluar los efectos que tiene el cereal frente a los lípidos, en donde se muestra una evidencia demostrando que ayuda a disminuir, en un 10– 20%, el colesterol total. Existe evidencia que el efecto de la avena es mayor en pacientes hipercolesterolemicos que en pacientes normocolesterolemicos, mejorando el perfil lipídico (Alarcon & Buitrago, 2013).

El 80% del total de las grasas son insaturadas y abunda el ácido graso esencial linoleico (omega-6). Otros componentes grasos son el avenasterol, un fitoesterol que se sabe contribuye a reducir los niveles de colesterol en sangre al disminuir su absorción a nivel del intestino y la lecitina, necesaria para el buen funcionamiento del sistema nervioso y que también contribuye a reducir las tasas de colesterol en sangre.

Vitaminas: La avena es particularmente rica en vitamina E y en el grupo B de vitaminas especialmente B1, la cual es a menudo llamada la vitamina de los nervios, indispensable para el cerebro y el sistema nervioso que controla el aprendizaje y la concentración.

Minerales: La avena contiene más calcio, hierro, fósforo, magnesio, manganeso, cobre y zinc que cualquier otro grano de cereal. El calcio es esencial en la construcción de huesos y dientes fuertes y el hierro es un importante mineral para la

sangre. Además, todos los minerales mencionados juegan importantes roles en el proceso metabólico

1.3 Plátano (*Musa balbisiana*)

1.3.1 ORIGEN

Las más antiguas referencias relativas al cultivo de plátano proceden de la India, donde aparecen citas en la poesía épica del budismo primitivo de los años 500-600 AC. Otra referencia encontrada en los escritos del budismo Jataka, hacia el año 350 AC sugiere la existencia, hace 2.000 años, de un clon mutante muy parecido al Curraré, pues, habla de una fruta tan grande como "colmillo de elefante". (Ramirez, 2014).

En el Mediterráneo de los tiempos clásicos, el plátano sólo se conocía de oídas; fue descrito por Magóstenos, Teofrasto y Plinio. Todos los autores parecen convenir que la planta llegó al Mediterráneo después de la conquista de los árabes en el año 650 D.C.

1.3.2 PRODUCCIÓN EN MÉXICO

En México es una de las frutas más apreciadas por la población por su permanente disponibilidad, bajo precio y alto valor nutricional como fuente de energía y minerales, siendo su cultivo una de las ramas más importantes dentro de la fruticultura.

México por su parte, en 2009 ocupó el 9º lugar con 75.8 mil hectáreas, y una producción de 2.2 millones de toneladas, con una participación en la producción mundial de 2%. El rendimiento por hectárea en México fue de 41.2 ton/ha en la modalidad de riego y 22.7 ton/ha en temporal obteniendo un promedio de 29.4 toneladas por hectárea.

En promedio en los últimos años los estados de Chiapas (41%), Veracruz (19%) Oaxaca (13%) y Tabasco (12%) son los principales recolectores de plátano macho, registran 85 por ciento del volumen generado en el país. (SAGARPA, 2019).

1.3.3 DEFINICIÓN

El plátano es una planta herbácea del género Musa, tarda entre 80 y 180 días en desarrollarse en su totalidad. El banano no es un árbol sino una hierba alta que llega a tener una altura de hasta 8 metros.

La Musa balbisiana es mucho más grande en tamaño que uno común, y su color es verde hasta que llega a un estado óptimo de maduración.

Los plátanos comestibles a su vez se dividen en dos grupos: bananos y plátanos, los bananos usualmente se consumen crudos (maduros), mientras que los plátanos son apetitosos solamente cuando se cocinan. (Champion, 1975).

1.3.4 MORFOLOGÍA

Su planta es perenne, de gran tamaño, carece de verdadero tronco. En su lugar, posee vainas foliares que se desarrollan formando estructuras llamadas pseudotallos, similares a fustes verticales de 30 cm de diámetro basal, aunque no son leñosos. Alcanzan los 7 m de altura, de color verde o amarillo verdoso intenso, la parte distal de las vainas presenta marcas negras, mientras que la basal se orla de rojo

Rizoma o bulbo: tallo subterráneo con numerosos puntos de crecimiento que dan origen a pseudotallos, raíces y yemas vegetativas.

Sistema radicular: posee raíces superficiales que se distribuyen en una capa de 30-40 cm, concentrándose la mayor parte de ellas en los 15-20 cm. Las raíces son de color blanco, tiernas cuando emergen y amarillentas y duras posteriormente. Su diámetro oscila entre 5 y 8 mm y su longitud puede alcanzar los 2,5-3 m en crecimiento lateral y hasta 1,5 m en profundidad.

Tallo: el verdadero tallo es un rizoma grande, almidonoso, subterráneo, que está coronado con yemas, las cuales se desarrollan una vez que la planta ha florecido y fructificado.

Hojas: se originan en el punto central de crecimiento o meristemo terminal, situado en la parte superior del rizoma. Al principio, se observa la formación del pecíolo y la

nervadura central terminada en filamento, lo que será la vaina posteriormente. La parte de la nervadura se alarga y el borde izquierdo comienza a cubrir el derecho, creciendo en altura y formando los semilimbos. **Flores:** flores amarillentas, irregulares y con seis estambres, de los cuales uno es estéril, reducido a estaminodio petaloideo. El gineceo tiene tres pistilos, con ovario ínfero. El conjunto de la inflorescencia constituye el “régimen” de la platanera. Cada grupo de flores reunidas en cada bráctea forma una reunión de frutos llamada “mano”, que contiene de 3 a 20 frutos. Un régimen no puede llevar más de 4 manos, excepto en las variedades muy fructíferas, que pueden contar con 12-14.

Fruto: baya oblonga. Durante el desarrollo del fruto éstos se doblan geotrópicamente, según el peso de este, determinando esta reacción la forma del racimo. Los plátanos son polimórficos, pudiendo contener de 5-20 manos, cada una con 2-20 frutos, siendo su color amarillo verdoso. Los plátanos comestibles son de partenocarpia vegetativa, o sea, desarrollan una masa de pulpa comestible sin ser necesaria la polinización. Los óvulos se atrofian pronto, pero pueden reconocerse en la pulpa comestible. La partenocarpia y la esterilidad son mecanismos diferentes, debido a cambios genéticos, que cuando menos son parcialmente independientes.



Figura 9. Musa balbisiana.

1.3.5 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y APORTE NUTRICIONAL

El plátano se clasifica como un alimento energético alto en humedad compuesto principalmente por agua, carbohidratos y una poca cantidad de proteínas, minerales y grasas. (Pérez, 2001)

La Musa balbisiana aporta principalmente hidratos de carbono complejos, almidones, pero a diferencia de otros alimentos ricos en almidones como la papa, la mayoría de los almidones de la Musa balbisiana son retrógrados, es decir, que actúan como fibra porque no son asimilables para el organismo. (Propiedades del platano macho o verde, 2020). Los carbohidratos de la Musa balbisiana son, por tanto, en su mayoría complejos, que se absorben gradualmente en el organismo o en forma de fibra. También presenta un contenido menor en azúcares, y prácticamente no contiene grasa ni proteínas.

Durante la maduración del fruto, el almidón es hidrolizado hasta convertirse en azúcares solubles, por lo cual la concentración de azúcares y almidón varía de acuerdo al estado de madurez del fruto; en plátanos verdes, el almidón comprende cerca del 80% del peso seco de la pulpa y los azúcares solo el 1.3% de la materia seca total; sin embargo, durante la maduración el almidón disminuye hasta el 1-2% y los azúcares llegan hasta el 17%. Estos azúcares se encuentran en una porción aproximada de 20% de glucosa, 15% de fructosa y 65% de sacarosa (Simmonds, 1962).

La Musa balbisiana es sobre todo una excelente fuente de fibra, porque sus almidones resistentes actúan parcialmente como fibra soluble, y una pequeña parte como fibra insoluble, por lo tanto, aporta los beneficios de ambas.

En la (Tabla 3) se muestra la composición nutricional de la Musa balbisiana

Tabla 3 Composición proximal del plátano entero

Composición química			
Componente	Plátano maduro	Plátano verde	Harina de plátano verde (%)
Humedad	80.38	79.1	12
Proteínas	1.09	1.17	4
Lípidos	0.17	0.43	3
Carbohidratos	16.26	17.91	74
Fibra	1.02	0.29	3
Ceniza	1.08	1.06	4

Fuente: J. H. Maner (1974)

Desde el punto de vista nutricional, plátano deshidratado ofrece buena perspectiva para su uso. Su aporte calorífico es similar al maíz, (300 kcal/100 gramos), y su bajo contenido de fibra cruda lo hace apto para la alimentación humana. La baja cantidad de proteína puede ser aumentada mediante suplementación con leguminosas u oleaginosas. (Roldán, 2005).

1.4 Jarabe de agave

1.4.1 ORIGEN

Los agaves representan un grupo de plantas suculentas originadas en América tropical y subtropical, incluyendo los países del Caribe. Su distribución abarca del sur de los Estados Unidos hasta Colombia y Venezuela; en México se encuentra la mayor diversidad con 205 especies, de las cuales, 151 son endémicas. Los estados más ricos en número de especies son Oaxaca, Chihuahua, Sonora, Coahuila, Durango y Jalisco. (Sánchez Quezada V. , Concha Herrera, Prieto Contretas, & Téllez, 2016)

Hernández (2008), señala que los aztecas empleaban la mayor parte del aguamiel que producían para fabricar el jarabe de agave ya que era utilizado como remedio energético y de curación para varias enfermedades, pero ante la llegada de los

españoles, la miel de agave fue sustituida por el azúcar de caña y en la época colonial la explotación del maguey se redujo a la producción de pulque.

1.4.2 DEFINICIÓN

El jarabe de agave azul (Agave tequilana Weber var. azul) es la sustancia dulce natural producida por hidrólisis de los frúctanos almacenados en la planta de maguey. Es una melaza transparente color ámbar, de sabor dulce, tiene un poder endulzante 25% mayor que el azúcar comercial y es utilizado, actualmente, como un edulcorante natural en alimentos y bebidas por su capacidad prebiótica e índice glucémico bajo respecto a otros jarabes y mieles naturales. (Mellado Mojica & López Pérez, 2013)

1.4.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y APORTE NUTRICIONAL

Estas plantas se caracterizan por almacenar una cantidad considerable de fructooligosacáridos (FOS) en su tallo. Los FOS son polisacáridos formados de 10-20 unidades de fructosa y se consideran como prebióticos, ya que, por su estructura y tipo de enlace, no son digeridos por las enzimas del tracto digestivo y pasan al colon, donde son rápida y totalmente fermentados por la microflora benéfica intestinal (Bifidobacterias y Lactobacilos). Debido a sus propiedades funcionales, los FOS también pueden tener grandes usos en la industria de alimentos ya sea como sustituto de grasas, azúcares, retenedor de humedad y modificador de textura.

Además, contiene Vitamina A, B, B2, C, Hierro, Niacina, fósforo y proteínas, tiene la función de inhibir el crecimiento de bacterias patógenas (E. Coli, Listeria, Shigella, Salmonella). Disminuye los niveles de colesterol y triglicéridos, mejorando la metabolización de toxinas en el cuerpo. El niacina que contiene, permite que limpie, drene y desintoxique, venas y arterias. Aumenta la absorción del calcio y del magnesio, siendo un auxiliar en la prevención de osteoporosis. Facilita la motilidad intestinal, y se recomienda a las personas con estreñimiento.

1.5 Inulina de agave

1.5.1 ORIGEN

Las inulinas fueron descritas por primera vez en 1804 por una científica alemana quien las encontró en una infusión de la planta *Inula helenium*, a dicha sustancia en 1818 Thompson la llamó inulina.

Son producidas por plantas monocotiledoneas de las familias Liliaceae, Agavaceae, Amaryllidaceae e Iridaceae, y plantas dicotiledoneas de las familias Compositae, Boraginaceae, Malpighiaceae, Primulaceae, Stylidiaceae y Violaceae. Alcanzan grados de polimerización hasta de 200 unidades, aunque generalmente su tamaño oscila entre 30 y 60 unidades de fructosa

1.5.2 DEFINICIÓN

Según (EDULAG, 2019) “La Inulina de Agave Tequilana Weber Variedad Azul, es una fibra soluble y prebiótico natural ideal para ser utilizado como ingrediente en productos alimenticios enriquecidos de fibra”.

La presencia de ciertas cantidades de inulina o sus derivados en la formulación de un producto alimenticio es condición suficiente para que dicho producto pueda ser considerado como "alimento prebiótico" ya que por su configuración química no puede ser hidrolizada por las enzimas digestivas del hombre, por lo que permanece intacta hasta llegar a la parte inferior del tracto gastrointestinal, donde es fermentada por las bacterias benéficas. De esta manera, la inulina se comporta como fibra dietética, aportando un valor calórico reducido (máximo de 1,5 kcal/g) (Olagnero, Abad, & Bendersky, 2007).

1.5.3 COMPOSICIÓN QUÍMICA Y APORTE NUTRICIONAL

La inulina está constituida por moléculas de fructosa unidas por enlaces glucosídicos β -(2-1) fructosil-fructosa que terminan con una unidad de glucosa vinculada por un enlace α - (1-2) conocido como residuo β -D-glucopiranosil. Por otro lado, el monómero terminal de la cadena puede corresponder a un residuo de D-fructopiranosil. La inulina presenta una estructura polimérica y dispersa, de forma

lineal, conformada por una combinación de oligo y/o polisacáridos lineales. La inulina de alto rendimiento es obtenida removiendo monómeros de pequeño peso molecular. Por otra parte, a través de una hidrólisis parcial de la inulina se obtiene oligofructosa (fructooligosacáridos), con mejor solubilidad en agua que la propia inulina y con funcionalidades semejantes al azúcar o jarabe de glucosa (Lara, 2017)

En formulaciones de alimentos mejora las propiedades organolépticas, además de ser un buen sustituto de grasas sin modificar las texturas debido a que los frúctanos hidratados en concentraciones de 40-45 %, adoptan una textura y una palatabilidad muy similar a la de ella. La tasa de reemplazo equivale a 0,25 g de inulina por 1 g de grasa, reduciéndose el contenido energético de 37,6 kJ/g de las grasas a 2,09 kJ/g de la inulina hidratada. Se aplica para alimentos con alto contenido de humedad como helados derivados lácteos y postres congelados, e incluso embutidos. (Lara Fiallos, Lara Gordillo, Julián Ricardo, Pérez Martínez, & Benítez Cortéz, 2017)

1.6 Alimentos funcionales

1.6.1 ORIGEN

El concepto de Alimentos Funcionales nació en Japón. En los años 80s, las autoridades sanitarias japonesas se dieron cuenta que, para controlar los crecientes gastos en salud pública, generados por la mayor expectativa de vida de la población mayor, era necesario proporcionar también una mejor calidad de vida a esta población. Se introdujo así un nuevo concepto de alimentos, los que se desarrollaron específicamente para mejorar la salud y para reducir el riesgo de contraer enfermedades en este segmento de la población (Valenzuela B., Valenzuela, Sanhueza, & Morales I., 2014).

1.6.2 DEFINICIÓN

Se consideran alimentos funcionales aquellos que independientemente de aportar nutrientes, han demostrado científicamente que afectan beneficiosamente a una o varias funciones del organismo, de manera que proporcionan un mejor estado de salud

y bienestar. Estos alimentos, además, ejercen un papel preventivo ya que reducen los factores de riesgo que provocan la aparición de enfermedades (Aranceta & Serra, 2019).

Incluyen macronutrientes con efectos fisiológicos concretos (fibra, omega-3, calcio, etc.); micronutrientes esenciales, en ocasiones con ingestas funcionales superiores a las ingestas recomendadas. Pueden ser nutrientes o no nutrientes, esenciales o no esenciales, naturales o modificados, pero siempre debe seguir siendo un alimento con formato convencional en el contexto de una dieta equilibrada. Es muy importante el concepto de que el efecto beneficioso debe conseguirse con las cantidades que habitualmente se consume (Rodríguez Vicente, 2019).

1.7 Brownie

1.7.1 ORIGEN

De origen estadounidense, apareció alrededor del año 1897 fruto de un accidente culinario, error de un cocinero que olvidó poner levadura al bizcocho de chocolate que estaba elaborando, el nombre "brownie" deriva de su color marrón oscuro.

1.7.2 DEFINICIÓN

El brownie es un panecillo de chocolate con nueces y sin levadura, Los ingredientes básicos tradicionales del brownie son harina de trigo, huevo, chocolate amargo, azúcar, mantequilla, sal, cacao en polvo y nueces. Físicamente su consistencia es dura por fuera y blanda, esponjosa, compacta por dentro (Crocker, 2011).

1.8 Mercadotecnia

1.8.1 DEFINICIÓN

Proceso social y administrativo por el que individuos y grupos obtienen lo que necesitan y desean a través de la creación y el intercambio de productos y de valor con otros (Kotler & Armstrong, 2007).

Es un sistema total de actividades de negocios ideado para planear productos satisfactores de necesidades, asignarles precios, promoverlos y distribuirlos a los

mercados meta, a fin de lograr los objetivos de la organización. Esta definición tiene dos implicaciones significativas:

- Enfoque. El sistema entero de actividades de negocios debe orientarse al cliente. Los deseos de los clientes deben reconocerse y satisfacerse.
- Duración. El marketing debe empezar con una idea del producto satisfactor y no debe terminar sino hasta que las necesidades de los clientes estén completamente satisfechas, lo cual puede ser algún tiempo después de que se haga el intercambio (Stanton, Walker, & Etzel, 2007).

1.8.2 DEFINICIÓN DEL MERCADO

Conjunto de todos los compradores reales y potenciales de un producto o servicio. Estos compradores comparten una necesidad o deseo determinados que se pueden satisfacer mediante relaciones de intercambio (Kotler & Armstrong, 2007).

Para propósitos de marketing, definimos mercado como las personas u organizaciones con necesidades que satisfacer, dinero para gastar y deseo de gastarlo (Stanton, Walker, & Etzel, 2007).

Para efectos de la mercadotecnia, un mercado, son los consumidores reales y potenciales de un producto o servicio. Esta definición se complementa con los siguientes tres elementos:

- La presencia de uno o varios individuos con necesidades y deseos por satisfacer.
- La presencia de un producto que pueda satisfacer esas necesidades.
- Las presencias de personas que ponen los productos a disposición de los individuos con necesidades, a cambio de una remuneración (Fisher & Espejo, 2003). Mercado es personas u organizaciones con necesidades o deseos con la capacidad y disposición de comprar. Un grupo de personas u organizaciones que carezca de alguna de estas características no es un mercado (Charles & Joshep, 2006). Grupo de compradores reales y potenciales (individuos u organizaciones) con necesidades que satisfacer a través de un intercambio comercial.

1.8.3 TIPOS DE MERCADO

Mercado Actual, Autónomo, de capital, de la competencia, de demanda, de dinero, de la empresa, exterior, gubernamental, imperfecto, industrial, interior, interurbano, de la juventud, libre, libre de competencia, normal, objetivo, de oferta, perfecto, potencial, potencial real total, potencial real teórico total, de productores, real, regulado, rural, test, transparente, urbano y relativo. (Mercado, 2004)Tipos de mercado desde el punto de vista geográfico Las empresas tienen identificado geográficamente su mercado. En la práctica, los mercados se dividen así:

- Mercado Internacional. Es aquel que comercializa bienes y servicios en el extranjero.
- Mercado Nacional. Efectúa intercambio de bienes y servicios en todo el territorio nacional.
- Mercado Regional. Cubre zonas geográficas determinadas libremente, que no coinciden de manera necesaria con los límites políticos.
- Mercado de intercambio comercial al mayoreo. Es aquel que se desarrolla en áreas donde las empresas trabajan al mayoreo dentro de una ciudad.
- Mercado metropolitano. Cubre un área dentro y alrededor de una ciudad relativamente grande.
- Mercado local. Puede desarrollarse en una tienda establecida o en modernos centros comerciales dentro de un área metropolitana.

1.9 Análisis Sensorial

1.9.1 DEFINICIÓN

Se define al análisis sensorial como el análisis de alimentos u otros materiales por medio de los sentidos (Andaluzia Morales , 1994). Así mismo el Instituto de Tecnólogos de alimentos de EE.UU. (IFT) lo define como una disciplina científica utilizada para evocar, medir, analizar e interpretar las reacciones a aquellas características de alimentos y otras sustancias, que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído. Lo dicho anteriormente nos lleva al mismo punto, se trata de un análisis de las propiedades por medio de los sentidos.

Actualmente se considera una herramienta importante para la industria de alimentos, ya que es de vital importancia para los profesionales encargados de la estandarización de los procesos y los productos obtenidos a través de ellos, así como para los encargados de la producción y promoción de dichos productos, ya que se debe conocer la metodología apropiada, que les permita evaluar los alimentos haciéndolos competitivos en el mercado.

La evaluación sensorial no solamente se tiene en cuenta para el mejoramiento y optimización de los productos alimenticios existentes, sino también para realizar investigaciones en la elaboración e innovación de nuevos productos, así como en su calidad, donde los consumidores juegan un papel muy importante, ya que permiten obtener información acerca de sus gustos, opiniones, necesidades y la aceptación de los productos.

1.9.2 TIPOS DE JUECES

Se entiende por juez a aquella persona que realiza la evaluación sensorial. Se eligen según su habilidad, entrenamiento, disponibilidad e interés o motivación, existen diferentes tipos (Hernandez, 2005).

Jueces Expertos: Cuentan con una amplia experiencia, entrenamiento y sensibilidad. Conocen bien el producto concreto para el cual están especializados, así como la metodología de las pruebas. Suelen participar en procesos de control de calidad y proceso, ya sea en solitario o en grupos pequeños.

Jueces Entrenados: Son miembros de equipos o grupos de evaluación integrados por entre 7 y 15 miembros. Se trata de personas con habilidades para la detección de pocos atributos y generalmente reciben conocimientos y entrenamiento del producto a evaluar.

Jueces Semientrenados o de laboratorio: Son personas que han sido formadas y entrenadas forma similar a un juez entrenado y por ende tienen cierta habilidad, participan en pruebas discriminativas sencillas.

Jueces Consumidores: Son personas sin formación en análisis sensorial ni entrenamiento alguno, por lo que son elegidos al azar entre los consumidores

habituales de un producto, habitualmente las pruebas con este tipo de juez se realizan en centros comerciales o en la calle.

1.9.3 PRINCIPALES PRUEBAS APLICADAS EN LA EVALUACIÓN SENSORIAL

De acuerdo al SCIC (Consejo Superior de Investigaciones Científicas) de la Universidad Autónoma de Madrid (2011) este tipo de pruebas se caracterizan por ser procedimientos confiables, repetibles y reproducibles y requieren de ciertas condiciones para que puedan ser llevadas a cabo adecuadamente y minimizar las fuentes de error. Entre las principales condiciones se encuentran las siguientes:

- Todas las muestras a evaluar deben de tener el mismo aspecto enmascarando aquellos atributos que puedan interferir con el que se va a evaluar o que puedan dar pistas erróneas
- Debe evaluarse un atributo a la vez, ya que al evaluarse varios a la vez se puede distorsionar la apreciación de una propiedad en concreto.
- Los jueces no deben tener contacto entre si al momento de realizar la evaluación para evitar la sugestión
- Las muestras deben presentarse al azar a los jueces y estas no deben ser demasiadas (máximo 5 o 6) por sesión de evaluación a fin de no provocar fatiga en los jueces.
- Además, las pruebas deben realizarse en instalaciones especialmente acondicionadas, en ambiente limpio, a temperatura confortable y en horarios adecuados.

Los tres tipos principales de pruebas son: las pruebas afectivas, las discriminativas y las descriptivas.

Tabla 4 Tabla comparativa entre diferentes tipos de pruebas.

Afectivas	Discriminativas	Descriptivas
<p>Son aquellas que buscan establecer el grado de aceptación de un producto a partir de la reacción del juez evaluador, son subjetivas y suelen ser realizadas por jueces consumidores (al menos 30).</p> <p>Tipos de pruebas afectivas:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Prueba de preferencia. ➤ Prueba de grado de satisfacción. <ul style="list-style-type: none"> - Escalas hedónicas verbales. - Escalas hedónicas gráficas. ➤ Prueba de aceptación. 	<p>Este tipo de pruebas sirven para conocer si existe o no diferencia entre dos o más muestras y la magnitud de esa diferencia.</p> <p>Tipos de pruebas discriminativas;</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Prueba de comparación, apareada simple ➤ Prueba triangular. ➤ Prueba dúo- trio. 	<p>En ellas se trata de definir las propiedades de un alimento y de medir su magnitud o intensidad lo más objetivamente posible, para ello se requiere de jueces expertos ya que son de difícil interpretación.</p> <p>Tipos de pruebas descriptivas</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Calificación con escalas no estructuradas. ➤ Calificación por medio de escalas de intervalo. ➤ Calificación por medio de escalas estándar. ➤ Calificación proporcional o estimación de magnitud. ➤ Medición de atributos sensoriales en relación con el tiempo. ➤ Determinación de perfiles sensoriales o prueba de perfil.

En este proyecto se utilizaron los siguientes tipos de pruebas afectivas:

- Prueba de preferencia: En ellas se presentan dos muestras al juez y se le pregunta cuál prefiere, debe incluirse un apartado de observaciones para que, si así lo desea, el juez explique en que basa su elección
- Prueba de grado de satisfacción: En ellas se utilizan escalas hedónicas, para la medición de sensaciones agradables y desagradables, que pueden ser de tipo verbal o gráfico.
 - Escalas hedónicas verbales: El juez debe describir la sensación que le produce la muestra entre las posibilidades que se le presentan en la escala. La escala más simple comprende tres puntos: me gusta, no me gusta ni me disgusta y no me gusta

1.10 Envase y etiquetado

1.10.1 DEFINICIÓN DE ENVASE

Con base en lo establecido en la NOM-052-SCFI/SSA1-2010 (2015) se entiende por envase a cualquier recipiente o envoltura en la cual está contenido un producto preenvasado para su venta al consumidor. Así, como también puede contener a cualquier recipiente o envoltura donde se encuentren contenidas dos o más unidades de producto preenvasado iguales o diferentes, mismas que puedan estar o no provistas de un embalaje para efectos de protección durante el transporte y almacenamiento.

Dado que la principal función de un envase es proteger al producto, un buen envase debe de poseer las siguientes características:

- Posibilidad de contener el producto
- Permitir su identificación
- Capacidad de proteger el producto
- Que sea adecuado a las necesidades del consumidor en términos de tamaño, ergonomía, calidad, etc.
- Que se ajuste a las unidades de carga y de distribución del producto
- Que sea adaptable a las líneas de fabricación y envasado del producto
- Que cumpla con la normatividad vigente
- Que su precio sea el adecuado a la oferta comercial que se desea realizar del producto

- Que sea resistente a las manipulaciones, transporte y distribución comercial.

1.10.2 TIPOS DE ENVASE

Los principales tipos de materiales empleados para el envase y embalaje de alimentos son:

Aluminio: Su extenso uso en la industria de alimentos se debe principalmente a dos características, la primera es su alta visibilidad ya que es fácil trabajar sobre su superficie lo que resulta en acabados sumamente atractivos, además de prolongar la vida de anaquel de los productos debido a que es totalmente impermeable evitando la oxidación y el contacto con otros gases perjudiciales, evita el shock térmico, así como su resistencia a la luz visible y ultravioleta (Higa & Monzón, 2009).

Hojalata: Este material consiste en una delgada capa de acero de bajo contenido en carbono recubierta por estaño, es ampliamente usada debido a sus múltiples ventajas como una alta barrera a gases vapores, luz y microbios, una alta conductividad que facilita el proceso de esterilización, su fácil transporte y manipulación, así como su alta biodegradabilidad. Suele usarse en productos como cremas, sopas, legumbres, jugos y carnes enlatadas (Higa & Monzón, 2009)

Papel: Los envases elaborados a partir de este material comprenden tres tipos de envase: las bolsas, las envolturas y los sacos. Debido a su fragilidad no suele ser un material ampliamente usado de manera directa en el envasado de alimentos, pero si para la fabricación de cartón (Higa & Monzón, 2009).

Vidrio: La utilización del vidrio como material de envase para alimentos se remonta como mínimo a dos milenios. El vidrio para envase comprende botellas, frascos, jarros, tarros y vasos. Los sectores de aplicación son diversos y abarcan una amplia gama de productos comestibles como son líquidos y conservas.

Entre sus principales ventajas se encuentra la impermeabilidad a gases, líquidos y vapores, su alto grado de higiene, su facilidad de esterilización, así como su alta resistencia a presiones internas y su fácil manipulación que resultan en variadas t

atractivas formas que resaltan la presentación de los productos (Higa & Monzón, 2009).

Cartón: Se utiliza generalmente en la elaboración de embalajes para productos como frutas, legumbres, etc., así como para el transporte a granel de los mismos productos. Su amplio uso se debe principalmente a la posibilidad de combinar distintas materias primas en su elaboración, lo que permite adaptar una calidad determinada a cada exigencia del sistema de distribución.

Madera: Este tipo de material se utiliza tradicionalmente para el transporte en los procesos de exportación de distintos productos como frutas, hortalizas y bebidas. Las principales ventajas que ofrece son una alta resistencia a distintos tipos de esfuerzo como la acción del agua y la humedad, así como una alta resistencia al impacto.

Plástico: Los plásticos representan en la actualidad uno de los principales materiales para el envasado de alimentos, utilizados principalmente en forma de bolsas, botellas, frascos, tubos, cajas y films. Se obtiene a partir del petróleo, carbón o gas natural.

Los principales materiales plásticos empleados son el polietileno, el poliestireno, el polipropileno y el policloruro de vinilo (PVC). Mismos que ofrecen múltiples beneficios como la resistencia al rasgado, la humedad, tensión e impacto, así como una barrera contra los gases y estabilidad térmica.

Son ampliamente usados en bebidas gasificadas, aceites comestibles, yogur, quesos, embutidos, etc. (Higa & Monzón, 2009).

1.10.3 ETIQUETADO

La NOM-051-SCFI/SSA1-2010 (2020) define a una etiqueta como cualquier rótulo, marbete, inscripción u otra materia descriptiva o gráfica, escrita, impresa, estarcida, marcada, grabada en alto o bajo relieve, adherida, sobrepuesta o fijada al envase del producto preenvasado o cuando no sea posible por las características del producto al embalaje.

La importancia del etiquetado es que nos permite conocer al alimento su origen, su modo de conservación, los ingredientes que lo componen o los nutrientes que aportan a nuestra dieta. La información nutricional de un alimento se refiere a su valor

energético y sus nutrientes: grasas, grasas saturadas, hidratos de carbono, azúcares, proteínas y sal, por lo que es muy importante plasmar esta información en la etiqueta y debe someterse a regulación (Ruiz & Cenarro, 2016).

Entre los principales requisitos del etiquetado se encuentran los siguientes:

- La información contenida en las etiquetas de alimentos y bebidas no alcohólicas debe ser veraz y describirse y presentarse de forma tal que no induzca a un error al consumidor con respecto a la naturaleza y características del producto
- Debe incluir sello, elemento gráfico en forma de octágono negro con un contorno blanco y con las especificaciones descritas, usado en el sistema de etiquetado frontal.
- Debe incluirse el nombre y denominación del alimento
- Se incluirá la lista de ingredientes, la cual debe ir encabezada o precedida por el encabezado o término “ingredientes”, así también deberán declararse todos los aditivos o ingredientes que causen hipersensibilidad, intolerancia o alergia.
- Se incluirá la masa neta del alimento en cuestión, así como la cantidad de porciones que este contiene, en caso de ser más de una porción.
- También se deberán incluir el país de origen, por medio de las leyendas “Hecho en...”, “Producto de ...”, “Fabricado en...” seguidas del país de origen del producto
- Se deberá indicar el lote, mediante una identificación grabada a fin de que este pueda ser sometido a proceso de rastreabilidad
- Deberá incluirse la fecha de consumo preferente, precedida por alguna de las siguientes leyendas: “Fecha de caducidad...”, “Caducidad...”, etc.
- Es obligatorio declarar la información nutrimental acorde a lo siguiente:
 - Contenido energético
 - Cantidad de proteínas
 - Cantidad de Carbohidratos, indicando la cantidad correspondiente a azúcares
 - Cantidad de grasas o lípidos, indicando la cantidad correspondiente a grasas saturadas

- Cantidad de fibra dietética
- Cantidad de sodio
- Cantidad de otros nutrimentos que se consideren importantes, regulados por la normatividad aplicable
- La declaración del contenido energético debe expresarse en KJ (Kcal) por 100g o por 100 ml, o por porción en envases que contenga varias porciones, o por envase cuando este contiene solo una porción.
- La declaración sobre la cantidad de proteínas, hidratos de carbono (carbohidratos), lípidos (grasas) y sodio debe expresarse en unidades de medida por 100 g o por 100 ml.

Información nutrimental complementaria

Debe incluirse la información nutrimental complementaria en la etiqueta de los productos preenvasados que: a) contengan añadidos: azúcares libres, grasas o sodio; y b) el valor de energía, la cantidad de azúcares libres, de grasa saturada, grasas trans y de sodio cumplan con los perfiles nutrimentales establecidos en la Tabla 5.

Tabla 5. perfiles nutrimentales para la declaración nutrimental complementaria.

	Energía	Azúcares	Grasas saturadas	Grasas trans	Sodio
Sólidos en 100 g de producto	≥ 275 kcal totales	≥ 10 % del total de energía proveniente de azúcares libres	≥ 10 % del total de energía proveniente de grasas saturadas	≥ 1 % del total de energía proveniente de grasas trans	≥ 1 mg de sodio por kcal o ≥ 300 mg
Líquidos en 100 mL de producto	≥ 70 kcal totales o ≥ 8 kcal de azúcares libres				Bebidas sin calorías: ≥ 45 mg de sodio
Leyenda a usar	EXCESO CALORÍAS	EXCESO AZÚCARES	EXCESO GRASAS SATURADAS	EXCESO GRASAS TRANS	EXCESO SODIO

Sistema de etiquetado frontal

El sistema de etiquetado frontal incluye la información nutrimental complementaria debe realizarse utilizando los sellos, según corresponda y conforme a lo establecido en la modificación de la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 (2020).



Los productos cuya superficie principal de exhibición sea $\leq 40 \text{ cm}^2$ sólo deben incluir un sello con el número que corresponda a la cantidad de nutrimentos que cumplen. Aquellos productos cuya superficie principal de exhibición sea $\leq 5 \text{ cm}^2$ el sello debe de cumplir con las características descritas en la siguiente imagen



Ubicación y orden de los sellos

El o los sellos deben colocarse en la esquina superior derecha de la superficie principal de exhibición. En aquellos productos con superficie principal de exhibición menor a 60 cm^2 se podrán colocar los sellos en cualquier área de dicha superficie. Cuando se deban incluir más de un sello, el orden de inclusión debe ser de izquierda a derecha el siguiente:

1. EXCESO CALORÍAS
2. EXCESO AZÚCARES
3. EXCESO GRASAS SATURADAS
4. EXCESO GRASAS TRANS
5. EXCESO SODIO

Componentes gráficos del sello

El sello está constituido como se describe en la Ilustración 12.



1. Octágono color negro que contiene la leyenda
2. Margen blanco sobre el contorno del octágono
3. Fondo cuadro blanco
4. Leyenda
5. Firma de la Secretaría de Salud



1.10.4 NORMATIVIDAD APLICADA AL ENVASADO Y ETIQUETADO DE ALIMENTOS

Las normas que regulan el envase y etiquetado de alimentos para los fines de este proyecto y trabajo escrito son las siguientes:

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.

NOM-051-SCFI/SSA1-2010 (2020): Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria.

MODIFICACIÓN a la Norma Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria.

CAPÍTULO 2: DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.1 Objetivos

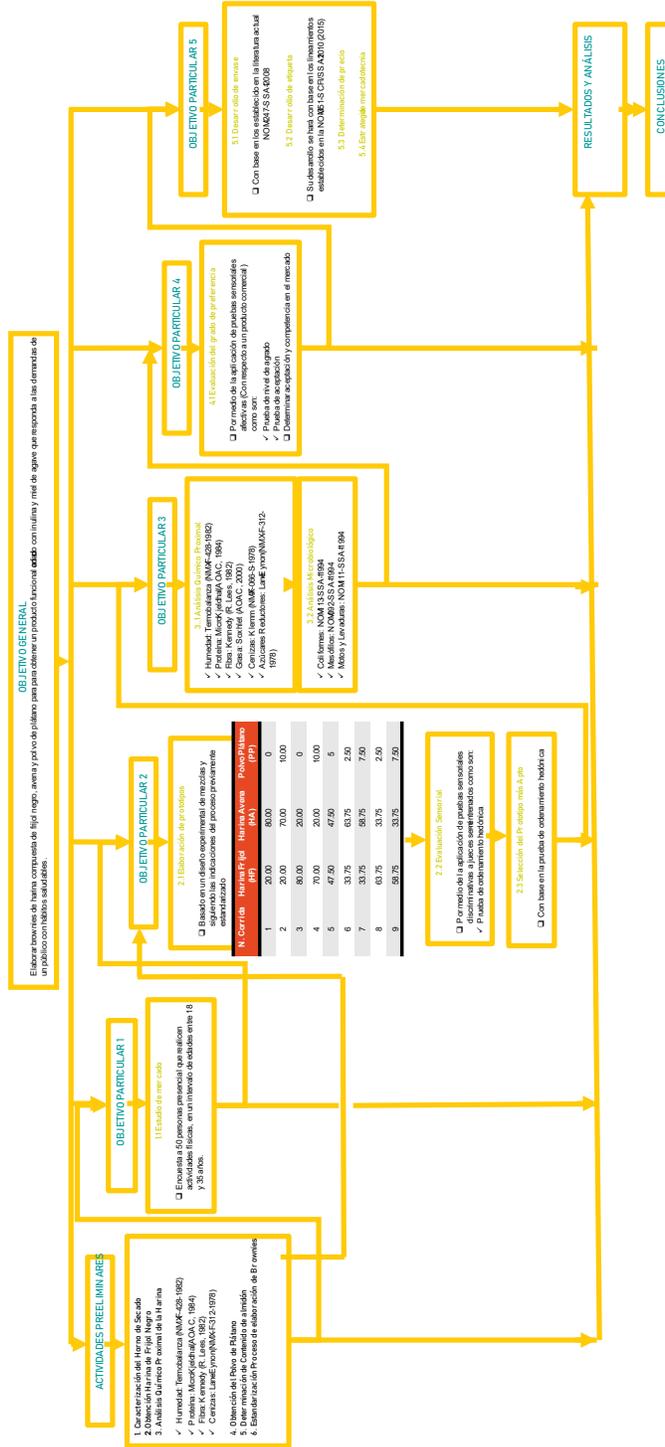
2.1.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar brownies de harina compuesta de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*), avena (*Avena sativa*) y plátano (*Musa balbisiana*) para obtener un producto funcional adicionado con inulina y miel de agave que responda a las demandas de un público con hábitos saludables.

2.1.2 OBJETIVOS PARTICULARES

1. Realizar un estudio de mercado por medio de una encuesta en línea a 50 personas que realicen actividades físicas, en un intervalo de 18 a 35 años para conocer la viabilidad de desarrollo de brownies funcionales elaborados a base de harina compuesta de frijol negro, avena y plátano.
2. Elaborar diferentes prototipos de brownies de harina compuesta de frijol negro y avena por medio de un diseño experimental de mezclas, variando sus concentraciones entre 20-80%, con y sin polvo de plátano (0-10%) para la selección del prototipo con mejores atributos sensoriales, empleando una prueba discriminativa de ordenamiento.
3. Realizar el análisis químico proximal y microbiológico del prototipo seleccionado, empleando métodos oficiales que permitan obtener la información nutricional y garantizar la calidad higiénica del producto.
4. Evaluar el grado de preferencia que tiene el producto con respecto a uno comercial entre los consumidores potenciales empleando pruebas sensoriales afectivas para determinar su aceptación y posible competencia en el mercado.
5. Desarrollar un envase tomando como referencia los requisitos de la NOM-247-SSA1-2008 que permita conservar las características físicas, químicas y organolépticas de brownies de harina compuesta de frijol negro y avena, así como el diseño de una etiqueta que cumpla los lineamientos establecidos en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 (2015) para la comercialización del producto.

2.2 Cuadro Metodológico



2.3 Descripción de la metodología experimental

2.3.1 ACTIVIDADES PRELIMINARES

Actividad Preliminar 1: Caracterización del horno de secado

Se colocaron 3 termómetros dentro del horno de secado convectivo (Marca Figura, Modelo HFD-48) en cada una de las charolas (tanto inferior como superior) en tres posiciones distintas, izquierda, derecha y centro para verificar que la temperatura fuera uniforme dentro de todo el equipo al comparar las lecturas de los termómetros con la lectura dada por el termostato.

El secador fue ajustado a una temperatura de 75 °C, misma que se determinó necesaria para llevar a cabo del secado de la pasta de frijol y el plátano macho.

Actividad Preliminar 2: Secado de pasta de frijol negro

Se adquirieron 1.8 kilos de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) marca Verde Valle, que se adquirió en MEGA Soriana ubicado en Av. López Portillo.

Los frijoles se llevaron a remojo por un período de 12 horas, para, posteriormente llevarse a cocción en una proporción 1:2 respecto a agua por un período de tiempo de 30 min a una temperatura de 92 °C

Luego se trituraron en un molino para carne (Marca METALTEX, modelo 251721) hasta obtener una pasta, que se colocó en charolas para secar mediante una estufa de secado con circulación de aire forzado (Marca Figura, modelo HFD-48) a una temperatura de 70°C hasta una humedad final máxima de 15% establecida en la NOM-247-SSA1-2008.

Actividad Preliminar 3: Secado de plátano macho

Se compraron 4 kg de plátano macho verde (*Musa Balbisiana*), adquirido en la central de abastos ubicado en Av. Mexiquense; Cabe mencionar que la selección de la materia prima se realizó con base en la escala de madurez mostrada en la (Figura 10), ya que para los fines experimentales se requería que esta materia prima contara con el menor grado de madurez

posible, así se garantizaría un mayor contenido de almidón, así como un menor contenido de carbohidratos.

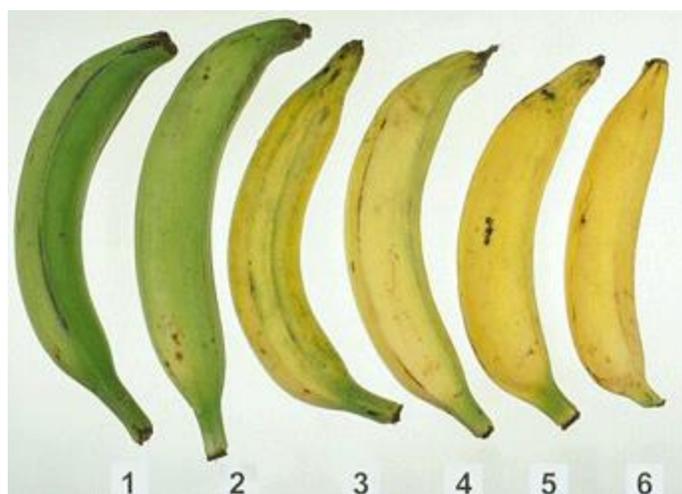


Figura 10. Escala de madurez de plátano macho

El plátano se lavó, para, luego someterse a un proceso de escaldado a una temperatura de 92 °C por un período de tiempo de 10 minutos. Se retiró la cáscara con el objetivo de solo tener la pulpa la cual se rebanó en rodajas de 0.2 mm de espesor con ayuda de un rallador (marca Moulimex, modelo DJ755G32) Posteriormente las rodajas se colocaron en charolas y se dejaron secar por un período de 4 horas y media a una temperatura de 75°C llegando a un contenido de humedad no mayor al 15% (NOM-247-SSA1-2008).

Actividad Preliminar 4: Obtención de harina de frijol negro y polvo de plátano

Una vez obtenidos tanto la pasta de frijol como el plátano secos, se procedió a realizar una molienda en un molino de café marca Hamilton Beach, para obtener una harina y un polvo finos, mismos que deberían ser capaces de pasar la malla número 60 (0.250 mm) de la serie USA en un porcentaje superior al 50%.

Así mismo se determinó el rendimiento de la harina y el polvo haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ Rendimiento} = \frac{\text{peso final}}{\text{peso inicial}} * 100$$

Las Figuras 2 y 3 describen el diagrama de proceso para elaborar la harina de frijol y polvo de plátano

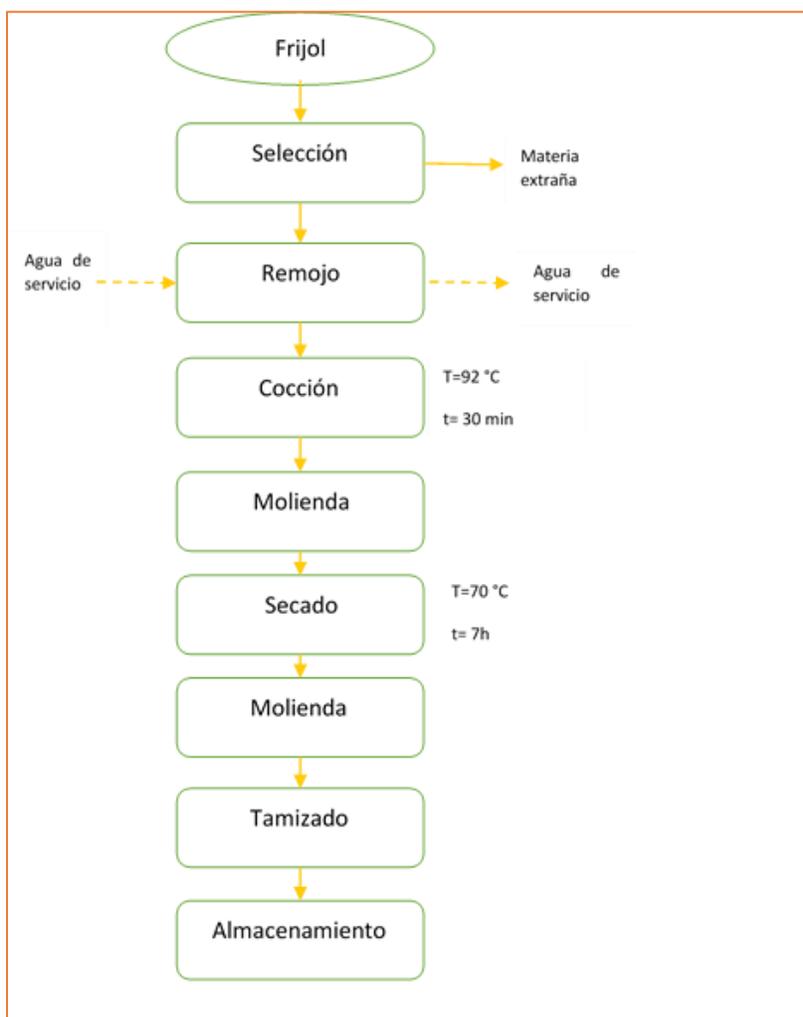


Figura 11. Diagrama de proceso para la elaboración de harina de frijol

Selección: En la selección de frijol negro se retiró cualquier materia extraña que pudiera estar presente (piedras, cascarilla, frijoles rotos)

Remojo: se colocaron los frijoles en un recipiente cubriéndolos con agua y se llevó a cabo un remojo durante 12 h con agua de servicio.

Cocción: Se realizó la cocción de los frijoles en una olla de presión (marca Ecko) durante 30 min.

Molienda: Posteriormente se retiró toda el agua presente y se pasó por un molino de carne para formar una pasta.

Secado: Se extendió la pasta de frijol en charolas de 45 x 30 cm hasta formar una capa delgada de 0.5 mm y se llevó a cabo en un horno de circulación forzada a una temperatura de 70 °C por 7 h

Molienda: Una vez seca la pasta se llevó a cabo la molienda en un molino para café y especias.

Tamizado: Se realizó el tamizado haciendo uso de diferentes números de mallas.

Almacenamiento: Se colocó la harina en bolsas herméticas con la finalidad de no tener contacto con el ambiente, así como oxígeno y humedad para conservar la harina.

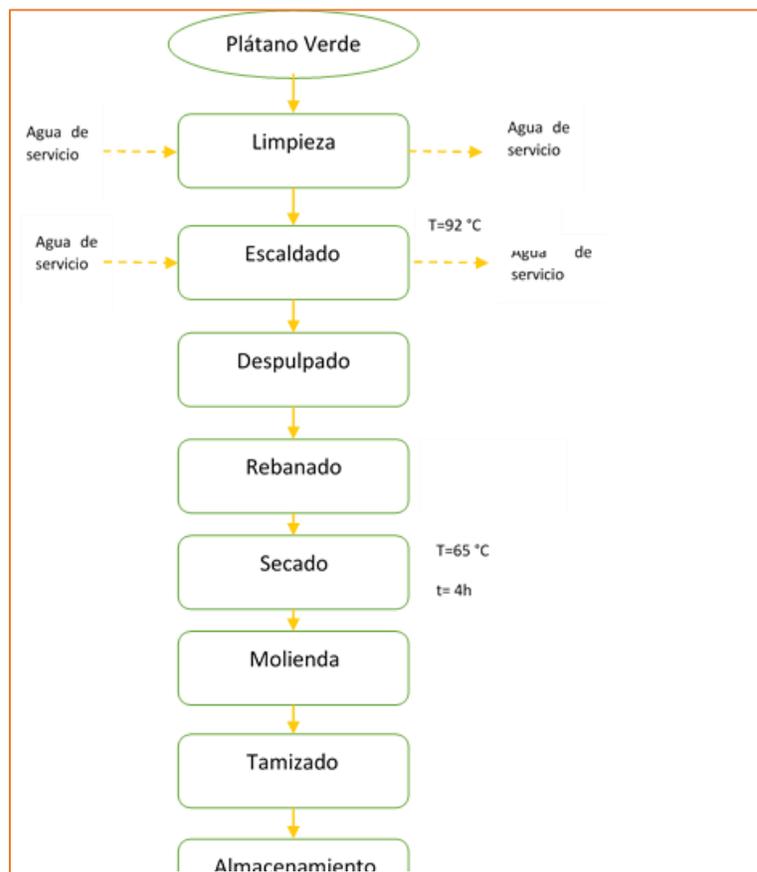


Figura 12 Diagrama de proceso para la elaboración de polvo de plátano.

Limpieza: Se limpiaron los plátanos con agua de servicio y jabón con la finalidad de eliminar cualquier materia extraña (polvo, basura, etc.).

Escaldado: Se llevó a cabo un escaldado por 10 min a una temperatura de 92 °C para inhibir algunas enzimas presentes en el plátano, así como para facilitar el pelado.

Despulpado: Se retiró la cáscara con ayuda de un chuchillo para obtener así solo la pulpa.

Rebanado: Se rebanó en rodajas de 2 mm con ayuda de un rallador marca moulimex.

Secado: Se colocaron en charolas de 45 x 30 cm en un horno de secado con aire convectivo durante 4 h.

Molienda: Una vez seco el plátano, se llevó a cabo la molienda en un molino para café y especias.

Tamizado: Se llevó a cabo el tamizado para conocer el tamaño de partícula presente en nuestro polvo.

Actividad Preliminar 5: Caracterización fisicoquímica de harina de frijol negro y polvo de plátano

Se llevó a cabo un análisis fisicoquímico de cada materia prima, cada prueba se realizó por triplicado, se calculó el coeficiente de variación, así como la desviación estándar,

Determinación de pH (NMX-F-317-S-1978):

Fundamento: La determinación del pH se realiza mediante la medición de la diferencia de potencial entre el par de electrodos.

El resultado es obtenido mediante lectura directa del potenciómetro (Conductric pH 120)

Determinación de Acidez titulable (NMX-F-102-S-1978):

Fundamento: El método se basa en determinar el volumen de NaOH estándar necesario para neutralizar el ácido contenido en la alícuota que se titula, determinando el punto final por

medio del cambio de color que se produce por la presencia del indicador ácido-base empleado.

Cálculos:

$$\%acidez = \frac{V_{NaOH} * N_{NaOH} * meq}{V} * 100$$

Dónde:

- *V: Volumen muestra (ml)*
- *meq: Miliequivalentes del ácido predominante en la muestra*
- *Acido predominante: frijol- ac. láctico, plátano- ac. málico*

Actividad Preliminar 6: Análisis químico proximal (AQP) de harina de frijol negro

Determinación de humedad por método de Termobalanza (NMX-F-428-1982):

La determinación de humedad se realizó por lectura directa mediante la termobalanza.

Fundamento: La humedad es tomada como la pérdida de peso al secado, usando un instrumento de humedad, el cual emplea una balanza de torsión sensible para pasar la muestra y una lámpara infrarroja para secar (NMX-F-428-1982).

Equipo:

- Termobalanza OHAUS MB45

Determinación de Nitrógeno total (Proteína) por método de Micro Kjeldahl (AOAC,2005):

Fundamento: La técnica se basa en una digestión de proteínas y otros componentes orgánicos en una mezcla con ácido sulfúrico concentrado en presencia de catalizadores. El nitrógeno orgánico total se convierte mediante esta digestión en sulfato de amonio. La mezcla digerida se neutraliza con una base y posteriormente se destila. El destilado se recoge en una solución de ácido bórico. Los aniones del borato formado se titulan con ácido clorhídrico estandarizado para determinar el nitrógeno contenido en la muestra.

Equipo:

- Microdigestor Kjeldahl, Marca LABCONCO, Modelo 60900
- Microdestilador Kjeldahl, Marca Figursa, Modelo DMK-650

Cálculos:

$$\% \text{ Nitrogeno} = \frac{\text{ml HCl} - \text{ml blanco} * N_{\text{HCl}} * 14.007}{\text{peso de muestra}} * 100$$

$$\% \text{ Proteina} = \% \text{ Nitrogeno} * \text{Factor}$$

Factor =6.25

14.007= peso equivalente del nitrógeno

Determinación de Cenizas por método de Klemm (NMX-F-066-1978):

Fundamento: Se basa en la incineración de la muestra dando como resultado la descomposición de la materia orgánica quedando solamente materia inorgánica en la muestra.

Equipo:

- Mufla BLUE M, Modelo M25A-2A
- Estufa MAPSA Modelo HDP-334
- Balanza analítica SAUTER Modelo GdbH D-7470

Cálculos:

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{\text{MC Cenizas} - \text{MC}}{\text{g muestra}} (100)$$

Dónde:

- *M1: Masa crisol con cenizas (g)*
- *M2: Masa crisol a peso constante (g)*

Determinación de Fibra cruda por método de Kennedy (R. Lees, 1982):

Fundamento: La fibra cruda es la perdida por ignición del residuo seco después de la digestión de la muestra con ácido sulfúrico e hidróxido de sodio. El método es aplicable a los materiales a partir de los cuales se puede extraer y obtener la grasa para obtener un residuo viable.

Equipo:

- Digestor de Fibra Marca LABCONCO
- Estufa MAPSA Modelo HDP-334
- Balanza analítica SAUTER Modelo GdbH D-7470

Cálculos:

$$\% \text{ Fibra} = \frac{(M1-M2)-(M3-M4)}{g \text{ muestra}} (100)$$

Dónde:

- *M1= Masa papel filtro con residuos (g)*
- *M2= Masa papel filtro a peso constante (g)*
- *M3= Masa crisol con cenizas (g)*
- *M4= Masa crisol a peso constante (g)*

Determinación de Carbohidratos por Diferencia:

Fundamento: Para conocer el contenido total de carbohidratos de la muestra se calcula la diferencia total de la muestra con respecto al resto de los componentes

Cálculos:

$$\% \text{ Carbohidratos} = 100 - (H + P + F + C + G)$$

Dónde:

- *H= % Humedad*
- *P= % Proteína*
- *F= % Fibra*
- *C= % Cenizas*
- *G= % Grasa*

2.3.2 OBJETIVO PARTICULAR 1

Actividad 1.1 Estudio de mercado

Se realizó un estudio de mercado a 50 personas (hombres y mujeres) en un intervalo de edad comprendido entre los 18 y los 35 años, por medio de una encuesta realizada a través de internet con la herramienta Google formularios.

La encuesta se componía de 11 preguntas relacionadas con el producto de interés, mismas que fueron analizadas con gráficos de pastel generados a partir de las repuestas de los encuestados, verse en la Figura 13.

Objetivo: Conocer su opinión para la formulación de un nuevo producto funcional con bajo aporte calórico.

Nombre _____

Edad _____ Ocupación _____

- ¿Usted complementa su actividad física con una buena alimentación?
 - Si
 - No
- ¿Usted compraría algún producto que aportara algún beneficio a su salud?
 - Si
 - No
- ¿Al momento de elegir un producto prefiere que sea ...?
 - alto en proteína
 - bajo en azúcares
 - bajo en grasa
 - todos los anteriores
- ¿Qué tipo de producto consume?
 - Barra
 - Galleta
 - Cereales
 - Otro:
- ¿Con qué frecuencia suele comprarlos?
 - Diario
 - 2 a 3 veces por semana
 - 1 vez a la semana
 - Nunca
- ¿Dónde suele comprarlo?
 - Super mercado
 - máquinas expendedoras
 - tiendas de auto servicio
 - tiendas naturistas o especializadas
- ¿Ha escuchado acerca de los productos funcionales?
 - si
 - No
- Si saliera un producto tipo brownie con alto contenido en proteína, fibra y bajo aporte calórico ¿Lo compraría?
 - Si
 - No
- ¿Cuándo va a buscar un producto busca?
 - Precio
 - Aporte nutricional
 - Cantidad
 - Todas las anteriores
- ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por un brownie con gran aporte proteico, fibra y bajo aporte calórico?
 - \$15
 - \$20
 - \$25
 - \$30

Figura 13. Estudio de mercado realizado para conocer a viabilidad del producto

2.3.3 OBJETIVO PARTICULAR 2

Actividad 2.1 Desarrollo de prototipos

Para la elaboración de prototipos de brownies funcionales de harina compuesta de frijol negro y avena con bajo aporte calórico se realizó un diseño de mezclas en el software Minitab 18, en el cual se varían las proporciones de dos o más ingredientes (harina de frijol negro, harina de avena y polvo de plátano para este caso), con la finalidad de obtener distintas formulaciones.

Tanto la harina de frijol como la harina de avena se variaron en concentraciones entre el 20 y 80%, mientras que el polvo de plátano entre un 0 y 10%, en la Tabla 6 se muestran las variables resultantes de este diseño de mezclas y las formulaciones resultantes se muestran en la Tabla 7.

Tabla 6: Diseño estadístico para el desarrollo de prototipos (tabla de variables)

Factor de Variación	Nivel de variación	Variable dependiente	Variable de respuesta	Técnica/instrumento
Harina de frijol Harina de avena	80-20%	Atributos sensoriales	Apariencia, color, olor, sabor, textura	Análisis sensorial (pruebas discriminativas y afectivas)
Polvo de plátano	0- 10%			

Tabla 7: Diseño de mezclas para la elaboración de brownies

Número corrida	Código	% Harina Frijol	% Harina Avena	% Polvo Plátano
1	P280	20.00	80.00	0
2	P271	20.00	70.00	10.00
3	P820	80.00	20.00	0
4	P721	70.00	20.00	10.00
5	P445	47.50	47.50	5.00
6	P362	33.75	63.75	2.50

7	P357	33.75	58.75	7.50
8	P632	63.75	33.75	2.50
9	P537	58.75	33.75	7.50

Una vez definidas las concentraciones en que deberían usarse las harinas de avena y frijol y el polvo de plátano, éstas se sustituyeron en el porcentaje correspondiente a harinas de la formulación de ingredientes del brownie misma que se presenta en la Tabla 8 y el diagrama de proceso se muestra en la Figura 5.

Tabla 8: Formulación de ingredientes para la elaboración de brownies

Ingredientes	%
Huevo	36.21
Jarabe de agave	32.92
Harinas	21.99
Cocoa	4.94
Inulina	3.29
Polvo para hornear	0.66
Total	100.00

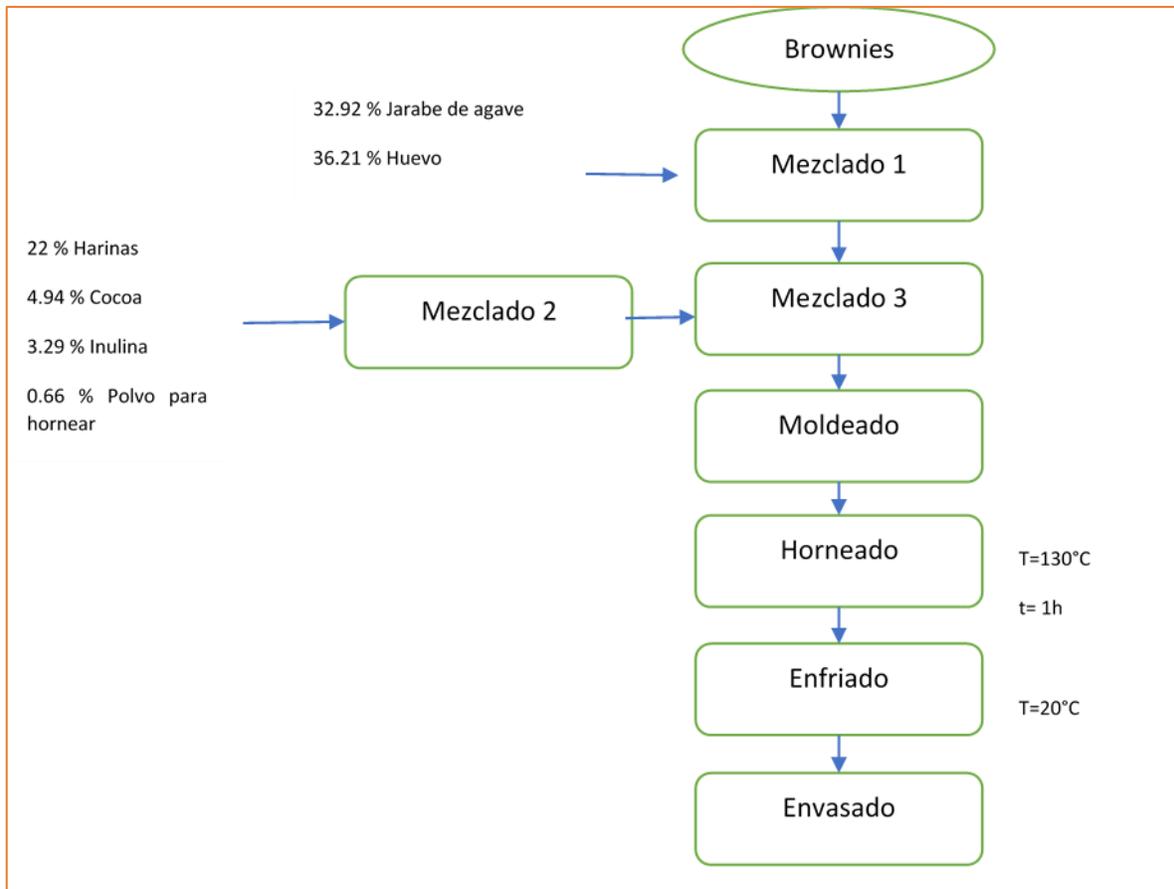


Figura 14. Diagrama de proceso para la elaboración de brownies funcionales

Descripción del proceso:

Mezclado 1: En este mezclado se integran el jarabe de agave, así como el huevo y se batan para integrar y homogeneizar ambos ingredientes.

Mezclado 2: Tanto la harina de avena como la harina de frijol, así como la inulina y polvo para hornear junto con la cocoa en polvo son pesadas para incorporarse todas de forma manual.

Mezclado 3: La mezcla resultante del mezclado 2 se incorpora a la mezcla resultante del mezclado 2 para integrar una sola mezcla-

Moldeado: La masa resultante se coloca al interior de un refractario, previamente enharinado para evitar que la mezcla se pegue durante el horneado.

Enfriado: El brownie recién horneado se deja enfriar a temperatura ambiente para poder ser desmoldado posteriormente.

Envasado: El brownie resultante se corta en porciones pequeñas y se mete a bolsas que son cerradas herméticamente.

Actividad 2.1 Evaluación sensorial de prototipos y selección

Para cumplir con esta actividad se realizó una evaluación sensorial consistente en una prueba de ordenamiento de escala hedónica a 20 jueces semi- entrenados pertenecientes a la carrera de Ingeniería en Alimentos ya que se requería de conocimientos básicos sobre las propiedades organolépticas y texturales de los alimentos para seleccionar al prototipo con mejores atributos sensoriales. El lugar donde se realizó la prueba fue el Laboratorio de Ciencia y Tecnología de alimentos ubicado en la unidad de posgrado de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán de Campo 1.

El formato mostrado en la Figura 6 fue el que se proporcionó y explicó sobre su llenado a los jueces y, consistió en otorgarle una calificación entre los valores de 1 (Me desagrada mucho) y 5 (Me agrada bastante) a cada uno de los prototipos en cada uno de los 5 atributos de interés (aparición, color, olor, sabor y textura), haciendo énfasis en los comentarios acerca de los prototipos, ya que esto sería tomado en cuenta más adelante.

Nombre: _____

Fecha: _____

PRODUCTO: BROWNIES FUNCIONALES DE HARINA COMPUESTA DE FRIJOL, AVENA Y POLVO DE PLÁTANO CON BAJO APORTE CALÓRICO

Pruebe las 5 muestras marcadas con claves, y dele una calificación a cada una muestra para el atributo requerido acorde a su percepción tomando como referencia la siguiente tabla:

Calificación	
1	Me desagrada mucho
2	Me desagrada
3	No me gusta ni me desagrada
4	Me agrada
5	Me agrada bastante

	P362	P445	P632	P721	P820
Color					
Olor					
Sabor					
Textura					
Apariencia					

Comentarios: _____

MUCHAS GRACIAS

Figura 15. Formato para la evaluación sensorial de prototipos

Para el tratamiento estadístico de los datos obtenidos de la evaluación se construyeron gráficos de barras para cada uno de los atributos evaluados, así como un gráfico QDA (Análisis Descriptivo Cuantitativo) y gráficos de intervalos con ayuda del software Minitab 18.

2.3.4 OBJETIVO PARTICULAR 3

Actividad 3.1 Caracterización fisicoquímica del prototipo seleccionado

Se realizó la caracterización fisicoquímica al prototipo seleccionado con el objetivo de tener una idea acerca de la frescura del producto, las determinaciones se realizaron por triplicado calculado el coeficiente de variación, así como la desviación estándar.

Las técnicas empleadas fueron las mismas que las usadas en el objetivo particular 5 y se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9: Técnicas de caracterización fisicoquímica para el prototipo seleccionado

Determinación	Técnica
pH	NMX-F-317-S-1978
Acidez titulable	NMX-F-102-S-1978

Actividad 3.2 Análisis Químico Proximal (AQP) del prototipo seleccionado

Se realizó un análisis químico proximal al prototipo seleccionado con el objetivo de obtener la información nutrimental, ya que será necesaria para la elaboración de la etiqueta del producto.

Las técnicas empleadas para obtener esta información son las mismas que se usaron en la actividad preliminar 6, a excepción de la determinación de azúcares que se realizó por el método de Lane-Eynon y la determinación de grasa que se realizó por el método de Soxhlet, Tabla 10. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

Tabla 10: Técnicas de Análisis Químico Proximal para el prototipo seleccionado

Determinación	Técnica
Humedad	Método de Termobalanza (NMX-F-428-1982)
Proteína	Método de Micro Kjeldahl (AOAC,2005)
Fibra	Método de Kennedy (R. Lees, 1982)

Cenizas	Método de Klemm (NMX-F-066-1978)
Grasa	Método de Lane- Eynon (NMX-F-312-1978)
Azúcares Reductores	Método de Soxhlet (NMX-F-545-1992)

Determinación de Extracto Etéreo (Grasa) por método de Soxhlet (NMX-F-545-1992):

Fundamento: Es la extracción semicontinua con solvente (hexano), donde una cantidad de solvente rodea la muestra y se calienta a ebullición, una vez dentro del soxhlet el líquido condensado llega a cierto nivel siendo sifonado de regreso al matraz de ebullición. La grasa se calcula por pérdida de peso de la muestra o por cantidad de muestra removida.

Equipo:

- Equipo de extracción Soxhlet
- Estufa MAPSA Modelo HDP-334
- Balanza analítica SAUTER Modelo GdbH D-7470

Cálculos:

$$\%Grasa = \left(\frac{P1 - P2}{g\ muestra} \right) (100)$$

Dónde:

- *M1= Masa matraz con grasa (g)*
- *M2= Masa matraz a peso constante (g)*

Determinación de Azúcares Reductores por método de Lane- Eynon (NMX-F-312-1978):

Fundamento: Se hace reaccionar sulfato cúprico con azúcar reductor en medio alcalino, formándose óxido cuproso, el cual forma un precipitado rojo ladrillo. Este método utiliza azul de metileno como indicador, el cual es decolorado una vez que todo el cobre ha sido reducido, lo que indica el fin de la titulación.

Cálculos:

$$\% \text{ARD} = \frac{(F)(\text{Volúmen de aforo})}{(\text{ml gastados})(\text{gramos de muestra})} (100)$$

$\% \text{ART}$

$$= \frac{(F)(\text{vol. de aforo muestra})(\text{vol. aforo hidrolizado})}{(\text{ml gastados muestra hidrolizada})(\text{gramos de muestra})(\text{Vol. hidrolizado})} (100)$$

$$\% \text{Sacarosa} = (\% \text{ART} - \% \text{ARD}) * 0.95$$

Dónde:

- $\% \text{ARD}$ = Azúcares Reductores Directos
- $\% \text{ART}$ = Azúcares Reductores Totales
- F = Factor de Fehling

Actividad 3.3 Análisis microbiológico del prototipo seleccionado

Se realizó un análisis microbiológico al prototipo seleccionado en base a la normatividad, conteo de bacterias mesófilas aerobias, conteo de coliformes totales así como conteo de mohos y levaduras basándose en la todo ello con la finalidad de verificar si las condiciones de manipulación de las materias primas, así como la limpieza de superficies y materiales durante el proceso de elaboración del producto fueran las adecuadas para conservar la higiene en todo momento, y a su vez comprobar si se cumplió o no con los límites máximos establecidos para productos dulces de panificación establecidos en la NOM-147-SSA1-1996.

Bacterias aerobias en placa (NOM-092-SSA1-1994):

Fundamento: El fundamento de la técnica consiste en contar las colonias, que se desarrollan en el medio de elección después de un tiempo de 24 a 48 horas y temperatura de incubación de 35 °C, presuponiendo que cada colonia proviene de un microorganismo de la muestra bajo estudio. Las bacterias mesófilas son un indicador general de la población que puede estar presente en la muestra y por lo tanto muestra la higiene con la que ha sido manejado el producto.

El método admite numerosas fuentes de variación, algunas de ellas controlables, pero sujetas a la influencia de varios factores.

Seleccionar placas en donde aparezca entre 25 y 250 unidades formadoras de colonias para disminuir el error en la cuenta.

Se cuentan las colonias de bacterias aerobias, se multiplica por la inversa de la dilución y se reporta como unidades formadoras de colonias, ____ UFC/g o mL, de bacterias aerobias en paca en agar nutritivo, incubadas ____ horas a ____ °C.

Coliformes totales (NOM-113-SSA1-1994):

Fundamento: El método permite determinar el número de microorganismos coliformes presentes en una muestra, a presencia de coliformes totales en los alimentos son utilizados en la microbiología como un indicador de prácticas de higiene inadecuadas.

Se utiliza un medio selectivo (agar rojo violeta bilis) en el que se desarrollan bacterias a 35°C en aproximadamente 24 h, dando como resultado la producción de gas y ácidos orgánicos, los cuales viran el indicador de pH y precipitan las sales biliares.

La presencia de coliformes totales en los alimentos son utilizados en la microbiología como un indicador de prácticas de higiene inadecuadas.

Seleccionar placas que contengan entre 15 y 150 colonias características, se multiplica por el inverso de la dilución.

Se reporta como unidades formadoras de colonias, ____ UFC/g o mL, de bacterias coliforme en paca en agar McConkey, incubadas ____ horas a ____ °C.

Si en las placas no hay colonias características, reportar el resultado como: menos de un coliforme por 1/d por gramo, en donde d es el factor de dilución.

Mohos y levaduras (NOM-111-SSA1-1994):

Fundamento: El método se basa en inocular una cantidad conocida de muestra de prueba en un medio selectivo específico, acidificado a un pH 3,5 e incubado a una temperatura de 25 ±

1°C, dando como resultado el crecimiento de colonias características para este tipo de microorganismos.

Los mohos y levaduras son de gran interés pues la presencia de estos causa alteración en los productos.

Considerar las cuentas de placas con 10 a 150 colonias como las adecuadas.

Multiplicar por el inverso de la dilución, para la expresión de resultados:

____(UFC/g o ml) de mohos en agar papa dextrosa, incubadas a ____ °C durante ____ días.

____ (UFC/g o ml) de levaduras en agar papa dextrosa, incubadas a ____ °C durante ____ días.

A continuación, se describe el proceso para la preparación e incubación de muestras, que será el mismo para los tres casos antes mencionados.

Procedimiento de preparación de los medios de cultivo: Los medios de cultivo (presentados en la Tabla 11) deben hidratarse en 150 ml de agua destilada, en matraces para cultivo de 200 ml y posteriormente esterilizarse en autoclave a una temperatura de 120°C por un tiempo de 15 minutos.

Tabla 11: Medio de cultivo para análisis microbiológico

Cuantificación	Medio de cultivo
Mesófilos aerobios	Agar nutritivo
Coliformes totales	Agar MacConkey
Mohos y levaduras	Agar papa dextrosa

Preparación y dilución de las muestras (NOM-110-SSA1-1994): El fundamento se basa en la preparación de diluciones primarias que permita obtener una distribución lo más uniforme posible de los microorganismos presentes en la porción de muestra.

2.3.5 OBJETIVO PARTICULAR 4

Actividad 4.1 Prueba sensorial de aceptación del prototipo seleccionado VS un producto comercial

Para poder medir la aceptación de los consumidores a los brownies de harina compuesta de frijol, avena y polvo de plátano con bajo aporte calórico se realizó la búsqueda de un producto que tuviera propiedades similares a las del prototipo previamente elaborado, definiéndose así que la prueba afectiva de aceptación se realizaría empleando brownies light de la marca Taifeld's.

La prueba afectiva se realizó a 50 consumidores potenciales del producto dentro de las instalaciones de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, aplicándose un cuestionario, Figura 7 en el que se pedía seleccionar una muestra y posteriormente una breve explicación del por qué su elección.

Los resultados se expresaron por medio de gráficos de barras, así mismo se recopilaron las observaciones más relevantes con respecto al prototipo seleccionado.

Nombre: _____

Fecha: _____

BROWNIE FUNCIONALES DE HARINA COMPUESTA DE FRIJOL, AVENA Y POLVO DE PLÁTANO CON BAJO APORTE CALÓRICO

Frente a usted hay dos muestras de Brownies, usted debe probar primero la muestra 190 y luego la muestra 820.

¿Cuál de las dos muestras prefiere? Marque con una X la muestra elegida.

MUESTRAS

190 820

¿Por qué la eligió?

Comentarios: _____

Figura 16. Cuestionario aplicado para pruebas afectivas del prototipo seleccionado

2.3.6 OBJETIVO PARTICULAR 5

Actividad 5.1 Selección del envase

Para la selección del envase que ha de contener el producto se tomaron en cuenta los lineamientos más importantes establecidos en la NOM-247-SSA1-2008 entre los cuales se encuentran:

- El material que constituye el envase debe ser resistente e inocuo
- No alterar las características físicas, químicas, microbiológicas y sensoriales de los brownies
- Ser de fácil accesibilidad y bajo costo, así como amigable con el medio ambiente.

Actividad 5.2 Elaboración de la etiqueta

Se tomaron en cuenta los lineamientos establecidos en la NOM-051-SCFI/ SSA1-2010 (2020), donde se marcan como obligatorios los siguientes aspectos para el etiquetado de alimentos:

- Nombre del producto
- Contenido neto
- Contenido energético (Suma del aporte calórico de CHOS, lípidos y proteínas)
- Información Nutricional tanto delantera como trasera
- Lista de ingredientes
- Leyendas precautorias sobre posibles alérgenos
- Lote y Fecha de caducidad, entre otras

Además, esta norma presenta el procedimiento para la obtención del contenido energético en base a factores de conversión (Tabla 12), así como la forma de expresión de la información nutricional delantera y trasera (Figuras 17 y 18 respectivamente).

Tabla 12: Factores de conversión y cálculo de contenido energético por componente

Componente	Kcal por g de componente	Cálculo
Carbohidratos	4	g por 4
Lípidos	9	g por 9
Proteínas	4	g por 4

Declaración nutrimental	Por 100 g o 100 ml
Contenido energético (Cal)	_____ Cal
Proteínas	_____ g
Grasas totales	_____ g
Grasa saturada	_____ g
Grasa trans	_____ g
Hidratos de carbono disponibles	_____ g
Azúcares	_____ g
Azúcares añadidos	_____ g
Fibra dietética	_____ g
Sodio	_____ mg
Información adicional	_____ mg, µg o % de VNR

Figura 17. formato para expresar la información nutrimental en la parte trasera de la etiqueta



Figura 18. Formato para la expresión de información nutrimental en la parte delantera de la etiqueta

Actividad 5.3 Planeación de la mercadotecnia

Finalmente se desarrolló una estrategia para dar a conocer el producto en el mercado consistente en un diseño de la imagen de la etiqueta del producto y un cartel, esto se realizó en colaboración con compañeros de la carrera de diseño y comunicación visual de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán.

CAPÍTULO 3: RESULTADOS Y ANÁLISIS

Actividad 3.1 Preliminar Caracterización del horno de secado

En la Tabla 13 se muestran las lecturas mostradas por el termostato, así como las lecturas obtenidas de los termómetros.

Tabla 13. Resultados de la caracterización del horno de secado convectivo

Minuto	Centro del Horno			Lados Izquierdo y Derecho del Horno		
	Control Digital (°C)	Superior (°C)	Inferior (°C)	Control Digital (°C)	Superior (°C)	Inferior (°C)
15	58.9	53	58	70.1	70	72
30	69.4	65	69	70.2	70	72
45	70.2	69	71	70.3	71	72
60	70	69	71	70	71	72
75	70	70	71	70	70	72

Como puede observarse en la Tabla 13, la temperatura no es uniforme dentro de todo el horno, haciéndose notar el hecho de que tanto en el lado izquierdo y derecho, así como, en el centro las menores variaciones de temperatura se presentaron en la charola inferior, además de llegar a una temperatura estable con mayor rapidez, razón por la cual se decidió usar este espacio para secar las materias primas del proceso de obtención de harina de frijol negro y polvo de plátano para la posterior elaboración de brownies.

Actividad 3.2 Preliminar: Secado de pasta de frijol negro

El remojo de los frijoles previo a los procesos de cocción, molienda y secado es de especial importancia ya que es aquí donde además de lograr una disminución en el tiempo de cocción se logra la eliminación de oligosacáridos como la rafinosa, estaquiosa y verbascosa, los cuales no logran ser hidrolizados durante la primera etapa de la digestión y terminan fermentando en el intestino en forma de ácidos grasos de cadena corta y gas, lo que ocasiona problemas de flatulencia (Ulloa, Rosas, & Rangel, 2011).

Para determinar el tiempo de secado y con ello la humedad final de la pasta de frijol fue necesario realizar un balance de materia a través de una caja control, que se introdujo en el horno de secado convectivo y se pesó pasados 20 minutos hasta alcanzar un peso constante en la caja control.

En la Figura 19 se presenta la curva de secado elaborada a partir de los datos obtenidos del secado, Tabla 14. Se puede observar que la humedad de la pasta comienza a estabilizarse pasadas las 7 horas de secado, lo que indica que la pasta ya no pierde humedad con respecto al tiempo, por lo que se entiende que el material ha llegado a la humedad de equilibrio.

El contenido de humedad final se corroboró con el método de determinación de humedad por termobalanza establecido en la NMX-F-428-1982 obteniéndose un valor del 8.58% inferior al 15% máximo establecido en la NOM-247-SSA1-2008.

Tabla 14. Datos de secado para frijol negro

Tiempo (h)	Peso Muestra (Kg)	Humedad Base Seca (HBS)	Velocidad de Secado (R)
0.33	0.04802	2.5984	
0.66	0.04522	2.3886	0.0085
1	0.04276	2.2043	0.0072
1.33	0.04033	2.0222	0.0074
1.66	0.03803	1.8498	0.0070
2	0.03586	1.6872	0.0064
2.33	0.0337	1.5253	0.0066
2.66	0.03168	1.3740	0.0061
3	0.02985	1.2368	0.0054
3.33	0.02793	1.0930	0.0058
3.66	0.02614	0.9588	0.0054
4	0.02452	0.8374	0.0048
4.33	0.023	0.7235	0.0046
5.33	0.01872	0.4028	0.0043
6.33	0.01653	0.2387	0.0022
7.33	0.01561	0.1697	0.0009
7.83	0.01549	0.1608	0.0002

8.33	0.01545	0.1578	0.0001
8.66	0.01543	0.1563	0.0001
9.16	0.01543	0.1563	



Figura 19. Curva de secado para frijol negro

Actividad 3.3 Preliminar Secado de plátano macho

Previamente al proceso de secado se realizó un escaldado al plátano para evitar el proceso de oxidación que éste sufre durante la exposición a altas temperaturas y que genera un color desagradable en el producto final (FEN, 2008).

Para determinar el tiempo de secado y la humedad final del plátano macho se realizó un balance de materia a través de una caja control, misma que se introducía en el horno de secado convectivo y se pesaba pasados 30 minutos hasta alcanzar un peso constante en la caja control.

Al igual que en la actividad preliminar 1 se determinó la humedad final por termobalanza obteniéndose un valor de 7.34%, inferior al porcentaje máximo marcado por la NOM-247-SSA1-2008, a continuación, se presentan los datos de secado en la Tabla 15, así como la

curva de secado en la Figura 20 donde puede observarse que la humedad de equilibrio comienza a alcanzarse pasadas las 4 horas de secado.

Tabla 15. Datos de secado para plátano macho

Tiempo (h)	Peso Muestra (Kg)	Humedad Base Seca (HBS)	Velocidad de Secado (R)
0.5	0.03271	1.90444	
1	0.02745	1.43739	0.01054
1.5	0.02419	1.14792	0.00653
2	0.02182	0.93748	0.00475
2.5	0.01950	0.73148	0.00465
3	0.01801	0.59918	0.00299
3.5	0.01646	0.46155	0.00311
4	0.01595	0.41626	0.00102
4.5	0.01578	0.40117	0.00034

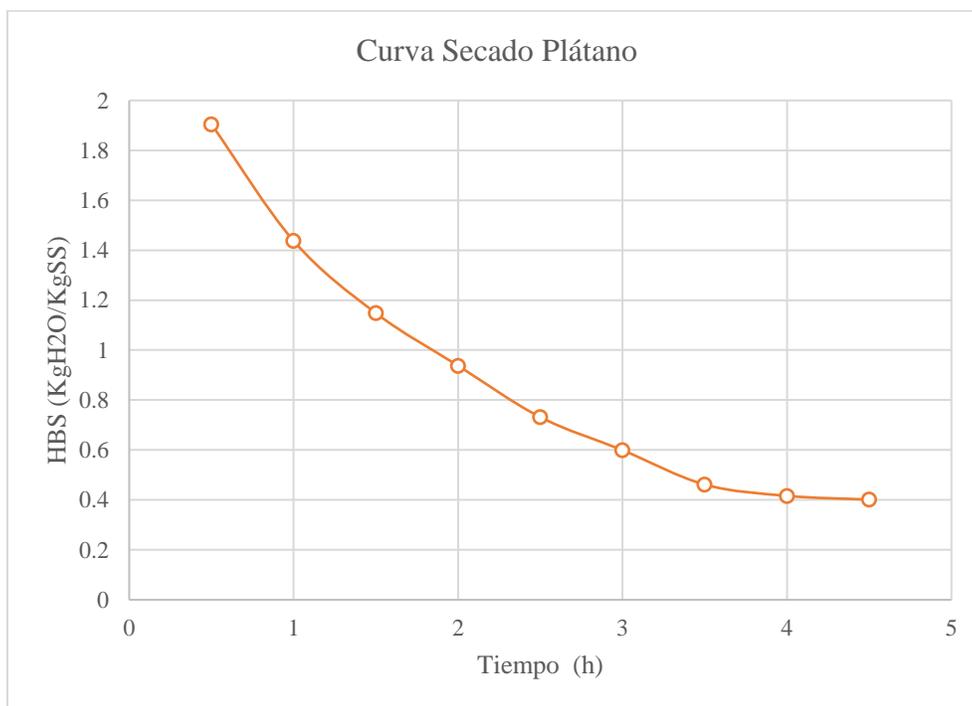


Figura 20. Curva de secado para plátano macho

Actividad 3.4 Preliminar: Obtención de harina de frijol negro y polvo de plátano

Se obtuvo el rendimiento de la harina de frijol y el polvo de plátano, estos valores se presentan en la Tabla 16

Tabla 16. Rendimiento de harina de frijol y polvo de plátano

Harina/ polvo	Rendimiento (%)
Harina de frijol negro	62.90
Polvo de plátano	33.50

Se puede notar que el frijol sufre una pérdida de peso de casi el 40%, misma que se atribuye a la pérdida de humedad durante el proceso de secado, además de la separación del caldo una vez que éste se cuece, ya que en la molienda únicamente se usa el grano cocido. En cuanto al plátano la mayor pérdida porcentual se atribuye a que la mayor parte de su peso se encuentra en la cáscara (la cual fue previamente retirada) y en menor medida a la pérdida de humedad durante el secado.

El tamizado se realizó tomando 100g de muestra y agitando durante 15 minutos para realizar la separación. Por cada malla se determinó el peso retenido de harina y luego se calculó el porcentaje en relación al peso total de la muestra.

En la Tabla 17 se presentan los datos del análisis granulométrico realizado a la harina de frijol, polvo de plátano y la harina de avena marca Cerepak.

Tabla 17. Resultados de análisis granulométrico

Malla	Abertura	% que pasa la malla		
		Harina de avena	Harina de frijol	Polvo de plátano
10	2.00	26.46	5.41	3.73
20	0.841	28.28	29.39	12.03
40	0.425	7.09	16.21	7.48
60	0.250	19.77	20.59	14.41

200	0.074	17.27	27.86	59.46
-----	-------	-------	-------	-------

Puede observarse que tanto el polvo de plátano como ambas harinas tienen un tamaño de partícula bastante grande ya que el porcentaje que logra pasar la malla 60 es muy inferior al 50%, por lo que carecen del atributo de ser finas.

Actividad 3.5 Preliminar: Caracterización fisicoquímica de harina de frijol negro y polvo de plátano

Tabla 18. Resultados de la caracterización fisicoquímica de harina de frijol y polvo de plátano

	pH experimental			pH bibliográfico	Acidez experimental			Acidez bibliográfica (Quinceno, 2014)
	\bar{x}	σ	c.v		\bar{x}	σ	c.v	
Harina de frijol	6.90	0.01	0.08	6.90 ± 0.01	0.08	0	3.69	0.074
Polvo de plátano	5.27	0.01	0.29	5.73 ± 0.07	0.10	0	5.4	0.15

Al utilizar plátano verde el porcentaje de acidez fue de 0.10 % y pH de 5.27 lo cual coincide con lo reportado por Giraldo et al (2000) donde la acidez titulable de plátano (ácido málico) se incrementa durante la maduración del fruto.

En la mayoría de los frutos en el proceso de maduración, los ácidos orgánicos son respirados o convertidos en azúcares; el plátano al contrario incrementa los niveles de ácidos orgánicos durante la maduración, lo que coincide con lo reportado por Wills et al (1984), quien afirma que el incremento de este ácido ocurre aceleradamente en el cambio de verde claro a amarillo intenso, proceso que está altamente relacionado con el sabor que toma el fruto durante la maduración por la concentración de acidez, los azúcares totales y reductores de la pulpa.

La determinación del pH en las harinas de leguminosas es importante y necesario para entender cómo afectan a algunas propiedades que están relacionadas principalmente con las proteínas, como la solubilidad del nitrógeno y la capacidad emulsionante, que dependen en gran medida del pH del medio (McWatters y Cherry, 1977).

El proceso de cocción aumenta el pH Aguilera (2009) en muestras cocidas de lenteja Pardina (10%), en judía Cannellini (8%) y judía Pinta (3%). Este aumento se debe probablemente a una solubilización de aminoácidos básicos durante el proceso de cocción al que son sometidas las semillas de leguminosas. Por otro lado, la germinación parece provocar un ligero descenso de pH en la muestra de frijol, como consecuencia de los cambios metabólicos que tienen lugar durante dicho procesamiento como producción y liberación de metabolitos secundarios y ácidos que descienden el pH de la muestra.

3.1.6 Actividad Preliminar Análisis químico proximal (AQP) de harina de frijol negro

Los resultados obtenidos del análisis químico proximal de la harina de frijol se presentan en la Tabla 19.

Tabla 19. Resultados del AQP realizado a la harina de frijol

Componente	Porcentaje experimental			Porcentaje bibliográfico
	\bar{x} g/100	σ	c.v	(López y Bressani, 2008)
Humedad	8.58	0.01	0.07	10.48
Proteína	22.12	1.89	0.42	20.83
Carbohidratos	54.62	0.05	0.93	54.16
Grasa	1.45	0.06	4.03	1.45
Fibra	7.53	0.02	0.2	8.33
Cenizas	5.7	0.1	1.75	4.75

Al hacer la comparación de la composición química experimental con respecto a la teórica se observa que la composición es muy parecida, siendo únicamente los porcentajes de

humedad, fibra y cenizas los que presentan valores sustancialmente más diferentes al resto de la composición.

La disminución en el porcentaje de humedad pudo deberse a la pérdida de humedad ocurrida durante el proceso de secado, mientras que el mayor porcentaje de cenizas pudo deberse a que la variedad y marca de frijol comprada.

3.2 OBJETIVO PARTICULAR 1

3.2.1 Actividad Estudio de mercado

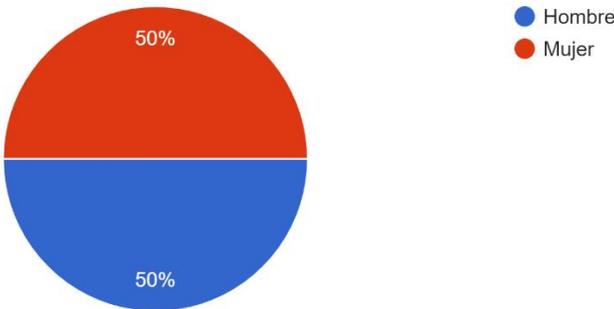


Figura 21. Sexo de las personas encuestadas

Del 100% de las personas que se les realizó el estudio de mercado 50 % fueron Mujeres y 50% Hombres

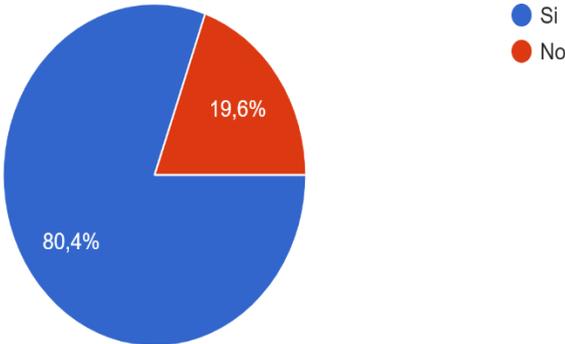


Figura 22. Personas que complementan su actividad física con una buena alimentación

El 80% de la población complementa su actividad física con una buena alimentación, esto nos indica que nuestro producto podría convertirse en uno producto de consumo regular en la dieta de los consumidores ya que este aporta beneficios a la salud.

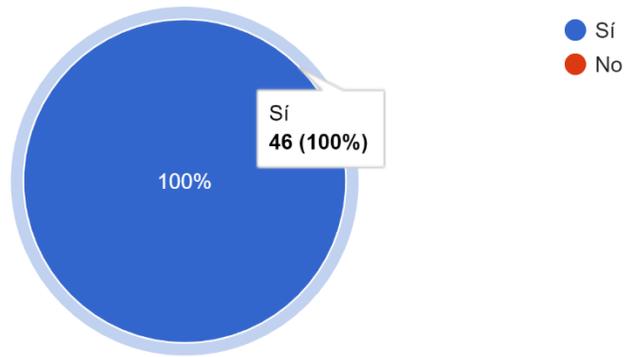


Figura 23. Personas que comprarían un producto que aportara beneficios a su salud

El 100% de las personas encuestadas comprarían productos que aporten beneficios a su salud, teniendo como resultado un impacto positivo para el desarrollo de nuestro producto, ya que los consumidores estarían dispuestos a adquirirlo.

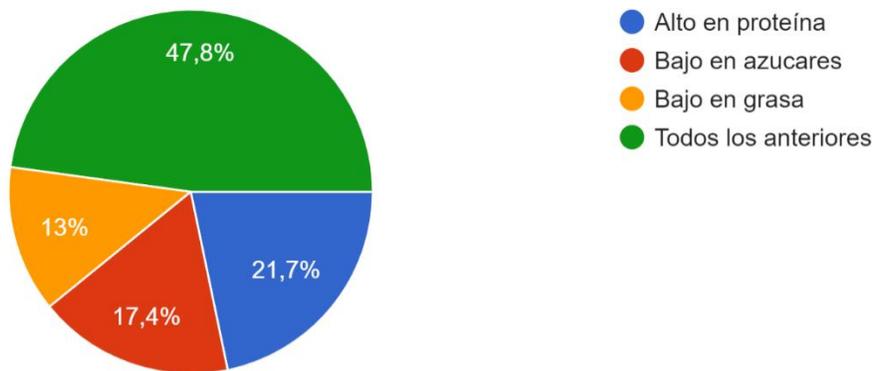


Figura 24. Elección de atributos al momento de comprar un producto

Al seleccionar los principales atributos en un producto el 47.8% de los encuestados busca que tenga un alto contenido proteico, así como que sea reducido en grasas y azucares, esto nos da una idea de los principales aspectos que buscan los consumidores en un producto para poder cumplir con ello.

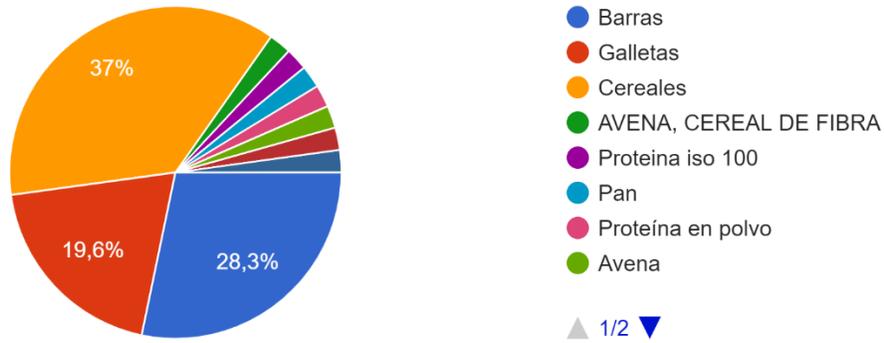


Figura 25. Productos que suelen consumir los encuestados

Casi el 40% consume cereales, el 29 % Barras y el 20 % galletas

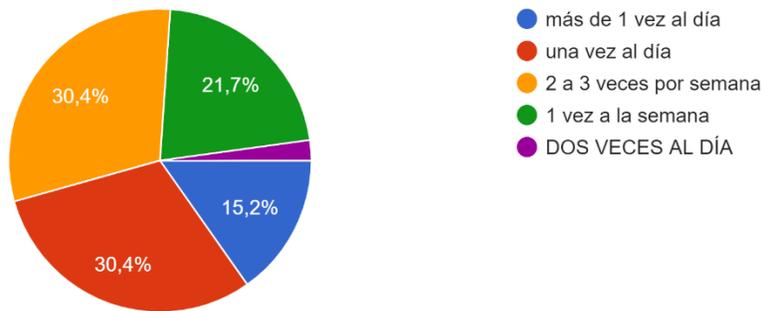


Figura 26. Frecuencia con que los encuestados consumen los productos

Como se puede observar en la gráfica anterior el 30 % consumen este tipo de productos una vez al día, el otro 30% de 2 a 3 veces por semana con lo que se puede ver que gran parte de la población consume estos productos con frecuencia, lo cual nos indica que puede ser un producto competitivo buscando el posicionamiento del mismo.

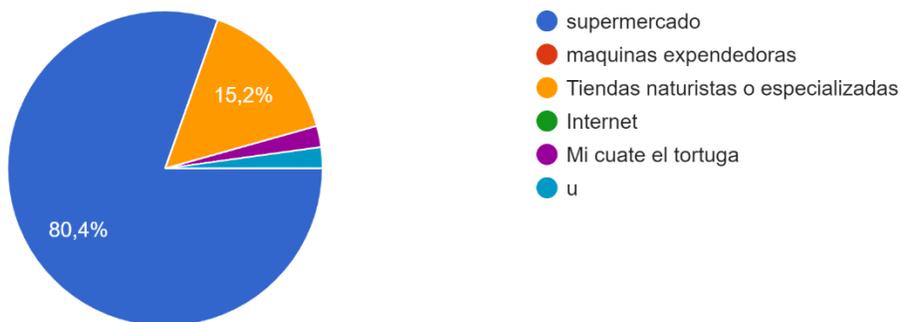


Figura 27. Lugares donde suelen comprar los encuestados

El 80% adquiere estos productos en el supermercado y solo el 15.2 % mediante tiendas naturistas o especializadas por lo que nuestro principal punto de venta serían los supermercados ya que esto facilita la comercialización, así como la localización y distribución de nuestro producto.

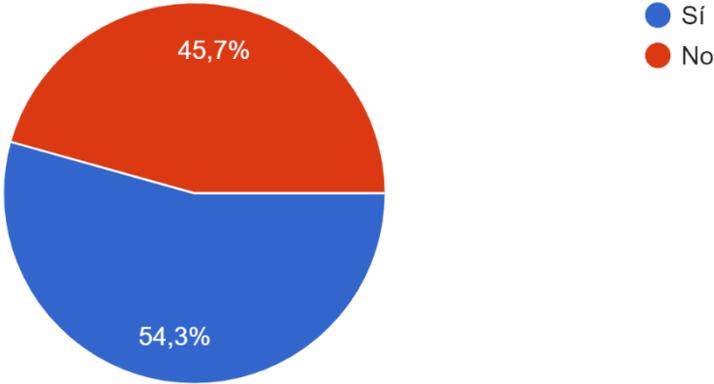


Figura 28. Personas que han escuchado acerca de los productos funcionales

54.3% ha escuchado a cerca de los productos funcionales y el 45.7% no conoce nada acerca de estos, por lo que es importante al momento de realizar la promoción brindar más información para concientizar a las personas sobre los beneficios que tiene el consumo de estos productos para abrir más mercado.

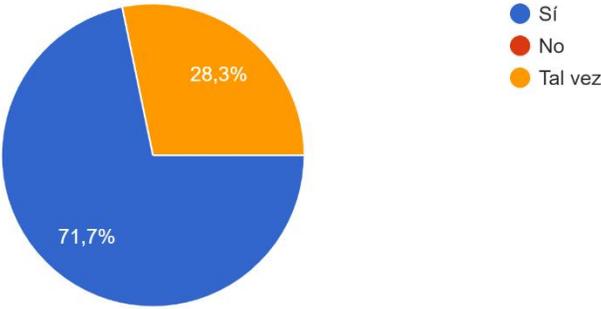


Figura 29. Personas que comprarían un brownie con alto contenido en proteína y fibra y bajo aporte calórico

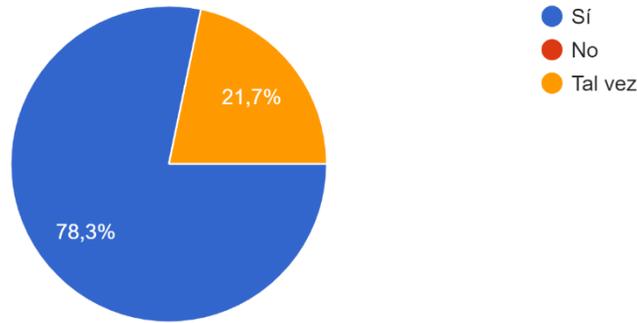


Figura 30. Personas que consumirían un brownie elaborado a base de harina de frijol, avena y plátano adicionado con inulina

La posibilidad de adquirir el producto es de un 71.7% lo cual es un porcentaje bastante alto y nos indica que es un proyecto viable y el 78.3 % estarían dispuestos a consumirlo

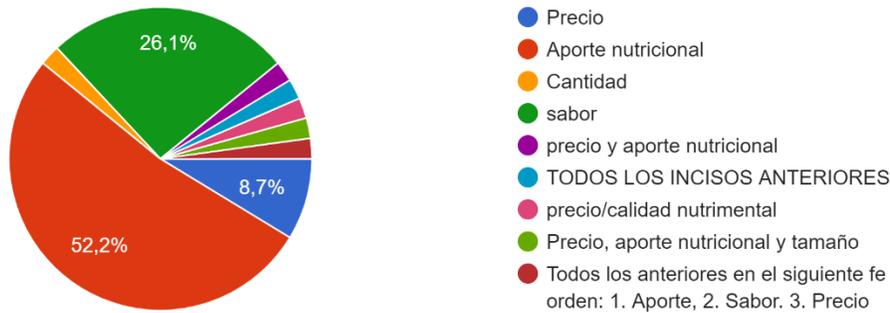


Figura 31. Aspectos buscados por los encuestados en un producto

A través de este estudio de mercado se logró comprobar la factibilidad del proyecto, ya que se puede observar la mayor parte de la población se preocupa por su salud al consumir alimentos que le aporten un mayor valor nutrimental, así como un buen sabor.

3.3 OBJETIVO PARTICULAR 2

3.3.1 Actividad Desarrollo de prototipos

Durante la elaboración de los prototipos se hicieron cambios importantes en la formulación, siendo el más sobresaliente de ellos, el incremento en el porcentaje de huevo para brindar una mayor humedad al producto, misma que conferiría la textura adecuada a los brownies.

Además, se desarrolló una preselección de los mismos con la intención de no presentar todos los prototipos a los jueces, tomando como factores de descarte, la textura y sabor, así se seleccionaron 5 prototipos se presentan en la Tabla 19:

Tabla 20. Prototipos preseleccionados para la evaluación sensorial

Número corrida	Código	% Harina Frijol	% Harina Avena	% Polvo Plátano
3	P820	80.00	20.00	0
4	P721	70.00	20.00	10.00
5	P445	47.50	47.50	5.00
6	P362	33.75	63.75	2.50
8	P632	63.75	33.75	2.50

3.3.2 Actividad Evaluación sensorial de prototipos y selección

Se aplicó una prueba de ordenamiento aplicada se calcularon los promedios y estos a su vez se trataron estadísticamente por medio de Minitab obteniendo los siguientes gráficos:

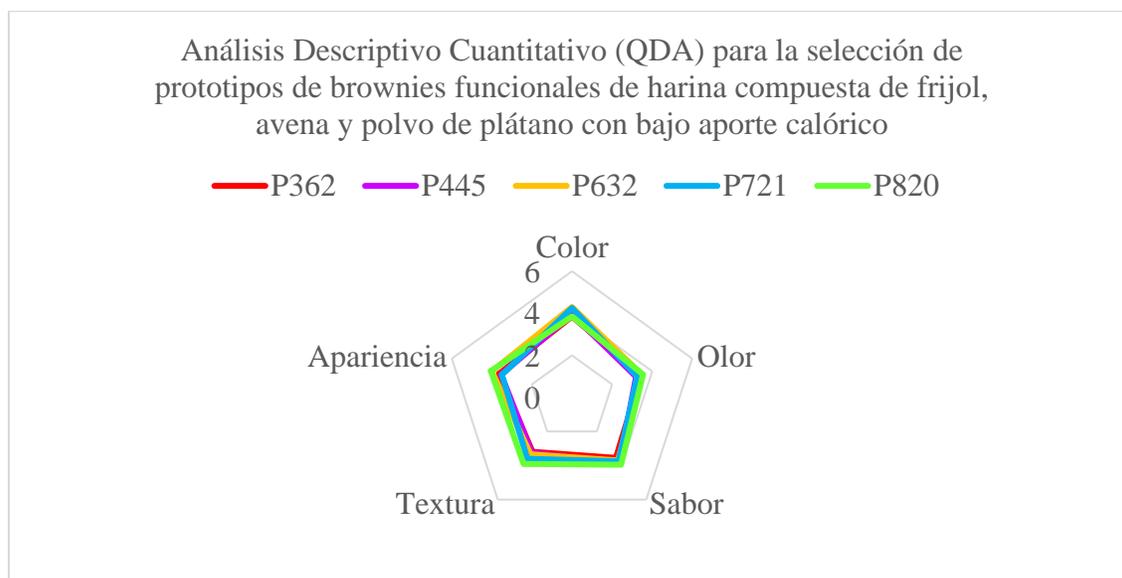


Figura 32. QDA resultante de la evaluación sensorial para la selección de prototipos

En el gráfico de la Figura 32 se puede observar que el prototipo P820 parece ser el mejor, ya que, presentó mayores valores promedio en los atributos de apariencia, olor, textura y sabor; mientras que el prototipo P632 fue el que tuvo un mayor promedio en el atributo de color.

Cabe mencionar que el prototipo P820 en su formulación, contiene un 80% de harina de frijol negro y un 20% de harina de avena.

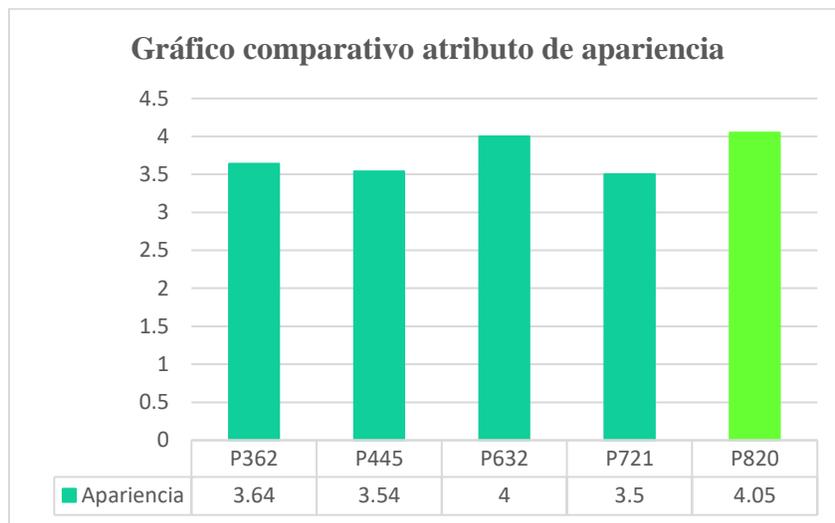


Figura 33. Gráfico de barras para el atributo de apariencia

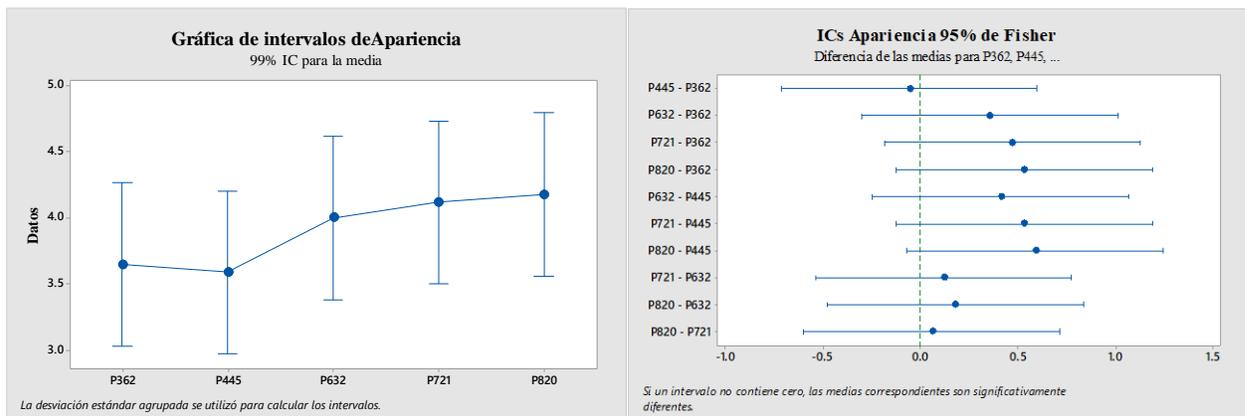


Figura 34. Gráfico de intervalos para el atributo de apariencia

En lo que se refiere a la apariencia de los prototipos se observa en la Figura 33 que el prototipo con el mejor promedio fue el P820 con una diferencia de 0.05 con respecto al P362.

En cuanto al análisis estadístico el valor de $p = 0.0259 \geq \alpha$, por lo tanto, las diferencias entre las medias no son estadísticamente significativas, lo cual se puede observar en la Figura 34

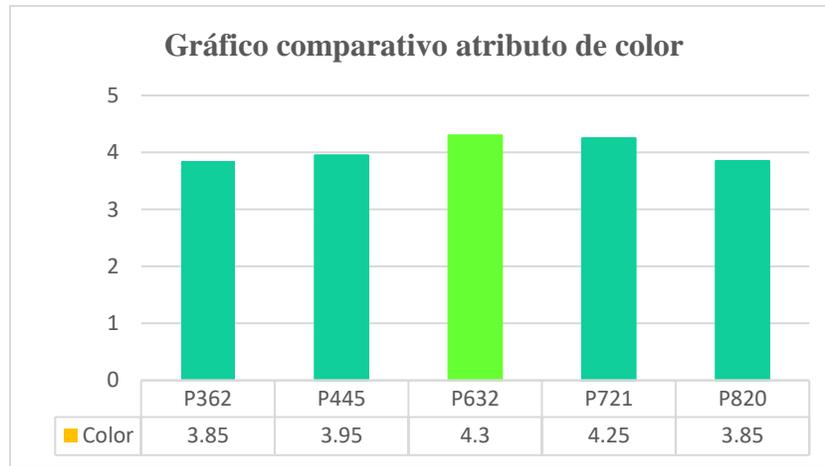


Figura 35. Gráfico de barras para el atributo de color

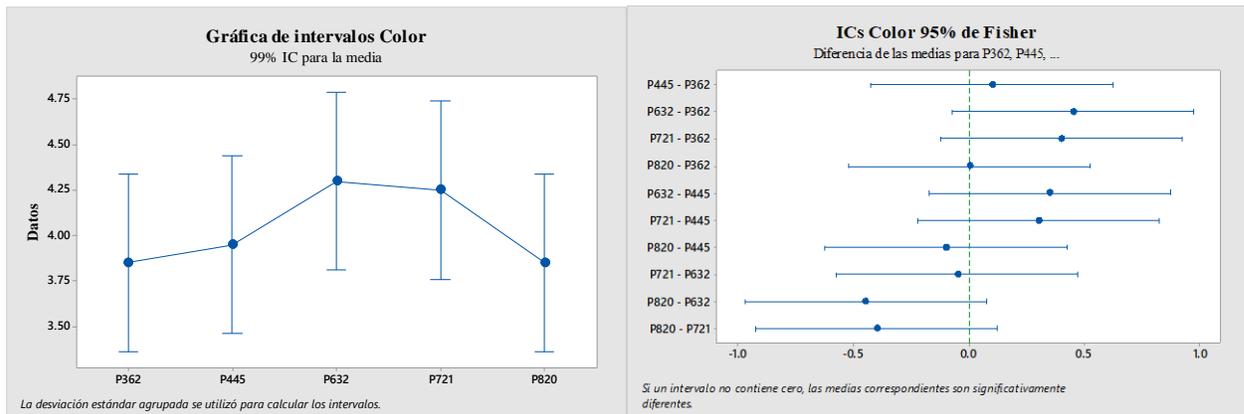


Figura 36. Gráfico de intervalos para el atributo de color.

En la gráfica de la Figura 35 se observa que para el atributo de color el prototipo con el mejor promedio fue el P632 (63.75% de harina de frijol, 33.75% de harina de avena y 2.50% de polvo de plátano). Estadísticamente mediante la gráfica de intervalos en la Figura 36, indica $p=0.246 \geq \alpha$, por lo que no existen diferencias significativas entre las medias, lo cual indica que para este atributo podría seleccionarse cualquiera de los prototipos sin afectar los resultados de la experimentación.

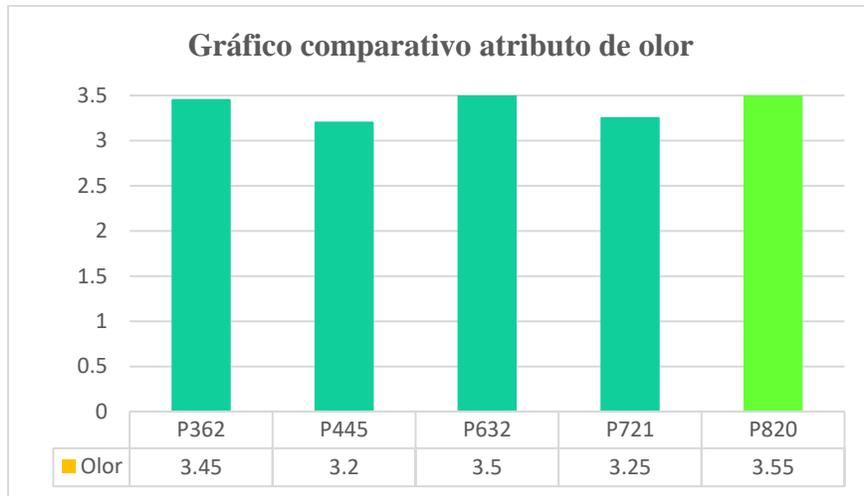


Figura 37. Gráfico de barras para el atributo de olor

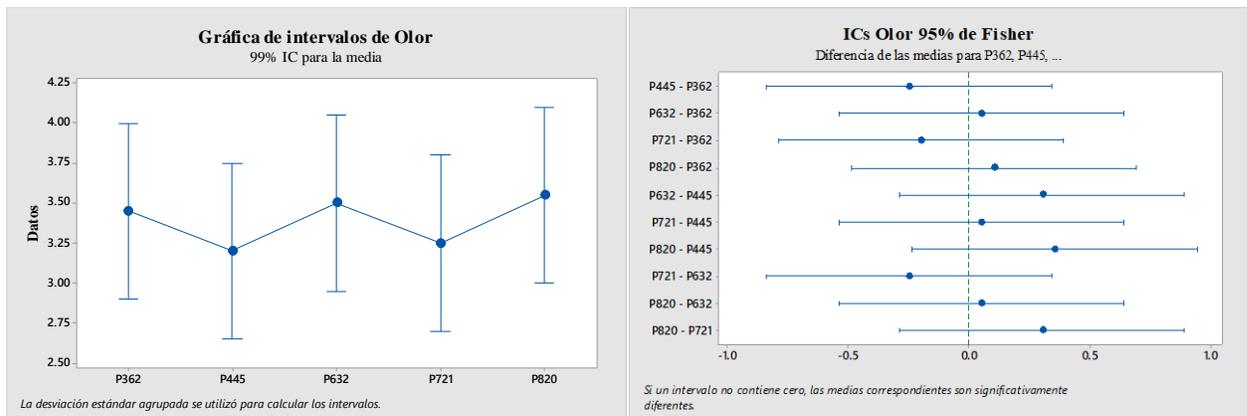


Figura 38. Gráfico de intervalos para el atributo de olor

En cuanto al atributo de olor en la gráfica de la Figura 37 se observa que el prototipo P820 tuvo un mejor promedio con una diferencia de 0.05 y 0.1 con respecto a los prototipos P632 y P362. En cuanto al análisis estadístico, la gráfica de intervalos Figura 38 muestra un valor de $p=0.700 \leq \alpha$ por lo que se acepta la hipótesis nula, todas las medias son iguales y no existe preferencia por alguno de los prototipos.

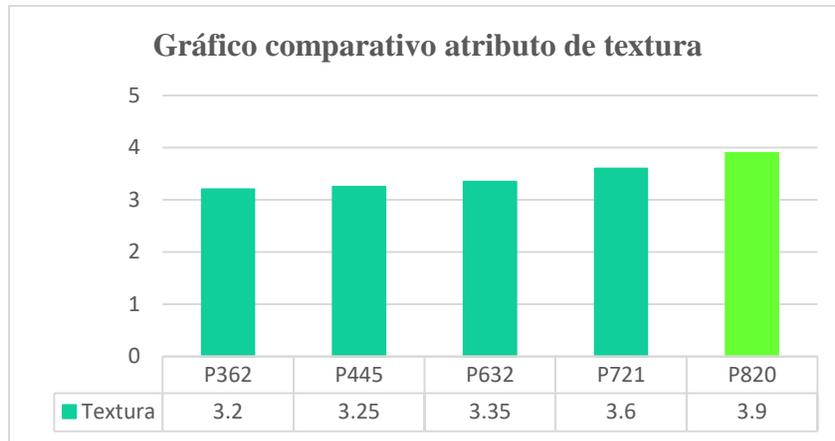


Figura 39. Gráfico de barras para el atributo de textura

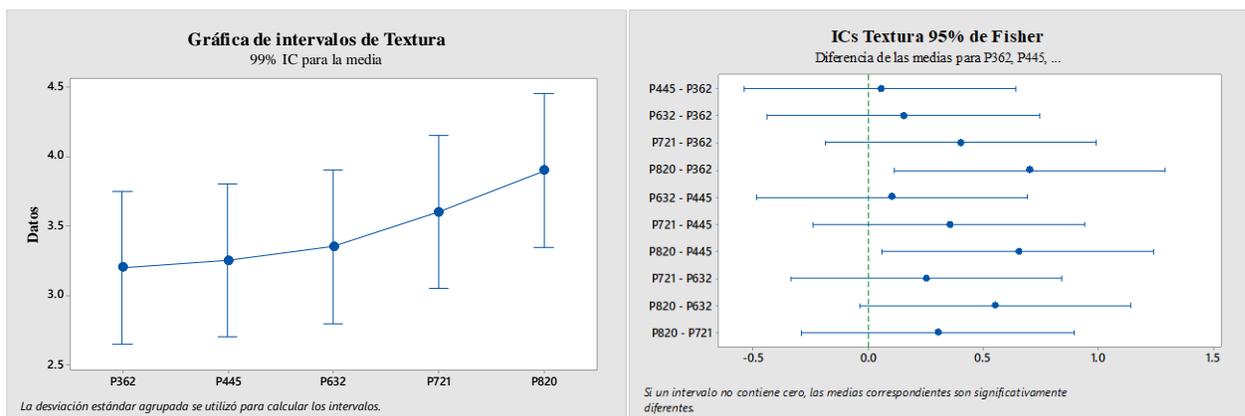


Figura 40. Gráfico de intervalos para el atributo de textura

Para el atributo de textura se puede observar en la Figura 39 que el prototipo P820 presentó mayor preferencia con un promedio de 3.9. En el análisis estadístico el valor de $p = 0.116 \geq \alpha$ por lo que no se rechaza la hipótesis nula y no existen diferencias significativas entre las muestras. Pero de acuerdo a la gráfica de Fisher Figura 40 se puede observar las medias de los prototipos P445 y P362 son significativamente diferentes de los prototipos P820, P721 y P632.

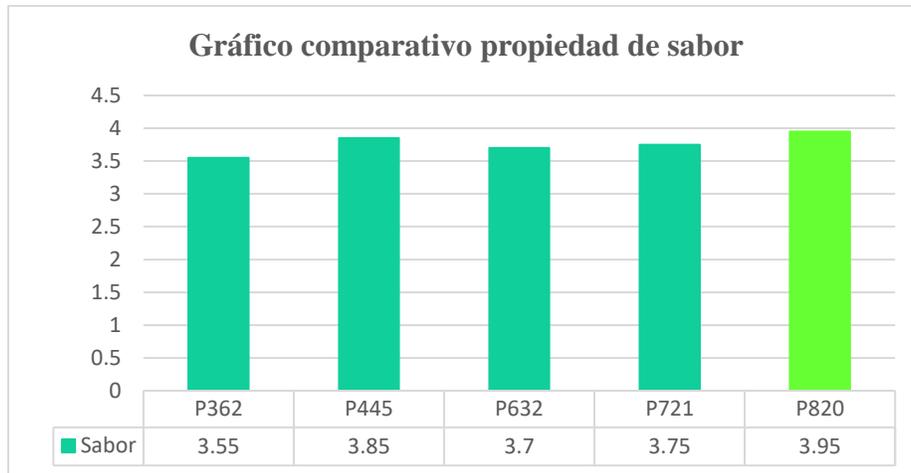


Figura 41. Gráfico de barras para el atributo de sabor

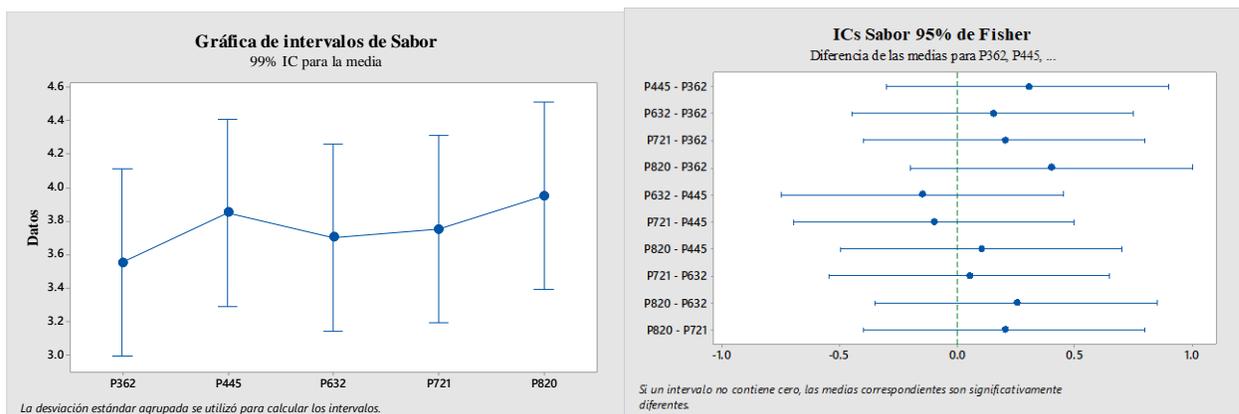


Figura 42. Gráfico de intervalos para el atributo de sabor

Para el atributo de sabor, se observa en la Figura 41 que el mejor promedio lo presentó el prototipo P820 sin embargo estadísticamente mediante las gráficas de intervalos Figura 42 se muestra $p=0.732 \geq \alpha$ por lo que no existen diferencias significativas entre las medias.

Adicionalmente de la evaluación sensorial se obtuvieron una serie de importantes observaciones, las cuales se presentan a continuación:

- Aroma a huevo percibido por los jueces en los prototipos
- Falta de humedad en los prototipos
- Textura dura en alguno de los prototipos (Debida al tiempo de almacenamiento y a la falta de humedad de los mismos)

- Los jueces consideraron que era necesario añadir algún ingrediente extra como nueces, almendras y arándanos

Las observaciones se tomaron en cuenta para realizar una serie de mejoras a la formulación y con ello al prototipo finalmente seleccionado, las más importantes fueron la sustitución de la mitad del porcentaje de huevo de la siguiente forma:

- Goma xantana al 1% para sustituir la parte de la clara del huevo, ya que conferiría volumen y textura (Morán y Soledispa, 2013.)
- Mantequilla marca Gloria para sustituir el porcentaje correspondiente a una yema de huevo y conferir humedad al producto.

Con los ajustes ya descritos, la formulación final quedó de la siguiente manera:

Tabla 21. Formulación final para la elaboración de brownies

Ingredientes	%
Jarabe de agave	33.10
Huevo	18.20
Harina de frijol	17.69
Agua	11.58
Mantequilla	5.96
Cocoa	4.96
Harina de avena	4.42
Inulina	3.31
Polvo para hornear	0.66
Xantana	0.12

En la Figura 34 se puede observar el diagrama de proceso en la elaboración del brownie con las modificaciones antes mencionadas.

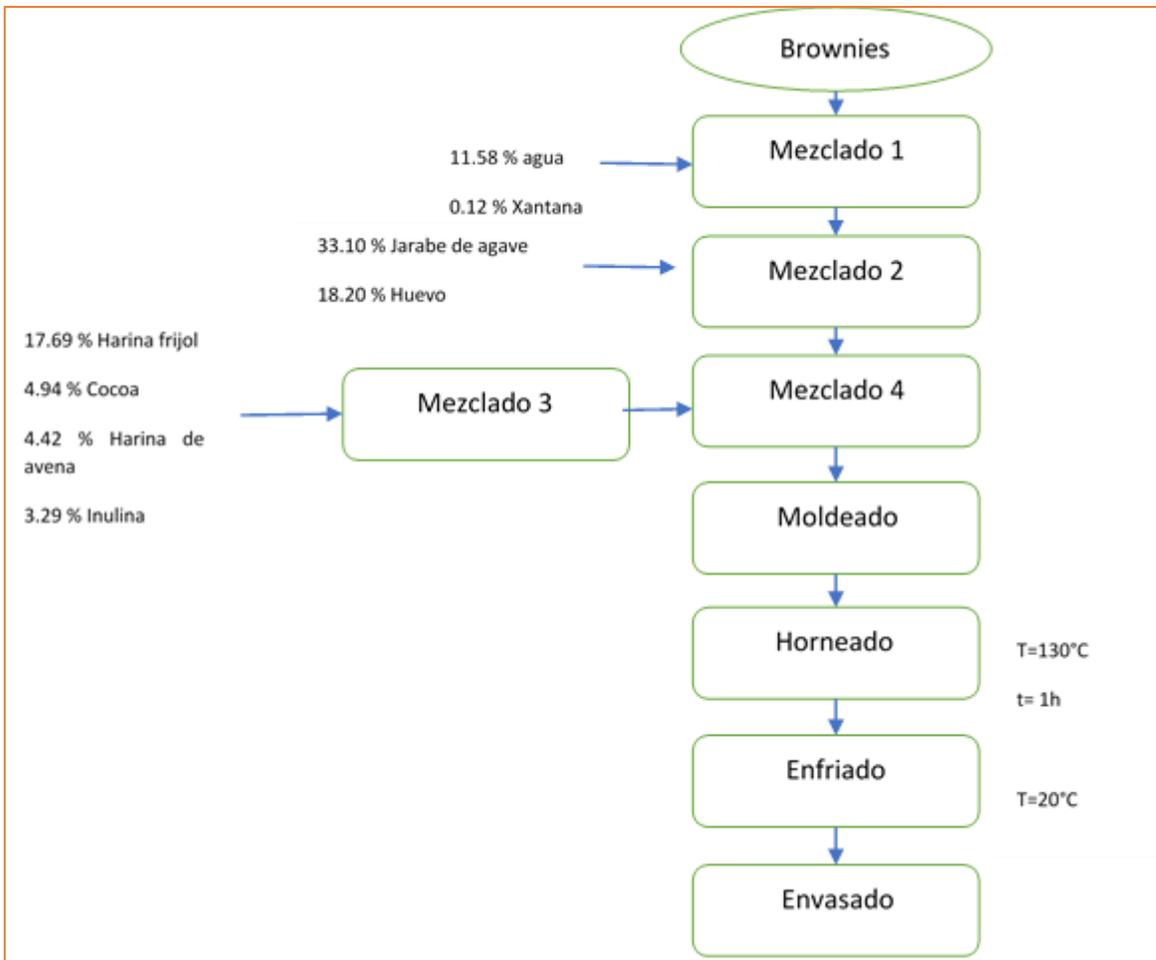


Figura 43. Diagrama de proceso para la elaboración de brownies funcionales

3.4 OBJETIVO PARTICULAR 3

3.4.1 Actividad Caracterización fisicoquímica del prototipo seleccionado

Tabla 22. Resultados de la caracterización fisicoquímica del prototipo seleccionado

pH experimental	Acidez experimental
6.4	0.07

Se realizó la determinación de pH y acidez al producto lo cual puede indicar posiblemente la conservación del producto, un exceso de acidez indica envejecimiento de las harinas. Hernández (2006). El factor de importancia en el crecimiento de los microorganismos es el

pH y no la acidez, sin embargo, la acidez se deriva básicamente de los ácidos orgánicos e inorgánicos que pudiesen estar presente.

La mayoría de los alimentos presentan un pH entre 2 y 7, los microorganismos presentan pH óptimos, máximos y mínimos de crecimiento, por debajo de los cuales no se desarrollan, aunque pueden quedar vulnerables, en panificación los productos presentan pH 5.3-7.6.

El brownie funcional a base de harina de frijol y avena tiene un pH de 6.4 por lo que tiene una corta duración desde que sale del horno, ya que las bacterias suelen crecer mejor en condiciones cercanas a pH 6 y 7.

3.4.2 Actividad Análisis Químico Proximal (AQP) del prototipo seleccionado

En la Tabla 22 se presentan los resultados obtenidos del análisis químico proximal realizado al prototipo seleccionado, donde se observa que respecto a un brownie comercial se logró incrementar los porcentajes de proteína, fibra y cenizas, mientras que a la par se lograron disminuir el contenido de grasas y de azúcar.

De acuerdo al contenido de fibra obtenido de 15.38 % se puede considerar un alimento funcional, ya que un alimento es "Fuente de fibra", si contiene como mínimo 3g/100g en sólidos (Olagnero, Abad, & Bendersky, 2007). Esto se debe principalmente al frijol ya que contiene 8 % de fibra, constituida principalmente por pectinas, pentosanos, hemicelulosa, celulosa y lignina. (Ulloa, Rosas, & Rangel, 2011) y a la avena que aunque no contiene un porcentaje alto de esta, contiene β -glucanos, de igual manera se incorporó inulina de agave, la cual se considera una fibra prebiótica, es decir, se fermenta por las bacterias del intestino, favoreciendo su multiplicación e incrementando el equilibrio en la flora intestinal y en el sistema inmunológico, siendo estos los ingredientes en mayor porcentaje.

El contenido de proteína de brownie funcional fue de 20.16 % a comparación de un brownie comercial con 5.31 % , este aporte se atribuye principalmente al frijol ya que es una fuente rica de proteína conteniendo 21 g/100g, siendo rico en aminoácidos como la lisina, fenilalanina y tirosina; La avena a pesar de estar menos presente contiene 16g /100g de proteína, presenta concentraciones más elevadas de los aminoácidos esenciales por lo que tiene un valor nutritivo superior al de otros cereales.

El Brownie de frijol desarrollado tiene un mayor aporte proteico, así como una mayor cantidad de fibra dietética, lo cual es de suma importancia para considerar su consumo y un mayor aprovechamiento nutrimental, los resultados coinciden con el brownie de frijol y maíz de Betancourt et. al, 2016.

Con respecto al contenido de lípidos y carbohidratos disminuyeron más del 50 % con respecto de producto comercial, por lo que se puede considerar un producto reducido azúcares y grasa de acuerdo con la NOM-086-SSA1-1994, ya que un producto reducido es aquel cuyo contenido de éstas es al menos un 25% menor en relación al contenido del alimento original o de su similar.

Cabe resaltar que presenta un valor de sacarosa del 5.12% y se atribuye a la presencia de los fructanos presentes en el jarabe de agave usado como edulcorante natural además de su capacidad prebiótica e índice glucémico bajo respecto a otros jarabes y mieles naturales (Mellado et. al, 2013).

En cuanto a la humedad, se encontraron valores de humedad que se relacionan con la textura ideal que debe tener un brownie. El brownie funcional contiene 21.59 % de humedad, lo cual se también se relaciona con las características de frescura de este producto. Un brownie con baja humedad tiende a ser quebradizo y da la sensación de envejecido Fernández et. al, reportaron humedades de 20% para panqués de chocolate adicionados con proteínas de suero porcino.

Tabla 23. Resultados del AQP realizado al prototipo seleccionado

Componente	Porcentaje experimental			Porcentaje bibliográfico
	\bar{x} g/100	σ	c.v	
Humedad	21.59	0.03	0.16	9.51
Proteína	20.16	0.25	1.26	5.31
Azúcares Totales	30.09	0.05	0.93	60.18
Grasa	8.45	0.05	0.59	21.24
Fibra	15.38	0.11	0.71	3.5

Cenizas	3.52	0.1	1.75	0.26
---------	------	-----	------	------

3.4.3 Actividad Análisis Microbiológico del prototipo seleccionado

El análisis microbiológico se realizó para llevar a cabo la cuantificación de colonias de bacterias mesófilas aerobias, coliformes totales y mohos y levaduras, los resultados se muestran en la Tabla 23, así como se muestra los límites máximos establecidos por la NOM-147-SSA1-2008 para productos dulces de panificación.

Tabla 24. Resultados análisis microbiológico

Parámetro microbiológico	Teórico (NOM-147-SSA1-2008)	Experimental
Mesófilos aerobios	5000 UFC/ g	105 UFC/ g
Coliformes totales	20 UFC/ g	0 UFC/ g
Mohos y levaduras	50 UFC/ g	20 UFC/ g

Los resultados del análisis indica que el producto se encuentra dentro de los límites máximos permisibles por lo cual el producto cuenta con una adecuada calidad higiénica y todas las etapas del proceso de elaboración fueron cuidadas de forma tal que se evitó la contaminación, así mismo, las materias primas fueron elaboradas o sometidas a tratamientos adecuados antes de llegar a emplearse.

3.5 Objetivo particular 4

3.5.1 Actividad Aceptación del prototipo seleccionado vs un producto comercial

Después de realizarse la prueba de aceptación del prototipo P820 (80% de harina de frijol y 20% de harina de avena) en comparación con los brownies light de la marca Taifeld's (a los cuales se les nombró como prototipo 190), se construyó una gráfica de barras mostrada en la Figura 44 donde se puede observar que fue el prototipo P820 con 40 votos a favor de un

total de 50 el preferido por el total de las personas evaluadas, lo cual constituye un buen indicio de la aceptación del producto en el 80% del mercado.

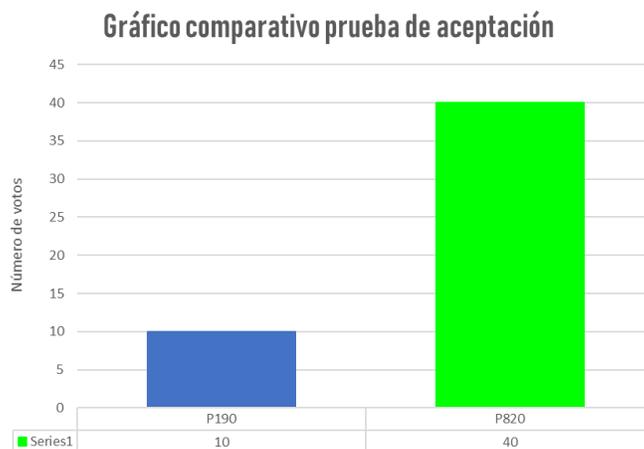


Figura 44. Resultados de aceptación para el prototipo P820 vs Taifeld's

En cuanto al porqué de la elección de los consumidores, se puede resaltar la agradable textura en boca, el intenso sabor a chocolate, así como una humedad superior en comparación con el producto comercial.

3.6 Objetivo particular 5

3.6.1 Actividad Selección del envase

Para la selección del envase se tomó en cuenta la composición química del alimento, así como sus propiedades sensoriales y físicas y llevó a la selección de dos envases compuestos de distintos materiales.

- **Envase Primario:** Se decidió que el envase primario, contendría al brownie en una porción de aproximadamente 30 g y este estaría compuesto por una bolsa de polipropileno transparente, mismo que es ideal por sus características:
 - Bajo costo y alta disponibilidad
 - Protección del alimento
 - Amigable con el medio ambiente
- **Envase Secundario:** Con la finalidad de conservar intacta la apariencia del producto y a su vez proteger al envase primario, se optó por una caja de cartón capaz de albergar a 3 porciones de 30 g, cuyas características más importantes son las siguientes:

- Facilita almacenamiento y transporte
- Resiste la corrosión de ciertos gases
- Opacidad para evitar enranciamiento oxidativo de grasas
- Facilidad de impresión y diseño
- Bajo costo y alta disponibilidad

3.6.2 Actividad Elaboración de la etiqueta

Acorde con los lineamientos establecidos por la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 (2020) se elaboró la etiqueta y la imagen del producto la cual es presentada en la Figura 45.

En la Figura 45 se pueden observar los elementos de mayor obligatoriedad como son el nombre del producto, el contenido neto, así como la información nutrimental tanto delantera como trasera y la lista de ingredientes entre otros.

El producto fue nombrado bajo el nombre de “Bonju” cuyo significado es “Frijol silvestre” en el idioma Otomí y pretende conservar una identidad nacional en un producto tan mexicano como lo es el frijol negro, así como incentivar el consumo de este producto, también existe una similitud con la palabra “Bonjour” que es empleada para dar los buenos días en el idioma francés, dando así un aspecto más gourmet al producto

El color verde alude al medio ambiente, incluyéndolo como uno de sus propios valores de tal forma que sea una marca más valorada por el público y el mercado en el que opera. El objetivo es mostrar un producto que respeta y concilia mejor con el medio ambiente.



Figura 45 Etiqueta final del producto.



Figura 46 Etiqueta final del producto.

Información Nutricional	
Datos de nutrición	Por 30g porción
Contenido energético/calorías	82 kcal
Proteínas	6.0 g
Grasas (lípidos) /grasas totales	3g
Grasa saturada	-----
Carbohidratos /chos totales	9g
Azúcares	0.5g
Fibra dietética	6g

Figura 47. información nutricional

La tabla de información nutricional (Fig 47) se calculó a partir de los resultados del AQP obtenidos multiplicados por el factor correspondiente a proteínas, carbohidratos y lípidos, así como el contenido energético.

De acuerdo a la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 (2020) 100g de Brownie contienen 273 kcal < 275kcal totales establecidas por la misma por lo que no contiene un “Exceso de calorías” del mismo modo menos del 10% de energía proviene de azúcares libres y grasas saturadas por lo que no debe incluir algún sello.



Figura 48. Contenido energético

3.6.3 Actividad Planeación de la mercadotecnia

Finalmente se decidió que la promoción de los brownies se haría por medio de carteles como el presentado en la Figura 49, en lugares como tiendas deportivas y gimnasios de alta concurrencia, adicionalmente se planea promocionar los mismos carteles haciendo uso de las redes sociales.



Figura 49. Cartel para promocionar el producto

CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos del estudio de mercado muestran que el desarrollo de brownies funcionales a base de harina de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y avena con alto contenido en proteína y fibra es factible, ya que el 80.4 % de las personas entrevistadas complementan su actividad física con una buena alimentación y el 78 % de las personas lo consumirían.
- Al realizar una evaluación sensorial se apreció mediante gráficas de barra, preferencia por el prototipo P820, sin embargo, mediante el análisis de varianza se encontró que entre los cinco prototipos de brownie no había diferencia significativa, por lo que se seleccionó el P820 ya que contenía mayor cantidad de harina de frijol.
- La composición química de los brownies de frijol se enriqueció en el contenido de proteína en un 20.16 % y fibra un 15.38 % en comparación de un brownie comercial además de que se redujo más de un 50% el contenido de azúcares y grasa, siendo un producto de gran calidad, competente, funcional y nutritivo.
- El frijol es un buen sustituto de harina de trigo en la elaboración de brownies.
- Con base en los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos se puede decir que el proceso para el desarrollo de brownies a base de harina de frijol, así como la manipulación y recepción de las materias primas se realizaron adecuadamente lo cual se refleja en un producto que no representa riesgo para la salud del consumidor.
- Los brownies con harina de frijol tuvieron un 84% de preferencia con respecto a 16% de brownie comercial.
- Se seleccionó un envase primario de polipropileno transparente que contuviera 1 pieza de 30 g para que fuera visible a través de una abertura en el empaque de cartón siendo un material que, de acuerdo con sus características, puede conservar las propiedades organolépticas y microbiológicas además de ser amigable con el medio ambiente.
- Se diseñó la etiqueta de acuerdo con la normatividad procurando hacer el producto más atractivo para personas que se preocupan por su salud utilizando los elementos de diseño, así como la creación de una marca de origen mexicano.

REFERENCIAS

(s.f.).

Alarcon, G., & Buitrago, H. (2013). Efecto de la avena y/o Lovastatina sobre el perfil lipídico en pacientes dislipidémicos . *U.D.C.A Actualidad y Divulgacion Cientifica*, 319-326.

Andalzua Morales , A. (1994). *La evaluacion sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica*. Acribia S. A.

Aranceta, J., & Serra, L. (30 de Octubre de 2019). *Guía de alimentos funcionales*. Obtenido de Instituto Omega 3: http://www.fesnad.org/resources/files/Publicaciones/guia_alimentos_funcionales.pdf

Austral. (25 de febrero de 2020). Obtenido de Harina de avena:

https://www.australgranos.cl/?fbclid=IwAR2pHiVETvGG8Et1Oy19MhOTgzvLbJwKlX62huPsVL_D4B0ZF7-zn1V5A0k

Belmar, R., & Nava, R. (2000). *factores antinutricionales en la alimentacion de animales monogastricos*. Obtenido de http://www.sian.info.ve/porcinos/publicaciones/encuentros/viii_encuentro/roberto.htm.

Betancourt S., B., Caballero, R. B., & Sosa, M. M. (2016). Una nueva alternativa del procesamiento de frijol negro (*Phaseolus Vulgaris*) en un producto de panificacion tipo brownie dulce,. *Investigacion y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 59-63.

Bishnoi, S., & Khetarpaul , N. (1991). protein digestability of vegetables and field peas(*Pisum sativum*). *Plant Foods for Human Nutrition*, 71-76.

Bobadilla Melendez, M., & Gamez Vázquez , A. (2007). Rendimiento y calidad de semilla de avena en función de la fecha y densidad de siembra. *Revista Mexicana de ciencias agricolas*, 973-985.

Bonnet, O. (1961). The oat plant: its histology and development. *Division of Agriculture and Natural Resources*, 126-135.

carnovale, E., Lugaro, E., & Marconi, E. (1991). Protein quality and antinutritional factors in wild and cultivated species of vigna. *Plants foods for human nutrition*, 11-20.

Champion, J. (1975). *El platano: Técnicas agricolas y producciones tropicales*. Barcelona: Blume.

Charles , W., & Joshep, F. (2006). *Fundamentos de marketing*. Mexico: Pie de imprenta.

CONABIO. (20 de Febrero de 2020). Obtenido de Comision Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad: <http://www.biodiversidad.gob.mx/usos/alimentacion/frijol.html>

Cudderford, D. (1995). Oats for Animal feed. In R.W: Welch, *The Oat and crop production and utilization*, 321-368.

- Daniel, G. Debouck, D., & Hidalgo, R. (27 de 10 de 2019). *Morfología de la plata de frijol comun*. Obtenido de <https://cgspace.cgiar.org/bitstream/handle/10568/81884/morfologia-7eba331e.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- De Mejia, E., Guzman, s., & Acosta, J. (2003). Effect of cultivar and growing location on the trypsin inhibitors tannins and lectins of common bean (*Phaseolus vulgaris*) grown in the semiatid highlands of México. *Journal Agriculture and Food Chemistry*, 51.
- Debouck, D. (1986). Primary diversification of *Phaseolus* in the Americans: Three centres. *Plant Genetic Resources Newsletter*, 2-8.
- Dendy, D., & Bogman, J. (2006). *Cereales y productos derivados: Química y Tecnología*. EUA: Acribia.
- Desrosier, N. W. (1997). *Elements of food technology*. Continental.
- EDULAG. (29 de Octubre de 2019). Obtenido de <http://edulag.com/productos/inulina-en-polvo-de-agave-azul-edu-in100/>
- Espinola Sotres, V., & Trejo Márquez, A. (2018). Caracterización de aguamiel y jarabe de agave originario del Estado de México, Hidalgo y Tlaxcala. *Investigacion y desarrollo en ciencia y tecnología de alimentos*, 522-528.
- FAO. (20 de Febrero de 2020). Obtenido de <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx#ancor>
- Fernández, S., Ramos, G., & Vázquez, L. (2006). Características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de panques de chocolate adicionados con proteínas de suero porcino. *Revista Científica Luz*, 420-427.
- Financiera Rural*. (20 de Febrero de 2020). Obtenido de monografía del frijol: <https://www.yumpu.com/es/document/read/24630266/monografia-del-frijol-financiera-rural>
- FIRA. (07 de Diciembre de 2019). *Panorama agroalimentario*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200638/Panorama_Agroalimentario_Frijol_2016.pdf
- Fisher, L., & Espejo, J. (2003). *Mercadotecnia*. México: Mc Graw Hill.
- González Torres, L. G. (Mayo de 2017). Tesis de licenciatura "Elaboración de harina a base de banano verde para la formulación de pastas dirigidas a personas con intolerancia al gluten". Guatemala de la asunión, Guatemala.
- Grewal, A., & Jood, S. (2006). Effect of processing treatments on nutritional and antinutritional contents of green gram. *Journal of food biochemistry*, 535-546.
- Hagerman, A., & Butler, L. (1978). protein precipitation method for the quantitative determination of tannins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 809-812.
- Hernandez, E. (2005). *Evaluacion sensorial*. Bogota.

- Hernández, P. (25 de febrero de 2020). *Las lectinas vegetales como modelo de estudio de las interacciones proteína carbohidrato[en línea]*. Obtenido de Universidad Autónoma de México: <http://www.facmed.unam.mx/publicaciones/ampb/numeros/2005/01/g_21_27_PEDRO_HERNANDEZ%5B1%5D.pdf>
- Hernández, V., Vargas, M., & Muruaga, J. (2003). Origen, domesticación y diversificación del frijol común: avances y perspectivas. *Fitotec.*, 95-104.
- Higa, M., & Mozón, P. (2009). *Guía de envases y embalajes*. Perú.
- Hughes, T. (1960). Contenido de aminoácidos en los granos de avena. *Food Res.*, 147-152.
- Huisman, J., & Tolman, G. (1992). Antinutritivos en los factores de la planta de proteínas de dietas para no rumiantes. *Recent advances in animal nutrition*.
- infoAgro. (24 de febrero de 2020). Obtenido de <https://www.infoagro.com/herbaceos/cereales/avena.htm>
- inforural. (7 de diciembre de 2019). Obtenido de <https://www.inforural.com.mx/frijol-produccion-nacional/>
- Islas, R. A., Hernández, Z. A., & Calderón de la Maraca, A. (2012). Formulación y elaboración de pastelillos tipo brownies con más fibra y menos calorías que los convencionales. *Archivos latinoamericanos de nutrición*, 185-191.
- Jansman, A. (1993). Taninos en los alimentos para animales de estómago simple. *Nutrition Research*, 209-236.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2007). *Marketing*. México: Pearson.
- Lara Fiallos, M., Lara Gordillo, P., Julián Ricardo, M. C., Pérez Martínez, A., & Benítez Cortés, I. (2017). Avances en la producción de inulina. *Departamento de Ingeniería Química. Universidad Central del Ecuador.*, 352-366.
- Leggett, J., & Thomas, H. (1995). Evolución y citogenética de la avena descubierta en la isla de Canarias. *New Dipliod avena species discovered on the Canary island*, 121-149.
- Liener, I. (1994). Implicaciones de los componentes antinutritivos en los alimentos de soja. *Critical review of food science and nutrition*, 31-67.
- Ma, Y., & Bliss, F. (1978). Proteínas de semillas de frijol común. 431-437.
- Madrigal, L., & Sangronis, E. (2007). La inulina y derivados como ingredientes clave en alimentos funcionales. *ARCHIVOS LATINOAMERICANOS DE NUTRICION*, 397-395.
- Matthews, R. (1990). Legumbres, Química, Tecnología y Nutrición. *USA Marcel Dekker*, 187-191.
- Mazza, G. (2000). *Alimentos funcionales: Aspectos bioquímicos y de procesamiento*. Zaragoza: Acribia.

- Mellado Mojica, E., & López Pérez, M. G. (2013). Análisis comparativo entre jarave de agave azul (Agave tequilana Weber var. azul) y otros jarabes naturales. *Agrociencia*, 233-244.
- Mellado Mojica, M., & López Pérez, M. G. (2013). ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE JARABE DE AGAVE AZUL (Agave tequilana Weber var. azul) Y OTROS JARABES NATURALES. *Agrociencia*, 233-244.
- Mercado, S. (2004). *Investigación de mercados*. publicaciones administrativas contabilidad juridica.
- Muller H., & Gottschalk, W. (1993). The genetic control of seed protein production in legumes. *Biochemistry, Genetics. Nutritive value. The Hague* , 309-353.
- Olagnero, G., Abad, A., & Bendersky, S. (2007). Alimentos funcionales: fibra, prebióticos, probióticos y simbióticos. *Diaeta*, 20-33.
- Olvera , J., & Sanchez, R. (1991). Abriendo surcos. *Claridades Agropecuarias*, 1-32.
- Paredes, O., Guevara, F., & Bello, L. (2006). Los alimentos magicos de las culturas mesoamericanas. *Fondo de Cultura Economica. La ciencia para todos*, 1-205.
- Propiedades del platano macho o verde*. (26 de Febrero de 2020). Obtenido de El mundo de las plantas: www.botanical-online.com/platano-machopropiedades.htm
- Quiceno, M. C., Giraldo , G. A., & Villamizar, R. H. (2014). Caracterización fisicoquímica del plátano (Musa paradisiaca sp. AAB, Simmonds) para la industrialización. *UGCiencia*, 48-54.
- Quiñones, A. (2010). Obtencion de un concentrado de proteina de frijol negro, caracterizacion fisicoquimica y efecto en la concentracion de inulina y expresion genetica de SREBP-1. *Tesis de Maestria: Posgrado en Ciencias Quimicas, Facultad de quimica, Universidad Nacional Autonoma de México*.
- Ramirez, P. (2014). *Sabores del alma*. Bloomington: Palibrio. Obtenido de http://www.mag.go.cr/biblioteca_virtual_ciencia/tec_platano.pdf
- Reynoso, R., Rios, M., & Acosta, J. (2007). El consumo de frijol común (Phaseolus vulgaris L.) y su efecto sobre cancer de colon en ratas. *Sprague-Dawley Agric Tec.*, 43-52.
- Rodríguez Vicente, J. M. (30 de 10 de 2019). *Guia de buena practica clínica en Alimentos funcionales*. Obtenido de https://www.cgcom.es/sites/default/files/gbpc_alimentos_funcionales.pdf
- Ruiz , E., & Cenarro, T. (2016). *La importancia del etiquetado*. Zaragoza: AEPap.
- SAGARPA. (07 de diciembre de 2019). *margenes de comercialización*. Obtenido de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/67384/MC_platanmach_agosto_2015.pdf
- Sánchez Quezada, V., & Concha Herrera, V. (2016). ENCAPSULACIÓN DEL JARABE DE AGAVE . *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos* , 600-605.

- Sánchez Quezada, V., Concha Herrera, V., Prieto Contretas, L. F., & Téllez, J. (2016). Encapsulación de jarabe de agave. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 600-605.
- Sanchez, A., & Ramirez, O. (1998). Detección de inhibidores de proteasas en extractos de leguminosas y su efecto sobre proteasas endógenas en el músculo de pescado. *Ciencia y tecnología Alimentaria*, 12-19.
- Sharon, N., & Lis, H. (1998). Carbohydrate-specific proteins that mediate cellular recognition. *Chem. Rev.*, 637-674.
- Siddhuraju, P., & Becker, K. (2000). Studies on the nutritional composition and antinutritional factors of three different germplasm seed materials of an under-utilised tropical legume *Mucuna puriens*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 6048-6060.
- Singh, S. (1999). Production and utilization. *Common bean improvement in the twenty-first century*, 1-24.
- Soto Azurduy, V. S. (2010). Cuantificación de almidón total y de almidón resistente en harina de plátano verde (*Musa cavendishii*) y banana verde (*Musa paradisíaca*). *Revista boliviana de química*, 94-99.
- Stanton, W., Walker, B., & Etzel, M. (2007). *Fundamentos de Marketing*. Mexico: Mc Graw Hill.
- Staswick, P., Vockler, T., & Vitale, A. (1986). Molecular biology of seed storage proteins and lectins. *University of California*, 109-115.
- Tobar, J. (1992). *Bioavailability of Starch in the processed legumes*. Obtenido de Suecia: Tesis Doctoral Universidad de Lund.
- Ulloa, M., Rosas, P., & Rangel, E. (2011). El frijol (*Phaseolus vulgaris*): su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos. *Revista Fuente*, 5-9.
- Urías Silvas, J. E. (Enero de 2008). tesis de doctorado Efecto prebiótico de los fructanos de Agaves y Dasyliirion y su implicación en el metabolismo de glucosa y lípidos en ratones. Irapuato, Guanajuato, México.
- Valenzuela B., A., Valenzuela, R., Sanhueza, J., & Morales I., G. (2014). Alimentos funcionales, nutraceuticos y foshu: ¿vamos hacia un nuevo concepto de alimentación? *Rev Chil Nut*, 198-204.
- Wyatt, C., & Triana, A. (1994). Soluble and insoluble Fe, Zn, Ca and phytate in food commonly consumed in Northern Mexico. *Journal agricultural Food Chemistry*, 204-209.
- Zumaran Albarado, E., & Juarez Garcia, M. (2017). Desarrollo de un pay de harina de frijol negro San Luis con mermelada de chilacayote de altas propiedades nutricionales. *Investigacion y ciencia*, 27-33.