

Desarrollo de una mezcla de harinas de maíz (*Zea mays L.*), frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) y semillas de ayote (*Cucurbita moschata*) para la elaboración de productos con mayor aporte proteico

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería en Ciencias de los Alimentos



Desarrollo de una mezcla de harinas de maíz (*Zea mays L.*), frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) y semillas de ayote (*Cucurbita moschata*) para la elaboración de productos con mayor aporte proteico

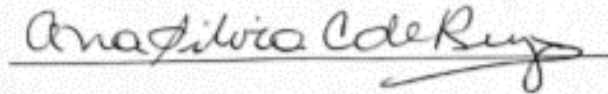
Trabajo de graduación presentado por Beatriz Cifuentes
Raxtum para optar al grado académico de Licenciada
en Ingeniería en Ciencias de los Alimentos

Guatemala,

2019

Vo.Bo.:

(f)



MSc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

Tribunal examinador

(f)



MSc. Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f)



MSc. Patricia Palacios de Palomo

(f)



Dra. Marializ Gramajo Rodriguez

Guatemala, 4 de diciembre de 2019

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Porque de Él, por Él y para Él son todas las cosas (Romanos 11:36). Gracias por darme la gracia, sabiduría y fuerzas para hacer este trabajo.

A mi madre

Por su apoyo y amor incondicional, por siempre estar a mi lado y por cada uno de sus abrazos, oraciones, consejos y palabras de ánimo.

A mi hermano

Por su apoyo y amor incondicional, por siempre estar a mi lado y por cada uno de sus abrazos, oraciones, consejos y palabras de ánimo.

A mi padre

Por su amor, apoyo, oraciones y siempre estar pendiente.

A mi familia

Por su apoyo, oraciones y palabras de ánimo en todo este tiempo.

A mis amigos

Por su amor, ayuda, apoyo incondicional y sus palabras de ánimo cada momento.

A la Lda. Colmenares

Por su apoyo, comprensión, paciencia y conocimiento para realizar este trabajo.

A Frito Maíz

Por su apoyo y asesoría en la realización de este trabajo.

A Iliana, Edwin y Byron

Por su ayuda y paciencia en cada una de las pruebas y análisis de este trabajo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	v
LISTA DE CUADROS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	x
RESUMEN	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. ANTECEDENTES	2
III. JUSTIFICACIÓN	6
IV. OBJETIVOS	9
V. MARCO TEÓRICO.....	10
A. Desnutrición y tipos de desnutrición.....	10
B. Mezclas vegetales.....	11
C. Sistema milpa.....	12
1. Aspectos nutricionales del sistema milpa	13
2. Evaluación de calidad de proteína	15
VI. METODOLOGÍA.....	18
VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	30
A. Obtención de harinas.....	30
B. Desarrollo de formulaciones para la elaboración de productos	31
C. Elaboración de productos	33
D. Análisis sensorial de aceptación de productos elaborados con las formulaciones con la mejor capacidad de formación de tortillas	35
E. Análisis físicos y fisicoquímicos de la formulación con mayor aceptación.....	41
F. Análisis proximal.....	43
G. Determinación de contenido de aminoácidos	45
VIII. CONCLUSIONES	47
IX. RECOMENDACIONES.....	48
X. BIBLIOGRAFÍA	49
XI. ANEXOS	53

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Composición proximal de grano de maíz blanco, frijol negro y semillas de ayote y contenido de aminoácidos (lisina y triptófano).....	14
Cuadro 2. Rendimiento de proceso de obtención de harina de maíz, frijol y semillas de ayote.....	31
Cuadro 3. Dureza de masa según formulación desarrollada.....	32
Cuadro 4. Análisis de color de tortillas frescas elaboradas con formulación (70:25:5) y (80:15:5).....	33
Cuadro 5. Análisis de dureza de tortillas frescas elaboradas con formulación (70:25:5) y (80:15:5).....	34
Cuadro 6. Análisis de color de tortillas fritas tipo botana elaboradas con formulación (70:25:5) y (80:15:5).....	34
Cuadro 7. Análisis de dureza de tortillas fritas tipo botana elaboradas con formulación (70:25:5) y (80:15:5).....	35
Cuadro 8. Análisis sensorial de aceptación de tortillas frescas elaboradas con las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas	36
Cuadro 9. Análisis de aceptación de tortillas fritas tipo botana elaboradas con las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas	39
Cuadro 10. Análisis de color de la formulación con mayor aceptación	42
Cuadro 11. Análisis de granulometría la formulación con mayor aceptación.....	42
Cuadro 12. Análisis de absorción de agua y aceite y actividad de agua de la mezcla de mayor aceptación	43
Cuadro 13. Análisis proximal en porcentaje de la formulación de mayor aceptación y de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana elaboradas con la misma	43
Cuadro 14. Determinación de contenido de triptófano y lisina de la formulación de mayor aceptación y de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana elaboradas con la misma...	45
Cuadro 15. Pesos de ingredientes utilizados en la obtención de harina de maíz	53

Cuadro 17. Pesos de ingredientes utilizadas en el proceso de obtención de harina de semillas de ayote	55
Cuadro 18. Análisis de dureza de masa según cada formulación desarrollada	56
Cuadro 19. Pesos de ingredientes utilizados en la elaboración de tortillas frescas con formulaciones con la mejor capacidad de formación de tortillas	57
Cuadro 20. Pesos de ingredientes utilizados en la elaboración de tortillas fritas tipo botana con formulaciones con la mejor capacidad de formación de tortillas.....	58
Cuadro 21. Valores F de análisis de ANOVA de variables de color L*, a* y b* de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana	59
Cuadro 22. Valores F de análisis de ANOVA de pruebas de dureza de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana	59
Cuadro 23. Valores F de análisis de ANOVA de análisis sensorial de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana	64
Cuadro 24. Determinación de contenido de humedad en mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana	65
Cuadro 25. Determinación de contenido de cenizas en mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana	65
Cuadro 26. Determinación de contenido de carbohidratos en mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana	65
Cuadro 27. Determinación de contenido de grasa en mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana	66
Cuadro 28. Determinación de contenido de proteína en mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana	66
Cuadro 29. Estándares de curva de calibración para determinación de contenido de triptófano.....	66
Cuadro 30. Determinación de contenido de triptófano en mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana	67

Cuadro 31. Estándares de curva de calibración para determinación de contenido de lisina disponible.....	67
Cuadro 32. Determinación de contenido de lisina disponible en muestra A de mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana.....	68
Cuadro 33. Determinación de contenido de lisina disponible en muestra B de mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana.....	68
Cuadro 34. Determinación de contenido de lisina disponible total en mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana.....	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Valores de relación eficiencia proteica (REP) de diferentes mezclas de maíz y frijol.....	122
Figura 2. Diagrama de proceso estandarizado de obtención de harina de maíz	18
Figura 3. Diagrama de proceso estandarizado de obtención de harina de frijol	19
Figura 4. Diagrama de proceso estandarizado de obtención de harina de semillas de ayote	20
Figura 5. Diagrama de proceso de elaboración de tortillas frescas.....	21
Figura 6. Diagrama de proceso de elaboración de tortillas fritas tipo botana.....	22
Figura 7. Harina de maíz nixtamalizado	31
Figura 8. Harina de frijol	31
Figura 9. Harina de semilla de ayote	31
Figura 10. Gráfica de dureza de masa según formulación desarrollada	32
Figura 11. Masa según formulación desarrollada	33
Figura 12. Tortillas frescas elaboradas con formulación (70:25:5)	34
Figura 13. Tortillas frescas elaboradas con formulación (80:15:5)	34
Figura 14. Tortillas fritas tipo botana elaboradas con formulación (70:25:5)	35
Figura 15. Tortillas frescas elaboradas con formulación (80:15:5)	35
Figura 16. Análisis de aceptación general de tortillas elaboradas las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas	36
Figura 17. Análisis de apariencia de tortillas elaboradas las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas	37
Figura 18. Análisis de sabor de tortillas elaboradas las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas	37
Figura 19. Análisis de textura de tortillas elaboradas las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas	38
Figura 20. Análisis de aceptación general de tortillas fritas tipo botana elaboradas con las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas	39
Figura 21. Análisis de apariencia de tortillas fritas tipo botana elaboradas con las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas	40

Figura 22. Análisis de sabor de tortillas fritas tipo botana elaboradas con las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas	40
Figura 23. Análisis de textura de tortillas fritas tipo botana elaboradas con las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas	41
Figura 24. Formulación con mayor aceptación (80:15:5).....	42
Figura 25. Solución de cal para nixtamalización del maíz	53
Figura 26. Nixtamalización del maíz	53
Figura 27. Remojo del maíz por 24 horas.....	53
Figura 28. Secado de granos en deshidratador eléctrico.....	53
Figura 29. Molienda de granos de maíz.....	54
Figura 30. Harina de maíz nixtamalizado	54
Figura 31. Tratamiento de granos de frijol con bicarbonato de sodio	54
Figura 32. Cocción de granos de frijol.....	54
Figura 33. Secado de granos en deshidratador eléctrico.....	55
Figura 34. Molienda de granos de frijol.....	55
Figura 35. Harina de frijol	55
Figura 36. Semillas de ayote.....	56
Figura 37. Molienda de semillas de ayote	56
Figura 38. Harina de semillas de ayote.....	56
Figura 39. Mezcla de harinas de maíz, frijol y semillas de ayote.....	57
Figura 40. Formación de tortillas con máquina tortillera Gonzalez	57
Figura 41. Cocción de tortillas.....	57
Figura 42. Tortillas frescas	57
Figura 43. Corte de tortillas para dar forma de botana	58
Figura 44. Proceso de fritura.....	58
Figura 45. Tortillas fritas tipo botana	58
Figura 46. Muestras entregadas a panelistas.....	64
Figura 47. Panelistas evaluando muestras	64
Figura 48. Curva de calibración de contenido de triptófano.....	67
Figura 49. Curva de calibración de contenido de lisina disponible	68

RESUMEN

Guatemala ocupa el primer lugar de América Latina en cuanto al índice de desnutrición crónica y el sexto a nivel mundial. Teniendo como consecuencia efectos negativos no solo en la salud de las personas que sufren esta condición, sino también en la economía y el desarrollo del país. Por lo que el objetivo principal de este estudio fue el desarrollo de una mezcla de harinas de maíz (*Zea mays L.*), frijol (*Phaseolus vulgaris L.*) y semillas de ayote (*Cucurbita moschata*) para la elaboración de productos con mayor aporte proteico.

Para ello se llevó a cabo el proceso de obtención de cada una de las harinas. Se desarrollaron dos formulaciones de mezcla con la mayor capacidad de formación de tortillas y se elaboraron tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana. Cada producto con cada formulación se evaluó sensorialmente en los aspectos de muestra general, apariencia, sabor y textura. Se determinó que la formulación con mayor aceptación fue la de 80% harina de maíz, 15% harina de frijol y 5% harina de semillas de ayote. A esta se le realizaron análisis físicos (granulometría y color) y fisicoquímicos (actividad de agua e índice de absorción de agua y aceite). Asimismo, para determinar el efecto de la combinación de estos cultivos en el contenido de proteína de la mezcla y subproductos se realizó un análisis proximal. En cuanto a la complementariedad de contenido de aminoácidos de lisina y triptófano en el maíz se llevó a cabo un análisis de determinación de estos aminoácidos por espectrofotometría UV/Vis.

Se concluyó que existe un efecto significativo en el contenido de proteína debido a la combinación de maíz, frijol y semillas de ayote en una mezcla de harinas de estos y subproductos. Además, sí existe una complementariedad del contenido de los aminoácidos de lisina y triptófano en el maíz, tras la adición de frijol y semillas de ayote en el desarrollo de una mezcla de harinas y subproductos.

I. INTRODUCCIÓN

La milpa es un sistema tradicional de cultivo, que consiste en un ecosistema de la siembra de maíz (*Zea mays* L.), ayote (*Cucurbita spp.*) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). Estos tres cultivos no solo pueden coexistir en la naturaleza, sino que también se complementan nutricionalmente. Esto se debe a que el maíz es deficiente en dos aminoácidos esenciales (lisina y triptófano), mientras que el frijol es una fuente importante de lisina y, según estudios, las semillas de ayote son una fuente alta de triptófano. Por lo que el objetivo principal de este estudio es la formulación de una mezcla de harinas de estos tres cultivos para la elaboración de productos con mayor valor nutricional.

Por otro lado, el alto grado de desnutrición de Guatemala ha sido un problema que no se ha logrado combatir en su totalidad a pesar de los planes de estratégicos y alimentos que pueden ser una solución para dicho problema. Sin embargo, irónicamente, un estudio en el año 2017 por parte de la FAO/OMS señaló que la venta productos procesados y ultraprocesados, como lo son las frituras, ha ido en aumento. Esto se debe a la fácil accesibilidad de la población a este tipo de productos y al cambio en el comportamiento de consumo de los últimos años.

Es por esto que como primer producto elaborado con la mezcla desarrollada fueron las tortillas frescas, debido a que son la base de la dieta diaria de la mayoría de la población guatemalteca. Asimismo, el segundo producto elaborado fueron tortillas fritas tipo botana. Siendo esta una nueva estrategia para ofrecer alimentos populares a partir de ingredientes culturalmente conocidos, pero con un mayor valor nutricional. Determinando así el efecto de la combinación de tres cultivos en el contenido nutricional y de aminoácidos esenciales.

II. ANTECEDENTES

Los principales factores que han intervenido en el cambio de prácticas alimentarias de las comunidades son: las modificaciones en el entorno sociocultural, la industrialización de la actividad económica, el incremento del sector servicios, la definición de nuevas estrategias comerciales, la ampliación de las redes de distribución y transporte y los programas gubernamentales de alimentación. Estos factores han implicado procesos de transformación del sistema alimentario y sus prácticas. Esto debido a que se ha pasado de comunidades básicamente de autoproducción de alimentos para el consumo familiar a sociedades con mayor dependencia del mercado de alimentos (Nájera, 2010).

En Guatemala, los alimentos de mayor consumo en la base de la dieta familiar en cuanto a cereales son: tortillas y tamalitos. Esta selección se determina, principalmente, por razones de costumbres familiares, el precio de los alimentos y tradiciones de cada departamento, de los cuales algunos consumen en lugar de tortilla, tamalitos de masa (Solorzano, 2015). La tortilla, y en menor medida el frijol, son los únicos alimentos presentes en la dieta alimentaria de manera constante (SESAN, 2014). Por lo que se han realizado varios estudios de fortificación de este alimento, para que su ingesta sea de beneficio en el aspecto nutricional. Debido a que su consumo es diario y, principalmente, por parte de la población que sufre de desnutrición.

En México, se realizó la fortificación de tortilla de maíz con lisina y triptófano. Este estudio consistió en la evaluación de 156 niños de 3 a 6 años, los cuales se dividieron en dos grupos. El primer grupo de niños consumió tortillas fortificadas con lisina y triptófano por doce meses; mientras que el segundo grupo consumió tortillas sin fortificación.

La fortificación consistió en agregar a la masa 2.9 g de lisina y 0.63 g de triptófano por cada kilogramo de maíz. Se realizó un análisis sensorial que demostró no haberse dado ningún cambio en la aceptación de la tortilla de maíz con la adición de aminoácidos sintéticos (Ramón, 2012).

En cuanto al aspecto nutricional, los niños, que consumieron tortilla fortificada, presentaron mejoras. Sin embargo, la diferencia no alcanzó el nivel de significancia estadística del 95%. Posiblemente, se tuvo este resultado debido a que la influencia de los aminoácidos no es la única, ya que son de importancia fundamental factores adicionales como el consumo de energía (Ramón, 2012).

Por otro lado, se realizó un estudio enfocado en el desarrollo de tortillas de maíz fortificadas con fuentes de proteína y fibra y su efecto biológico en un modelo animal. En este estudio, se realizaron dos formulaciones: tortillas fortificadas con harina de frijol y amaranto para determinar una fortificación proteica; y tortillas fortificadas con harina de nopal y alga para determinar una fortificación con fibra dietética. Se tuvo como resultado que la primera formulación presentó un aumento significativo de proteína rica en lisina y triptófano. Asimismo, la segunda formulación aumentó hasta un 30% de fibra dietética (Vásquez, 2013).

Por último, se realizaron estudios *in vivo* con ratas Wistar para determinar el efecto de la fortificación sobre el crecimiento y desarrollo. Como resultado se tuvo un efecto positivo en ambos factores de las ratas. La formulación con un mejor efecto proteico consistió en un 90% de maíz, 3% de frijol y 7% de amaranto; mientras que la formulación con mayor proporción de fibra se basó en un porcentaje de 90% de maíz, 3% de nopal y 7% de alga (Vásquez, 2013).

En otro estudio, se evaluaron cuatro formulaciones de tortilla de maíz fortificada con 10% de una mezcla de harinas de amaranto (*Amaranthus spp.*), frijol (*Phaseolus vulgaris*) y nopal (*Opuntia ficus – indica*) para aumentar su cantidad de proteína, fibra y micronutrientes; así como evaluar su aceptación y similitud con una tortilla 100% de maíz nixtamalizado. En cuanto a proteína, se determinó que la formulación de 90% maíz, 3% frijol, 5% amaranto y 2% nopal tuvo el mejor resultado de 6.82 g de proteína por 100g de muestra. Ahora bien, con respecto a la cantidad de fibra dietética, la formulación con la mayor cantidad (4.42 g/100 g de muestra) fue la que consistió en 90% maíz, 3% frijol, 3% amaranto y 3% nopal. Sin embargo, mediante un análisis sensorial se estableció que la

formulación con mejores propiedades texturales y sensoriales fue la que se basó en 90% maíz, 2% frijol, 6% amaranto y 2% nopal, cuyo contenido de proteína fue de 6.73g por 100 g de muestra y de fibra fue de 4.10 g por 100 g de muestra (Rodríguez, 2010).

Ahora bien, según estudios en los últimos años, se ha identificado que en los primeros años de vida los niños y niñas no obtienen una buena alimentación. Esto se debe a que el consumo de “golosinas” (bombones, frituras, etc.) ha ido en aumento y ha sido adaptado por madres de familia para ser consumidas como alimento constante en los tiempos de comida, ya que se consume lo que económicamente tienen al alcance los padres (Sis, 2014). Asimismo, según el estudio “*Dynamics of Food Consumption in Q’eqchi’ Maya Community*”, se establece que en las comunidades la población considera a las frituras de papa como no saludables; mientras que las frituras de tortilla sí lo son. Esto se debe a que estas últimas se asocian con la tortilla, la cual es un alimento que los pobladores conocen desde siempre. Por lo que estas asociaciones con la tortilla causan que este tipo de producto se considere como un alimento saludable (Lucas, 2017). Explicando con ello el incremento de la popularidad de consumo de estos productos en las comunidades, principalmente, entre niños.

Se ha determinado que Guatemala está en el puesto 32 de 80 países a nivel mundial, y el puesto 6 de 13 países de la región latinoamericana y Caribe de ventas anuales de productos ultraprocesados. Dichas ventas presentan cifras de 114.6 kilogramos (252.12 libras) de productos procesados y ultraprocesados por persona al año. Además, este tipo de producto presenta la tendencia de ser alimentos con bajo valor nutricional y altos contenidos de azúcar, grasa y sal (FAO, 2017).

Es por esto que, se realizó un estudio, cuyo objetivo fue determinar la calidad proteica y aceptabilidad de tres formulaciones de tortillas de maíz y frijol tipo botana. Las formulaciones realizadas fueron tortillas tradicionalmente fritas producidas con maíz amarillo, tortillas fritas y horneadas con maíz negro y frijol negro. Para ello las fórmulas utilizadas consistieron en una formulación de maíz y cal para la elaboración de la masa y utilizando el proceso de fritura. En la segunda formulación se sustituyó el 30% del maíz

con frijol en la masa y manteniendo el proceso de fritura. La tercera formulación consistió en la sustitución de 30% de maíz con frijol en la masa, pero se realizó un proceso de horneado. Se concluyó que la calidad proteica es mayor en tortillas tipo botana que contienen maíz y frijol que en las tortillas tipo botana originales a base de maíz. La adición de frijol al 30% en una tortilla tipo botana de maíz aumenta la calidad de la proteína en el producto de 114mg/g N a 267 mg/g N. Asimismo, dicha adición aumenta la cantidad de la proteína en el producto de 6.5% a 10.3% (Escobar, 2012).

Por otro lado, se llevó a cabo el desarrollo de una tortilla chip a base de maíz, enriquecida con omega 3 a través de la incorporación de semillas de ajonjolí, chía y linaza. Teniendo como objetivo principal el desarrollo de una botana, que contenga un aporte significativo de omega 3, con una aceptación del mercado. Se tomó como muestra principal la formulación con mayor aceptación, la cual presentó un alto contenido de ácido alfa – linolénico (ALA). Por lo que se concluyó la tortilla chip con semillas de ajonjolí, chía y linaza sí posee un aporte de omega 3 significativo (Rennief, 2018).

III. JUSTIFICACIÓN

Guatemala es el país de América Latina y el Caribe con mayor índice de desnutrición y se posiciona en el sexto lugar a nivel mundial. Asimismo, aproximadamente, el 49.8% de los niños y niñas menores de 5 años (más de un millón trescientos mil niñas y niños entre 0 y 5 años) pasan hambre. En otras palabras, uno de cada dos niños sufre de desnutrición crónica. Siendo la población indígena con la mayor prevalencia. Los departamentos con un índice de desnutrición del 70% son: Totonicapán, Sololá, Quiché y Huehuetenango (ICEFI, 2011).

La desnutrición crónica infantil se refiere al retraso del desarrollo físico y mental de niños y niñas menores de cinco años. Esta condición se debe a que el cerebro no llega a desarrollarse de una manera correcta debido a la falta de una alimentación adecuada. Los efectos de la desnutrición pueden verse a todo nivel, ya sea a corto, mediano o largo plazo (ICEFI, 2011).

A corto plazo puede verse el impacto de la desnutrición en el aumento en la susceptibilidad a infecciones con un alto riesgo de muerte. En Guatemala, se ha determinado que las principales causas de muerte infantil son la neumonía y las enfermedades diarreicas. Teniendo como consecuencia una mortalidad infantil de 35%; y el 11% de la carga global de la enfermedad se debe directa o indirectamente a la desnutrición. Con ello se puede observar que la desnutrición se relaciona con una inadecuada utilización biológica de los alimentos, los cuales no son suficientes tanto en cantidad, como en calidad. Asimismo, las enfermedades respiratorias requieren un mayor consumo de energía, lo cual demanda una gran cantidad de nutrientes que no se tiene disponible al sufrirse de desnutrición (ICEFI, 2011).

En cuanto a los efectos a mediano plazo, se tiene una reducción del rendimiento escolar y afecta al aprendizaje. Además, aumenta la incidencia de problemas crónicos, tales como: diabetes, hipertensión y problemas cardiovasculares. Ahora bien, las consecuencias pueden verse desde dos perspectivas. Primero, debido a que no se tiene una adecuada

alimentación, el coeficiente intelectual no se desarrollará en su totalidad, perdiendo aproximadamente 40% de sus neuronas potenciales. Por lo que se tendrá problemas de atención, lo cual se reflejará en el abandono de los estudios y con ello las oportunidades de trabajo disminuyen. Por el contrario, la desnutrición se transmite de generación en generación. Una madre desnutrida dará a luz a un niño desnutrido; y al no combatir dicha condición, el ciclo vicioso, anteriormente presentado, vuelve a darse (ICEFI, 2011).

Ahora bien, el impacto de la desnutrición no solo llega a afectar a la población, sino que al país. La desnutrición limita las posibilidades de romper el círculo de la pobreza, cuyos efectos pueden verse en la salud, educación y los ingresos futuros de quien la padece. En el primero de los casos, el aumento de la probabilidad de adquirir una enfermedad, por parte de los niños y niñas desnutridos, aumenta los costos en el sector salud. Por otro lado, en el sector de educación, debido a que un efecto de la desnutrición es la disminución de la capacidad de aprendizaje y atención, los costos en este ámbito aumentan. Esto en cuanto a la cantidad de veces que se repiten grados; así como, los costos adicionales en infraestructura, equipamiento, recursos humanos e insumos educativos. Por lo que en los ingresos futuros tampoco se tiene un panorama prometedor, debido a la falta de capacidades físicas y mentales de la población con desnutrición para ser económicamente productiva (ICEFI, 2011).

En el contexto centroamericano, Guatemala es el país con los mayores costos como causa de la desnutrición. Esto se observa en que el país soporta cerca del 47% de los costos regionales, lo cual explica por qué Guatemala ocupa los primeros puestos en cuanto a la tasa de desnutrición. Si se observa en cifras, en el año 2004, los costos de la desnutrición fueron de aproximadamente US\$ 3,128.4 millones, lo cual es cerca del 11.4% del producto interno bruto del país. Expresados en quetzales, los costos diarios de la desnutrición se encontraban por los Q 66 millones (ICEFI 2011).

En el estudio *El costo del hambre (Cepal/PMA)* se plantean tres diferentes escenarios con sus impactos en los costos económicos de la desnutrición infantil en Centroamérica y República Dominicana entre los años 2004 a 2015. En el primero, se

mantienen los niveles de desnutrición global observados en el 2004. En el segundo escenario, se alcanza el segundo objetivo de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que busca terminar con todas las formas de hambre y desnutrición para el 2030. Sin embargo, en el planteamiento de este escenario se supone disminuir a la mitad la desnutrición global; mientras que en el tercer escenario sí se plantea la erradicación de la desnutrición global en los países con una prevalencia mínima de 2.5% (ICEFI, 2011).

En el primer escenario al no haber ningún cambio en la tasa de desnutrición, se tuvo como resultado un aumento de un 10% en los costos con respecto a lo registrado en 2004. En el segundo escenario, el costo de desnutrición sería aproximadamente un 40% menor a lo observado en 2004. Por último, en el tercer escenario con la erradicación de la desnutrición global, los costos presentan una reducción de un 80% con respecto a 2004 (ICEFI, 2011).

En el caso de Guatemala, según el primer escenario, se tiene que los costos del hambre en el año 2015 aumentarían casi en un 13% por encima de lo registrado en 2004. Por el contrario, si se supone el segundo escenario, que busca reducir la desnutrición global a 14.5%, los costos disminuirían cerca de 27.8%. Por último, en el escenario de la erradicación de la desnutrición global, los costos caerían aproximadamente 89.4% (ICEFI, 2011).

En cuanto al desarrollo del país, esta reducción en los costos de la desnutrición representaría un incremento significativo en el bienestar de la población. Asimismo, se podría interpretar en importantes ahorros en el gasto del Gobierno y para ser dirigidos a la sociedad. Muchos de los recursos enfocados en el combate de la desnutrición podrían llegar ser de beneficio para otros problemas, al momento que este gran problema sea erradicado. Por lo que es de importancia invertir en distintas estrategias y en el desarrollo de nuevos productos, cuyo fin sea aportar y dar acceso a la población una alimentación adecuada (ICEFI, 2011).

IV. OBJETIVOS

A. General

Desarrollo de una mezcla de harina nixtamalizada de maíz (*Zea mays* L.), harina de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y harina de semillas de ayote (*Cucurbita moschata*) para la elaboración de productos con mayor aporte proteico.

B. Específicos

1. Formular una mezcla de harina nixtamalizada de maíz (*Zea mays* L.), harina de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y harina de semillas de ayote (*Cucurbita moschata*), para la elaboración de tortillas frescas y fritas tipo botana.
2. Determinar la formulación de mayor aceptación a través de un análisis sensorial de aceptación de los productos, utilizando una escala hedónica de aceptación general, sabor, apariencia y textura.
3. Determinar el efecto de la combinación de maíz, frijol y semillas de ayote en el contenido proteico y de aminoácidos (triptófano y lisina) de la mezcla vegetal y subproductos.

V. MARCO TEÓRICO

A. Desnutrición y tipos de desnutrición

La desnutrición es el término que se utiliza para referirse al conjunto de manifestaciones clínicas, alteraciones bioquímicas y antropométricas causadas por la deficiente ingesta y/o aprovechamiento biológico de macro y micronutrientes ocasionando la insatisfacción de requerimientos nutricionales. Clásicamente se han definido tres tipos de desnutrición: desnutrición calórica, marasmática o tipo marasmo; la desnutrición proteica o tipo kwashiorkor y la desnutrición de tipo mixto (Gil, 2010).

La desnutrición calórica o tipo marasmo se desarrolla por deficiencia crónica de energía y proteínas. Se da un desequilibrio en el aporte de proteínas, carbohidratos, grasas y carencia de vitaminas y minerales. Se caracteriza por la pérdida de reservas corporales de masa muscular y grasa subcutánea, dando un aspecto de anciano (Gil, 2010). Se observa emaciación (adelgazamiento extremo) y disminución de medidas antropométricas que reflejan la masa muscular, como la circunferencia del brazo. Este último síntoma, también, puede afectar a órganos vitales como corazón, hígado y riñones (MSPS, 2009)

Ahora bien, la desnutrición proteica o tipo kwashiorkor es el principal tipo de desnutrición en países, cuya alimentación está basada fundamentalmente en cereales y una escasa fuente de proteínas (Gil, 2011). En este caso, no se observa una reducción en la reserva de grasa, ni en la masa muscular. Sin embargo, los signos característicos son los edemas, úlceras por presión y retraso en la cicatrización. Asimismo, el cabello es quebradizo, decolorado y se desprende fácilmente. Generalmente, esta condición requiere de un tratamiento nutricional intensivo para restaurar el equilibrio metabólico (MSPS, 2009)

La desnutrición mixta, desnutrición proteicocalórica o kwashiorkor marasmático es una forma combinada de los tipos de desnutrición. Suele presentarse cuando el individuo marasmático es sometido a un proceso agudo que le condiciona una situación de estrés, como cirugía o traumatismo, añadiendo condiciones del kwashiorkor a la situación crónica

del marasmo. A parte de su clasificación es de mayor importancia cómo tratar esta condición, ya que el estado hipermetabólico y catabólico del kwashiorkor se tratará con una intervención nutricional más intensiva y el marasmo requerirá una renutrición gradual para evitar la aparición del síndrome de realimentación (Gil, 2011)

B. Mezclas vegetales

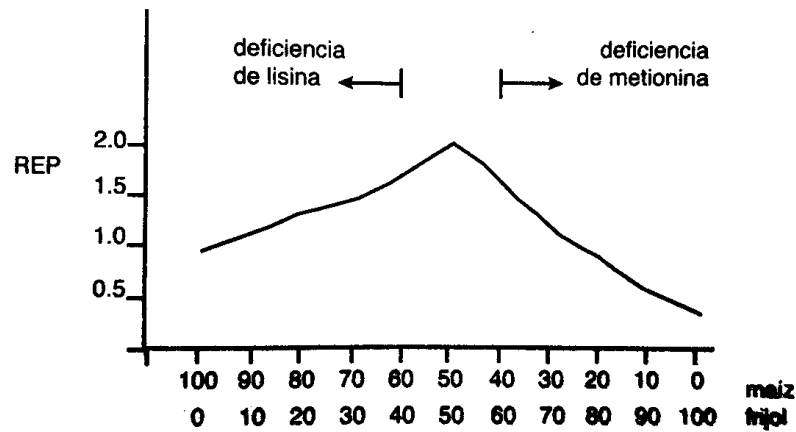
Como se ha presentado, es un hecho que la falta de cantidades y proporciones adecuadas de proteína, especialmente en aminoácidos esenciales, es un problema. Se han realizado estudios para descubrir medios prácticos para prevenir condiciones relacionadas con la deficiencia de macronutrientes. Ejemplo de ello son el desarrollo de diversos alimentos para su prevención, principalmente de origen vegetal (Scrimshaw, 1959).

Sin embargo, se debe de tomar en cuenta que la calidad de las proteínas vegetales, como fuentes individuales, es baja. Por lo que pueden mejorarse por medio de combinaciones adecuadas de alimentos o por medio de una suplementación directa con aminoácidos sintéticos (Scrimshaw, 1959).

Claro, la proteína de origen animal es una de las mejores opciones para la prevención de desnutrición causada por bajos niveles de proteína. Sin embargo, el costo de las proteínas animales es alto y difícil de obtener para la mayoría de la población que sufre de esta condición. Por lo que se ha estimulado el desarrollo de combinaciones apropiadas de proteínas vegetales para la alimentación, a las cuales se les conoce como mezclas vegetales (Scrimshaw, 1959).

Este tipo de alimento se caracteriza por ser una combinación de un cereal con una legumbre en determinadas proporciones para mejorar la calidad de proteína y de aminoácidos esenciales para el organismo (Scrimshaw, 1959). Por ejemplo, la combinación de maíz y frijol en diferentes proporciones ayuda a la complementación de los aminoácidos lisina y metionina, como se observa en la siguiente figura:

Figura 1. Valores de relación eficiencia proteica de diferentes mezclas de maíz y frijol



Fuente: Badui (2013)

Se puede observar que la sustitución de maíz con frijol en una proporción de 10 a 50% aumenta considerablemente el contenido de lisina. Por otro lado, con una proporción de 60 a 100% de frijol se tiene una disminución de contenido de metionina (Badui, 2013).

C. Sistema milpa

Con la definición de mezcla vegetal, se podría pensar en varias combinaciones de cereales y legumbres. Sin embargo, en la naturaleza ya existe este tipo de combinación y posee un gran valor cultural.

La milpa es un sistema tradicional de policultivo, que consiste en un ecosistema basado en la siembra combinada de maíz (*Zea mays* L.), calabaza (*Cucurbita spp.*) y frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). También, se le conoce culturalmente con el nombre de “Las tres hermanas”. La interacción de maíz, frijol y ayote se caracteriza por la generación de un aumento de la producción en comparación con su monocultivo. Esto se debe a que, en una sustitución parcial del cultivo principal por otro, se da un incremento de su nivel de producción por una reducción de la interacción de una misma especie, que compite por los recursos disponibles en un mismo ecosistema. Es decir, se da una complementariedad de nicho, la cual consiste en que los diferentes cultivos aprovechan los recursos presentes (Ebel, 2016).

En un estudio, se comparó todas las posibles combinaciones de policultivos de maíz, frijol y calabaza. Este indicador corresponde al área en monocultivo que se requiere para generar la misma cosecha que en una hectárea del policultivo analizado. Se tuvo que el maíz y frijol combinados produjeron 90% más cosecha por área que en sus respectivos monocultivos. Además, se demostró que la inclusión de la calabaza a ese policultivo (sistema de milpa tradicional), disminuye un 60% de mayor cosecha que los monocultivos de estas especies. En conclusión, la combinación de maíz y frijol resultó ser el policultivo más productivo. Sin embargo, incluir la calabaza no se considera una estrategia despreciable (Ebel, 2016).

Asimismo, este fenómeno de complementariedad sucede debido a las diferencias arquitectónicas de las raíces entre el maíz, frijol y ayote que resulta en una eficiente absorción de nutrientes (USAID, 2017). Esto se debe a que entre estos cultivos coexisten para preservarse y mantenerse. El frijol se caracteriza por ser una planta fijadora de nitrógeno atmosférico que aporta este nutriente a los demás cultivos. La caña del maíz aporta sostén para que el frijol trepe y crezca. El ayote sembrado entre el maíz y el frijol cubre ampliamente el suelo y no permite el crecimiento de hierbas malas y ayuda a mantener la humedad del suelo (Ebel, 2016).

1. Aspectos nutricionales del sistema milpa

Al combinar el cultivo de maíz, frijol y ayote, sí se llega a tener un mejor rendimiento en la cosecha. Esto debido a que todos se complementan entre ellos mismos. Sin embargo, este beneficio mutuo no solo se da en un aspecto físico, sino también en el aspecto nutricional.

El maíz es un grano básico, abundante en contenido de carbohidratos. Su contenido proteico es aproximadamente de 8% y proporciona 37% y 46% de proteína y energía del requerimiento diario el cuerpo humano (Zepeda, 2009). Sin embargo, los individuos, que consumen maíz como base de su dieta diaria, son susceptibles a presentar anomalías en su crecimiento debido a la baja concentración de los aminoácidos esenciales lisina y

triptófano. Estos aminoácidos se consideran como esenciales debido a que el cuerpo humano no puede sintetizarlos y se deben de obtener de una fuente externa (Ahmadi, 1995).

Ahora bien, el frijol se caracteriza por ser una legumbre que posee un alto contenido proteico y una menor proporción de carbohidratos, vitaminas y minerales. El contenido de proteína de frijol varía entre 14% y 33%, siendo una fuente abundante de lisina. Se estima que el frijol posee un contenido de lisina de 64 a 76 mg por gramo de proteína. Asimismo, de acuerdo con evaluaciones de tipo biológico, la calidad de la proteína de frijol cocido puede llegar a ser de hasta el 70% comparada con una proteína testigo de origen animal a la que se le asigna el 100% (Ulloa, 2011).

Por último, el ayote no ha tenido mucha importancia como el maíz y el frijol, ya que se utiliza, principalmente, con fines puramente ecológicos para favorecer al cultivo del maíz. Por lo que, al pasar el tiempo de cosecha, este producto se utiliza solamente para alimentación animal (Turcios, 2014). Sin embargo, se ha determinado que sus semillas poseen un alto contenido de proteína. Según un estudio realizado por el departamento de agricultura de Estados Unidos, se determinó que la cantidad de proteína que aportan las semillas es de 210 a 250 mg por gramo de semillas, teniendo un contenido de triptófano de 22mg por gramo de proteína (Hudson, 2005) (Flores, 2014).

Cuadro 1. Composición proximal de grano de maíz blanco, frijol negro y semillas de ayote y contenido de aminoácidos (lisina y triptófano)

Muestra	Grano de maíz blanco	Grano de frijol negro	Semillas de ayote
Carbohidratos (%)	65.1	61.6	17.83
Proteína (%)	8.7	22.7	24.54
Grasa total (%)	0.9	1.6	45.85
Fibra dietética total (%)	-	18.37	3.9
Cenizas (%)	0.3	3.7	4.88
mg Trp / g proteína	6.5*	43.8**	22.0***
mg Lys / g proteína	28.0*	515.0**	43.0***

Fuentes: INCAP (2012), *FAO (2013), **Tandon y Bressani (1957), ***Aguilera (2014)

Como se observa, estos tres cultivos no solo pueden coexistir entre sí, sino también se complementan nutricionalmente. Asimismo, su disponibilidad local, su valor y aceptación cultural en la población guatemalteca indican que pueden ser ingredientes clave para la elaboración de una mezcla vegetal. Caracterizándose principalmente por su complementariedad de aminoácidos esenciales y teniendo con ello un mayor aporte proteico para el ser humano.

2. Evaluación de calidad de proteína

El papel de la proteína dietética es el de aportar material para la síntesis de la proteína corporal y otros metabolitos nitrogenados importantes, por ejemplo, hormonas de naturaleza peptídica y varios derivados de aminoácidos activos, tales como: los neurotransmisores serotonina y norepinefrina. Todas las funciones de la proteína dietética son esenciales para el mantenimiento de la salud, pero el proceso de síntesis de la proteína corporal generalmente requiere de una gran cantidad del uso de aminoácidos (Pellet, 1980).

El valor nutritivo de la proteína depende principalmente de su capacidad para satisfacer las necesidades de nitrógeno y de aminoácidos esenciales. Es por esto que los requerimientos de nitrógeno y de aminoácidos son el patrón lógico por el cual se debe medir la calidad de la proteína. Asimismo, son básicos los requerimientos de estos para la evaluación del significado nutricional de la calidad de la proteína dietética (Pellet, 1980).

La evaluación de proteína de un alimento normalmente se realiza de lo más simple a lo más complejo. Esta comienza con el análisis de nitrógeno y de aminoácidos, le sigue una serie de determinaciones químicas específicas, y termina con las pruebas biológicas (Pellet, 1980).

Se han realizado varios trabajos con el propósito de encontrar una metodología que pueda medir la liberación de los aminoácidos de una proteína mediante la digestión enzimática *in vitro*. Los primeros experimentos realizados revelaron una buena correlación entre los resultados *in vitro* y aquellos obtenidos en ensayos biológicos con animales,

aunque los valores absolutos de los ensayos *in vitro* fueron mucho menores. Ya se han desarrollado numerosos y sofisticados procesos para imitar la acción del sistema digestivo de los mamíferos, los cuales han sido usados para demostrar las bases fisiológicas que expliquen algunas de las diferencias en el valor nutritivo de diferentes materiales. Sin embargo, estos métodos son considerados muy complejos para usarse rutinariamente, cuando se necesita evaluar un número considerable de muestras (Pellet, 1980).

En cuanto a los ensayos con animales, han sido ampliamente utilizados para evaluar la calidad proteica y la calidad nutricional como una característica de la proteína bajo prueba. Todos los métodos usados tratan de medir el cambio en la proteína corporal asociado con la ingesta de una proteína específica. Se considera que los resultados obtenidos proporcionan toda la información requerida. Sin embargo, existen limitaciones en la cantidad y tipo de información que se derivan de este tipo de ensayos (Pellet, 1980).

Primero, el resultado obtenido depende de los aminoácidos limitantes y de su disponibilidad y balance, y de la presencia o ausencia de otros materiales que pueden interferir con la evaluación. Además, no suministra información acerca de otros aminoácidos esenciales y no esenciales de la proteína. Otros aminoácidos esenciales pueden estar presentes en concentraciones muy bajas como el aminoácido limitante o en un exceso relativo. Por otro lado, un ensayo en el laboratorio se lleva a cabo bajo condiciones estandarizadas que pueden ser distintas de las que se encuentran en situaciones no experimentales. Se ha establecido que la utilización de la proteína varía con la cantidad de proteína y la historia dietética previa (Pellet, 1980).

Se ha tenido evidencia de estudios con ratas que el exceso de un aminoácido puede afectar la utilización de la proteína. Por lo que puede que haya diferencias entre los valores encontrados en el laboratorio y los que se obtienen en la alimentación del hombre. Además, el valor suplementario de una proteína variará con la composición de aminoácidos del resto de la dieta (Pellet, 1980).

El método más simple para determinar el valor nutritivo es la medición de la tasa de crecimiento de animales jóvenes alimentados con la dieta sometida a prueba. Sin embargo, el método más conocido es el de razón proteínica neta (NPR), el cual consiste en la diferencia entre la ganancia de peso y la pérdida de peso de los animales en la dieta apteica. Es decir, que utiliza un grupo control alimentado con una dieta libre de proteína y otro grupo alimentado con la dieta de prueba y determina los cambios en peso corporal, los cuales se presentan en una gráfica de ingesta proteínica (eje x) contra peso corporal (eje y) (Pellet, 1980).

Ahora bien, otro método para determinar la disponibilidad de los aminoácidos se basa en la determinación de su contenido en las heces fecales y es análogo a la estimación de la digestibilidad verdadera (DV) de la proteína total. Este procedimiento consiste en medir la cantidad de aminoácido ingerida en la dieta, la cantidad excretada en las heces fecales y las conocidas como pérdidas metabólicas en las heces. Estas últimas se determinan a partir de la cantidad de aminoácido excretada por un individuo alimentado con una dieta libre de nitrógeno o con una dieta cuya proteína es totalmente digerible (caseína o proteína de huevo extraída o liofilizada), y se ajusta para diferencias en la ingesta de alimento (Pellet, 1980).

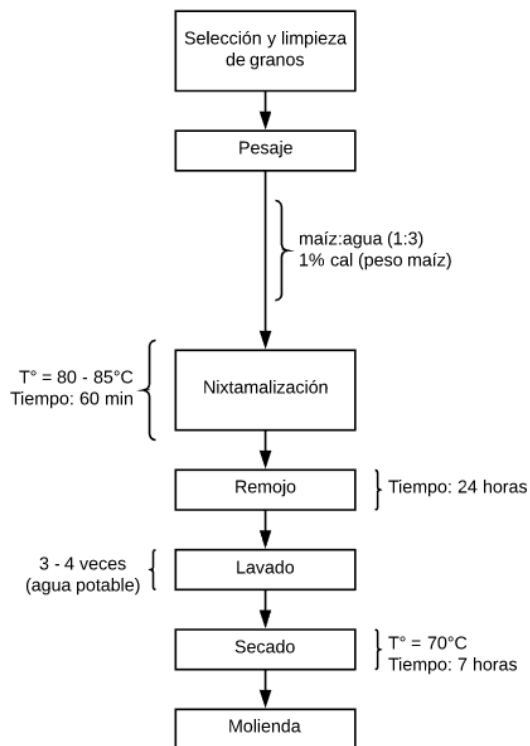
VI. METODOLOGÍA

A. Obtención de harinas

1. Harina de maíz nixtamalizada

- a. Se inició con la selección y limpieza de granos y luego se pesaron.
- b. Nixtamalización
 - 1) Se cocieron los granos de maíz con una relación de 1:3 (peso de maíz:peso de agua) con 1% de cal con base al peso del maíz por 60 minutos a una temperatura de 80 – 85°C.
- c. Se dejó el maíz en remojo por 24 horas y se lavaron con agua potable de 3 a 4 veces.
- d. Se secaron en deshidratador eléctrico por 7 horas a una temperatura de 70°C.
- e. Se molieron los granos en un molino de ciclón hasta la obtención de una harina.

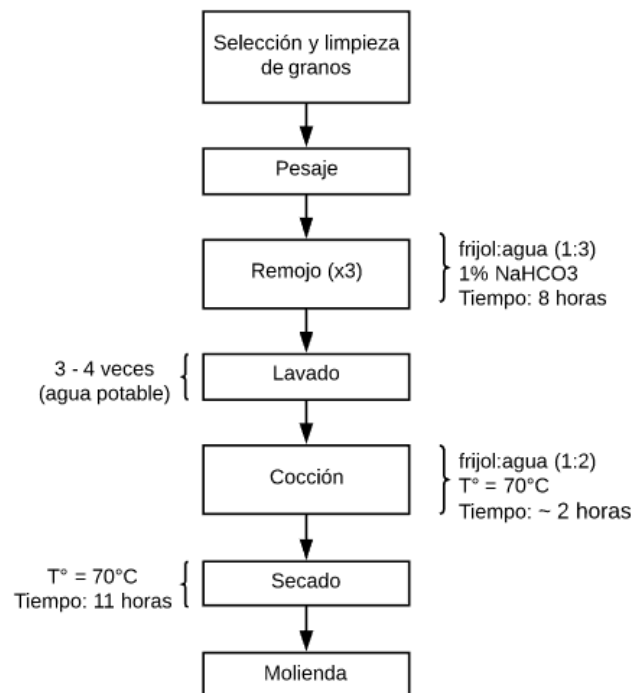
Figura 2. Diagrama de proceso estandarizado de obtención de harina de maíz



2. Harina de frijol

- a. Se inició con la selección y limpieza de granos y luego se pesaron.
- b. Se remojaron los granos en agua en una relación de 1:3 (peso granos:volumen agua) y 1% de bicarbonato de sodio con base al peso de los granos, durante 8 horas.
- c. Se cambió la cantidad de agua de remojo y se agregó 1% de bicarbonato de sodio, nuevamente. (x3)
- d. Se lavaron los granos con agua potable de 3 a 4 veces.
- e. Se coció el frijol con agua en una proporción 1:2 (peso de granos/volumen de agua) por 2 horas a 80°C.
- f. Se secaron en un deshidratador eléctrico por 11 horas a una temperatura de 70°C.
- g. Se molió el frijol en un molino de ciclón hasta obtener una harina.

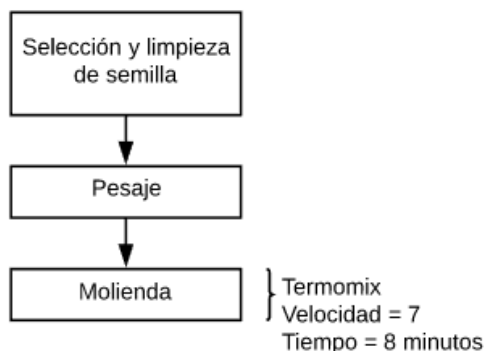
Figura 3. Diagrama de proceso estandarizado de obtención de harina de frijol



3. Harina de semillas de ayote

- a. Se inició con la selección y limpieza de granos y luego se pesaron.
- b. Se molieron en un Thermomix por 8 minutos una velocidad de 7 sin temperatura.

Figura 4. Diagrama de proceso estandarizado de obtención de harina de semillas de ayote



B. Desarrollo de formulaciones de mezcla

Se utilizaron porcentajes de 20, 25, 30, 35, 40 y 45 de sustitución de harina de frijol en la formulación, manteniendo el porcentaje de harina de semilla de ayote en 5%. Además, se determinó la fuerza necesaria para la penetración de la masa (dureza) para masas elaboradas con cada proporción. Se utilizó un texturómetro de Brookfield, en el cual se colocó cada masa en forma de cilindro con 5 cm de diámetro y 1.5 cm de alto y se hizo penetrar una sonda plástica en forma de cilindro.

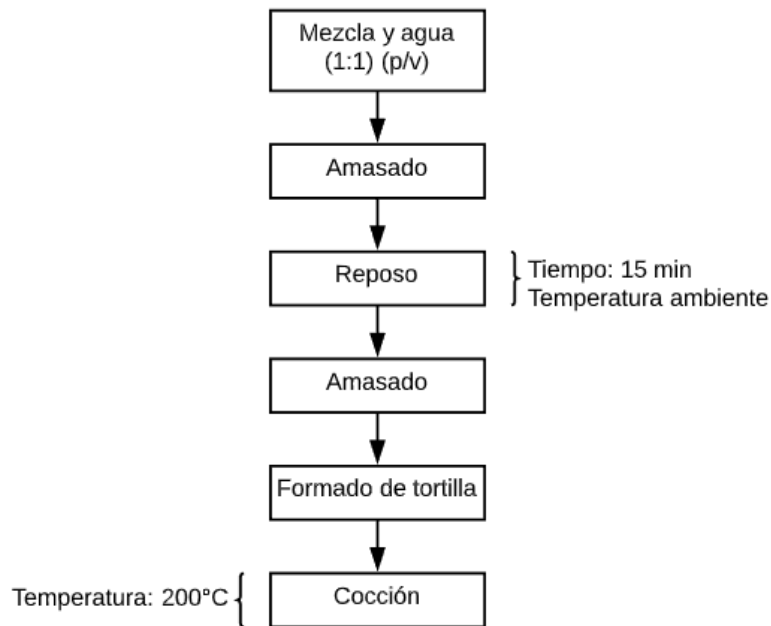
C. Elaboración de productos

1. Tortillas frescas

- a. Se mezcló la harina con agua en una relación de 1:1 (peso de harina:volumen de agua)
- b. Se amasó hasta obtener una masa suave y se dejó en reposo por 15 minutos a temperatura ambiente

- c. Se volvió a amasar y si era necesario se agregó una pequeña cantidad de agua.
- d. Se formaron las tortillas con máquina tortilladora manual Gonzalez.
- e. Se colocaron en una plancha eléctrica a 200°C por 45 segundos cada lado para su cocción.

Figura 5. Diagrama de proceso de elaboración de tortillas frescas

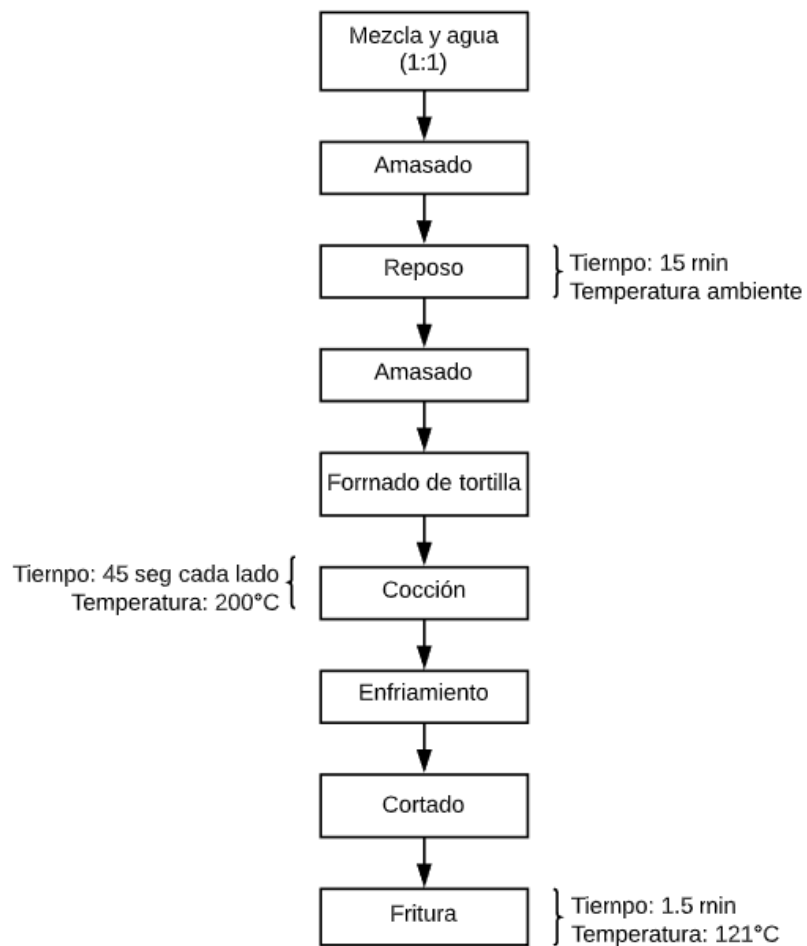


2. Tortillas fritas tipo botana

- a. Se mezcló la harina con agua en una relación de 1:1 (peso de harina/volumen de agua)
- b. Se amasó hasta obtener una masa suave y se dejó en reposo por 15 minutos a temperatura ambiente
- c. Se volvió a amasar y si era necesario se agregó una pequeña cantidad de agua.
- d. Se formaron las tortillas con máquina tortilladora manual Gonzalez.

- e. Se colocaron en una plancha eléctrica a 200°C por 45 segundos cada lado para su cocción.
- f. Se dejaron enfriar a a temperatura ambiente por 15 minutos y luego se cortaron en triángulos
- g. Se colocaron en una freidora a una temperatura de 121°C por 1.5 minutos para el proceso de fritura.

Figura 6. Diagrama de proceso de elaboración de tortillas fritas tipo botana



D. Caracterización de los productos elaborados con las formulaciones con la mejor capacidad de formación de tortillas

Los productos de cada formulación se evaluaron en cuanto a color con un equipo MiniScan EZ y la fuerza necesaria para la penetración (dureza) con un texturómetro Brookfield. La sonda utilizada en el texturómetro fue una placa plástica con un borde triangular para la penetración de las muestras.

E. Análisis sensorial de aceptabilidad de los productos elaborados con las formulaciones con la mejor capacidad de formación de tortillas

Se llevó a cabo dos evaluaciones sensoriales de dos productos (tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana) elaborados con cada formulación. 54 y 58 panelistas evaluaron cada producto, respectivamente, en los aspectos de aceptación de la muestra general, apariencia, sabor y textura. Se utilizó una escala hedónica de 9 puntos y se determinó la formulación con mejor aceptación por parte del consumidor.

F. Análisis físico

1. Granulometría

- a. Se pesó 10g de harina y cada tamiz a utilizar.
- b. Se colocó en un tamizador Cole – Palmer con mesh 25 hasta mesh 200 por 10 minutos.
- c. Se volvió a pesar cada tamiz y la diferencia de peso entre final e inicial indica la cantidad de harina con ese tamaño de partícula.

2. Colorimetría

- a. Se determinó el color de cada muestra con el equipo MiniScan EZ.

G. Análisis fisicoquímicos

1. Actividad de agua

- a. Se determinó la actividad de agua de la mezcla de harinas con el equipo MiniScan EZ con equipo AquaLab.

2. Absorción de agua

Determinación de absorción de agua de manera subjetiva

- a. Se pesó 10g de harina

- b. Se adicionó agua de forma gradual, realizando un amasado manual suave hasta obtener una masa de buena consistencia.
 - c. La cantidad de agua adicionada se registra como mL de agua absorbida en 10g de harina.
3. Absorción de aceite
Determinación de absorción de aceite de manera subjetiva
 - a. Se pesó 10g de harina
 - b. Se adicionó aceite de forma gradual, realizando un amasado manual suave hasta obtener una masa de buena consistencia.
 - c. La cantidad de aceite adicionada se registra como mL de aceite absorbida en 10g de harina.

H. Análisis proximal

1. Análisis de humedad (AOAC Method 925.10)
2. Análisis de cenizas (AOAC Method 923.03)
3. Análisis de proteína / Kjeldahl (AOAC Method 920.87)
4. Análisis de grasas / Soxhlet (AOAC Method 922.06)
5. Determinación de contenido de carbohidratos por diferencia

I. Determinación de contenido de aminoácidos

1. Determinación de contenido de triptófano
 - a. Preparación de muestra
 - 1) Se molió la muestra finamente y se desgrasó por medio del método de Soxhlet.
 - b. Preparación de soluciones
 - 1) Solución de acetato 0.165M (NaH_3CCOOH)
 - a) Se pesó 3.4g de acetato de sodio por 250mL de agua destilada. Se ajustó el pH a 7.0 con NaOH.

- 2) Solución de papaína (4 mg/mL)
 - a) Se pesó 40.0mg de papaína por cada 10mL de solución (aproximadamente 3mL por cada muestra).
 - b) Se disolvió la papaína en la solución de acetato de sodio a temperatura ambiente.
 - c) Se preparó antes de cada uso.
- 3) Reactivo A (Cloruro férrico hexahidratado/Ácido acético glacial)
 - a) Se disolvió 135mg de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en 500mL de ácido acético puro.
- 4) Reactivo B (Ácido sulfúrico 30 N)
 - a) Se colocó una botella sobre hielo.
 - b) Se mezcló 416.65mL de ácido sulfúrico (al 98%) y 83.35mL de agua destilada para preparar una solución de H_2SO_4 30 N.
 - c) Se agregó agua destilada hasta obtener el volumen final de 500mL.
- 5) Reactivo C (Reactivos A y B)
 - a) Se preparó una mezcla de volúmenes iguales de los reactivos A y B por lo menos una hora antes de usarla.
- 6) Curva de calibración
 - a) Se preparó una solución concentrada de 1000 $\mu\text{g}/\text{mL}$ de triptófano en acetato de sodio 0.1M con pH 7.
 - b) De la solución madre se preparó 6 soluciones hijas de concentraciones de 50, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800 y 900 $\mu\text{g}/\text{mL}$ de triptófano en acetato de sodio 0.1M con pH 7.
 - c) Se agitaron muy bien en un Vortex.

7) Digestión

- a) Se pesó 80.0mg de polvo desgrasado de muestra en un tubo de centrífuga.
- b) Se le agregó 3.0mL de la solución de papaína y se agitaron en un Vortex. Se incluyeron dos blancos de papaína.
- c) Las muestras y los blancos se colocaron en un baño de agua a 65.0°C durante 16 horas sin agitación.
- d) Se agitaron dos veces más una hora después de colocarlas en el baño de agua y una hora antes de que el periodo de incubación terminara.

8) Reacción colorimétrica

- a) Se retiró el hidrolizado del baño de agua, se agitó y se dejó enfriar a temperatura ambiente.
- b) Se centrifugó a 2,500 rpm durante 5 minutos.
- c) Se transfirió un 1mL del hidrolizado a otro tubo, así como la curva de calibración.
- d) Se agregó 4mL de reactivo C haciéndolo resbalar suavemente por la pared interna del tubo. (Nota: agitar con cuidado el reactivo antes de usarlo)
- e) Se agitó en el Vortex y se incubó a 63°C durante 15 minutos para desarrollar el color.
- f) Se retiró del baño de agua y se dejó enfriar a temperatura ambiente.
- g) La absorbancia se leyó a 560nm en un espectrofotómetro UV/Vis.

9) Cálculos de concentración

- a) Se trazó la curva y se determinó la ecuación matemática, con las concentraciones y absorbancias de la curva de calibración.

- b) A partir de la pendiente calculada, se determinó la concentración de cada muestra con la siguiente muestra:

$$\mu\text{g Trp} = \frac{DO * Volumen\ hidrolizado}{Pendiente}$$

(Nota: las unidades de la pendiente son: DO*ml/ μg)

2. Determinación de contenido de lisina

a. Preparación de soluciones

1) Solución Naranja G

- a) Se pesó 0,8795 gramos de colorante Naranja G, 1.7 gramos de fosfato de potasio dibásico y 30mL de ácido acético glacial. Se colocaron todos los reactivos en un vaso de precipitados para disolver y se transvasó a un balón para aforo de 1L y se completó el aforo con agua destilada.

2) Solución de acetato de sodio al 16.4%

- a) Se pesó 16.4g de acetato de sodio trihidratado, se disolvió en 400mL de agua destilada. Se colocó la disolución en un balón volumétrico de 1L y se completó el aforo con agua destilada.

3) Curva de calibración

- a) Se preparó una solución madre de concentración de 1mmol/L.
- b) De la solución madre se preparó 6 soluciones hijas de concentraciones de 0.02, 0.04, 0.05, 0.06, 0.08 y 0.1mmol/L
- c) Se leyó la curva patrón en el espectrofotómetro UV/Vis a 475nm.
- d) Se trazó la curva y se determinó la ecuación matemática.

b. Preparación de muestra A

- 1) Se pesó en un vaso de precipitados, 1.59g de muestra finamente molida.
- 2) Se colocó en un matraz y se agregó 40.0mL del colorante naranja G con una probeta.
- 3) Se midió 4.0mL de solución de acetato de sodio al 16.4% con una probeta.
- 4) Agitar por 75 minutos con una barra magnética en una estufa con agitador.
- 5) Se midió 10mL de mezcla en un tubo de centrifuga y se centrifugó durante 10 minutos a 5,000 rpm.
- 6) Se midió una alícuota de 0.1mL y se colocó en un balón aforado de 10mL, completando el aforo de 10mL con acetato de sodio.
- 7) Se leyó la muestra en el espectrofotómetro UV/Vis a 475nm.

c. Preparación de muestra B

- 1) Se pesó 2.77g de muestra finamente molida
- 2) Se colocó 0.4mL de anhídrido propiónico concentrado en un vaso de precipitados y se agregó la muestra y 4.0mL de acetato de sodio al 16.4% con una probeta.
- 3) Se agitó por 15 minutos con una barra magnética en una estufa con agitador.
- 4) Se agregó 40.0mL de solución de colorante naranja G y se agitó por 90 minutos.
- 5) Se midió 10mL de mezcla en un tubo de centrifuga y se centrifugó durante 10 minutos a 5,000 rpm.
- 6) Se midió una alícuota de 0.1mL y se colocó en un balón aforado de 10mL, completando el aforo de 10mL con acetato de sodio.
- 7) Se leyó la muestra en el espectrofotómetro UV/Vis a 475nm.

d. Cálculos de concentración

- 1) Con la ecuación de la curva de calibración se encontró la concentración de la muestra A y la muestra B.
- 2) A la concentración del colorante de 3.89mmol/L se restó la concentración calculada anteriormente.
- 3) Se calculó los mg de lisina/g de proteína de la muestra con la siguiente fórmula:

$$mg \text{ Lys/g proteína} = \frac{([Lys] * VO * \frac{146.19mg}{mmol} Lys)}{(Muestra * \% \text{ proteína})}$$

[Lys]... Concentración de lisina en muestra (mmol/L)

VO... Volumen de naranja G agregado (L)

Muestra... Peso de muestra (g)

% proteína... Porcentaje de proteína en decimales

- 4) Se restó mg Lys/g proteína de muestra A con mg Lys/g proteína de muestra.

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según estudios en los últimos años, se ha identificado que en los primeros años de vida los niños y niñas no obtienen una buena alimentación, teniendo como consecuencia niveles altos de desnutrición. Esto se debe a que el consumo de “golosinas” (bombones, frituras, etc.) ha ido en aumento y ha sido adaptado por madres de familia para ser consumidas como alimento constante en los tiempos de comida, ya que se consume lo que económicamente tienen al alcance (Sis, 2014).

Por otro lado, según el estudio “*Dynamics of Food Consumption in Q’eqchi’ Maya Community*”, se establece que en las comunidades rurales la población considera a las frituras de papa como no saludables; mientras que las frituras de tortilla sí lo son. Esto debido a que estas últimas se asocian con la tortilla, la cual es un alimento base de la alimentación diaria de la mayoría de la población. Por lo que estas asociaciones con la tortilla causan que este tipo de producto frito se considere como un alimento saludable (Lucas, 2017).

En relación a ello, Guatemala se encuentra en el puesto 32 de 80 países a nivel mundial, y el puesto 6 de 13 países de la región latinoamericana y Caribe de ventas anuales de productos ultraprocesados. Este tipo de productos presentan la tendencia de ser de un bajo valor nutricional y altos contenidos de azúcar, grasa y sal (FAO, 2017). Por lo que el objetivo principal de este estudio fue el desarrollo de una mezcla de harinas de maíz (*Zea mays L.*), frijol negro (*Phaseolus vulgaris L.*) y semillas de ayote (*Cucurbita moschata*) para la elaboración de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana, utilizando ingredientes locales y conocidos por la población. Teniendo así una alternativa con un mejor aporte nutricional, principalmente, de proteína.

A. Obtención de harinas

Se inició estableciendo el proceso tecnológico estandarizado para la obtención de cada harina. Primero, se elaboró la harina de maíz mediante el proceso tradicional de nixtamalización y se obtuvo una harina de color blanco, como se observa en la Figura 7.

En cuanto a la harina de frijol, se tuvo como resultado una harina de color gris (Ver Figura 8). Por último, la harina de semillas de ayote tuvo como resultado un color café y con tendencia a aglomerarse debido a la grasa, que contienen estas semillas (Ver Figura 9).

Tras la obtención de cada una de las harinas, se tuvo un rendimiento de 74.07%, 80.35% y 87.14% para la harina de maíz, de frijol y de semillas de ayote, respectivamente. La harina de maíz y de frijol presentaron un rendimiento menor, ya que para su obtención se realizaron dos procesos de molienda debido a que se tenía disponible un molino de ciclón de una baja capacidad. Por lo que primero se utilizó un molino de discos y se prosiguió con el molino de ciclón. Se recomienda el uso de un molino de ciclón con mayor capacidad para evitar el uso de otro molino y aumentar el rendimiento.

Cuadro 2. Rendimiento de proceso de obtención de harina de maíz, frijol y semillas de ayote

Harina	Rendimiento (%)
Maíz	74.07
Frijol	80.35
Semillas de ayote	87.14

Figura 7. Harina de maíz nixtamalizado

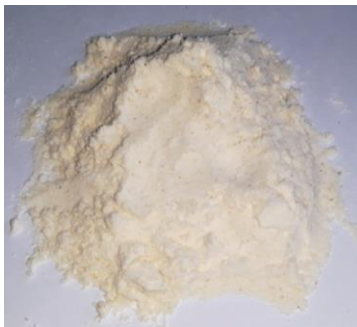


Figura 8. Harina de frijol



Figura 9. Harina de semilla de ayote



B. Desarrollo de formulaciones para la elaboración de productos

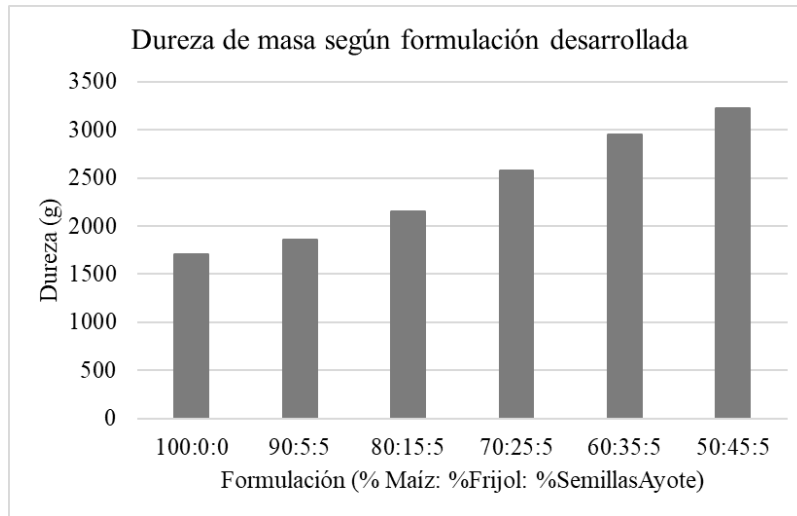
Teniendo las materias primas, se determinó las proporciones para el desarrollo de una mezcla, con la mejor capacidad de formación de tortilla para la elaboración de productos. Es por esto que se evaluó la dureza de las masas de cada formulación desarrollada. Cabe mencionar que el contenido de harina de semilla de ayote se mantuvo en un 5%, ya que

con un mayor porcentaje de sustitución se obtenía un sabor fuertemente amargo y no agradable. Por lo que las variaciones de sustitución se dieron entre la harina de maíz y la harina de frijol. Como se observa en la Figura 10, la dureza es directamente proporcional a la cantidad de harina de frijol añadida. Por lo que al aumentar la dureza se tiene una menor capacidad de formación de tortillas, ya que se requiere de una mayor fuerza para deformarse y lograr la formación de una tortilla.

Cuadro 3. Dureza de masa según formulación desarrollada

Formulación (%Maíz: %Frijol: %SemillasAyote)	Dureza (g)
100:0:0	1711 ± 59
90:5:5	1863 ± 19
80:15:5	2154 ± 93
70:25:5	2579 ± 120
60:35:5	2952 ± 12
50:45:5	3224 ± 4

Figura 10. Gráfica de dureza de masa según formulación desarrollada



Asimismo, como se observa en la Figura 11, de una manera cualitativa, las formulaciones de 60:35:5 y 50:45:5 (%Maíz: %Frijol: %SemillasAyote) fueron masas de textura quebradiza y difíciles de moldear, ya que requerían de mayor fuerza para deformarse, como se observa en la gráfica anterior. Además, presentaron un sabor predominante a frijol quemado. Por lo que se descartaron como opción para la formulación final de la mezcla. Ahora bien, con una proporción de 90:5:5 sí se llegó a obtener una

tortilla más moldeable, ya que la dureza era similar a la de una masa de 100% maíz. Sin embargo, para un mayor aprovechamiento de los nutrientes, se optó por las formulaciones de 70:25:5 y 80:15:5 (%Maíz: %Frijol: %SemillasAyote), las cuales presentaron una buena capacidad de formación de tortillas, debido a que la dureza necesaria para su deformación no se alejaba del valor de una masa 100% maíz. Por lo que estas formulaciones se utilizaron como muestras para el análisis sensorial de productos.

Figura 11. Masa según formulación desarrollada



C. Elaboración de productos

Los productos elaborados fueron tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana. Para la elaboración de las primeras se obtuvo tortillas de un tamaño de 10cm de diámetro y 3mm de grosor con un peso de 12g cada una. Asimismo, con un análisis de varianza se determinó una diferencia significativa ($P < 0.05$) en cuanto al color, tanto para la variable de luminosidad, como para los rangos de rojo – verde y amarillo – azul. Esto se debió a que la formulación de 70:25:5 contiene una mayor proporción de frijol y presentó un color gris más oscuro que las tortillas elaboradas con la formulación de 80:15:5. Por el contrario, no se presentó una diferencia significativa ($P < 0.05$) en la dureza de ambas formulaciones.

Cuadro 4. Análisis de color de tortillas frescas elaboradas con formulación (70:25:5) y (80:15:5)

Formulación	Tortillas frescas		
	L*	a*	b*
(70:25:5)	57.34 ± 1.00	3.51 ± 0.14	13.19 ± 0.74
(80:15:5)	61.65 ± 0.92	2.86 ± 0.22	14.86 ± 0.28

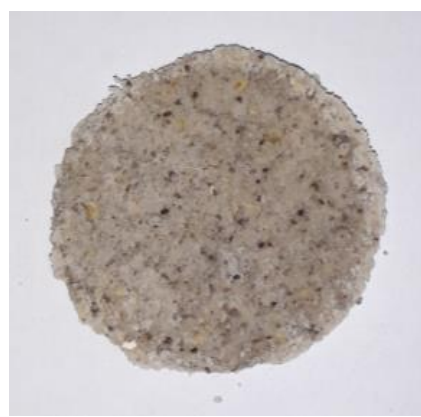
Cuadro 5. Análisis de dureza de tortillas frescas elaboradas con formulación (70:25:5) y (80:15:5)

Tortillas frescas	
Formulación	Dureza (g)
(70:25:5)	1226 ± 148
(80:15:5)	1356 ± 274

Figura 12. Tortillas frescas elaboradas con formulación (70:25:5)



Figura 13. Tortillas frescas elaboradas con formulación (80:15:5)



*Formulación – (%Maíz : %Frijol : %SemillasAyote)

Por otro lado, para la elaboración de tortillas fritas tipo botana se tuvo como resultado triángulos de 5cm de alto y 3mm de grosor, manteniendo la similitud a las frituras de maíz comerciales. En cuanto al color, sí se tuvo diferencia significativa ($P < 0.05$) entre ambas formulaciones. Esto debido a que la formulación con mayor porcentaje de frijol presentó un color gris más oscuro que la de menor porcentaje. Sin embargo, en cuanto a la dureza no se presentó una diferencia significativa ($P < 0.05$).

Cuadro 6. Análisis de color de tortillas fritas tipo botana elaboradas con formulación (70:25:5) y (80:15:5)

Tortillas fritas tipo botana			
Formulación	L*	a*	b*
(70:25:5)	37.08 ± 0.47	5.38 ± 0.27	11.46 ± 3.02
(80:15:5)	43.50 ± 1.10	6.11 ± 0.15	17.08 ± 0.50

Cuadro 7. Análisis de dureza de tortillas fritas tipo botana elaboradas con formulación (70:25:5) y (80:15:5)

Tortillas fritas tipo botana	
Formulación	Dureza (g)
(70:25:5)	1705 ± 163
(80:15:5)	2051 ± 142

Figura 14. Tortillas fritas tipo botana elaboradas con formulación (70:25:5)



Figura 15. Tortillas frescas elaboradas con formulación (80:15:5)



*Formulación – (%Maíz : %Frijol : %SemillasAyote)

D. Análisis sensorial de aceptación de productos elaborados con las formulaciones con la mejor capacidad de formación de tortillas

En la evaluación de tortillas frescas se tuvo 54 panelistas, siendo 70% mujeres y 30% de hombres. La mayoría entre las edades entre 18 a 25 años y teniendo una frecuencia de consumo de tortillas frescas de 3 o más veces por semana (48%) o 1 vez por semana (33%).

Al ser la tortilla un producto tradicional de la cultura guatemalteca, tener una variación en la misma podría significar un rechazo en el producto. Sin embargo, en la evaluación, se mantuvo una media de 5, cuyo significado según la escala hedónica utilizada, es “Ni me gusta, ni me disgusta”. Es decir que al consumidor no le agrada, pero no presenta un rechazo total hacia el producto. Este valor se mantuvo en cada uno de los aspectos evaluados para cada formulación.

Mediante el análisis estadístico de varianza, no se mostró ninguna diferencia significativa ($P < 0.05$) en ninguno de los aspectos evaluados. Sin embargo, en el aspecto de aceptación general la formulación de 80:15:5 presentó una media mayor, que la formulación de 70:25:5. Por lo que se determinó que dicha formulación fue mayormente aceptada por los consumidores en general.

Cuadro 8. Análisis sensorial de aceptación de tortillas frescas elaboradas con las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas

*Formulación – (%Maíz : %Frijol : %SemillasAyote)

	Aceptación General	Apariencia	Sabor	Textura
Formulación	Media	Media	Media	Media
(70:25:5)	5.2 ± 1.6	5.6 ± 1.5	5.1 ± 1.9	5.1 ± 1.9
(80:15:5)	5.4 ± 1.8	5.9 ± 1.5	5.3 ± 1.9	5.1 ± 1.9

Figura 16. Análisis de aceptación general de tortillas elaboradas las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas

*Formulación – (%Maíz : %Frijol : %SemillasAyote)

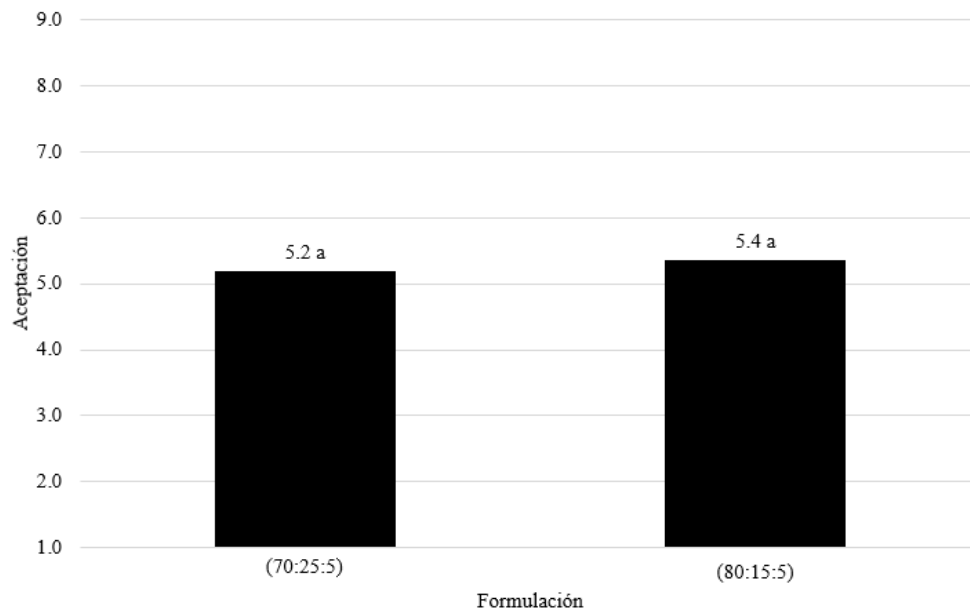


Figura 17. Análisis de apariencia de tortillas elaboradas las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas

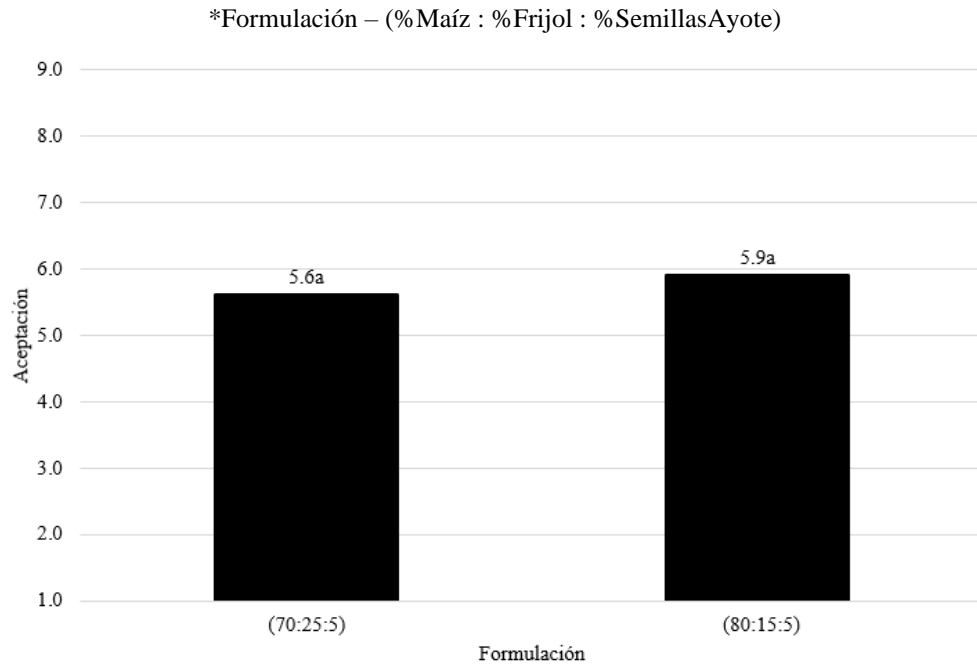


Figura 18. Análisis de sabor de tortillas elaboradas las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas

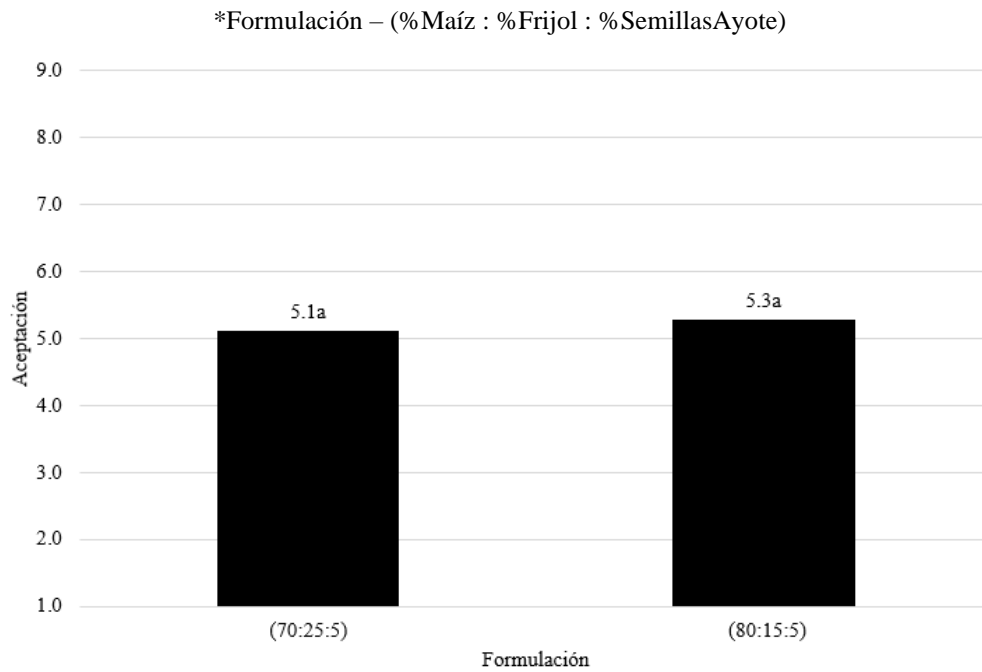
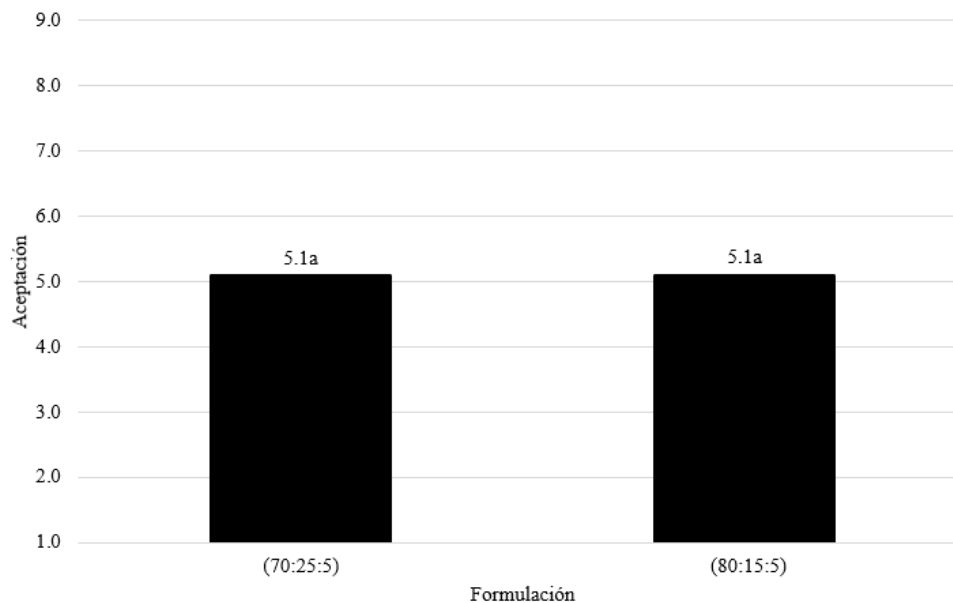


Figura 19. Análisis de textura de tortillas elaboradas las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas

*Formulación – (%Maíz : %Frijol : %SemillasAyote)



Ahora bien, en cuanto al análisis sensorial de tortillas fritas tipo botana se tuvo una participación de 58 panelistas, siendo 67% mujeres y 33% hombres. La mayoría entre las edades de 18 y 25 años y teniendo una frecuencia de consumo de frituras de maíz más de 3 veces por semana (22%), 1 vez por semana (36%) y 1 vez cada dos semanas (28%).

En comparación con el análisis de aceptación de tortillas frescas, las variables de apariencia, sabor y textura tampoco no presentaron una diferencia significativa. Sin embargo, en el aspecto de aceptación general sí hubo diferencia significativa ($P < 0.05$). Asimismo, en cuanto a diferencias de medias, se tuvo una mayor variación. Para la formulación de 70:25:5, se mantuvo una media de 6, lo cual significa “Me gusta ligeramente”. Por el contrario, la formulación de 80:15:5 mantuvo una media de 6, pero muy cercana a 7, cuyo significado es “Me gusta bastante”. Esto indica que el consumidor presentó una mayor aceptación por las tortillas fritas tipo botana, que por las tortillas frescas.

Además, como se observa en el Cuadro 9, en el aspecto de aceptación general la formulación de 80:15:5 volvió a presentar un aumento, siendo en este caso de 8.11%. Es por esto que, al ser esta variable la determinante para la aceptación general del producto se considera a dicha formulación con mayor aceptación. Por otro lado, en la variable de apariencia se tuvo una media de 5 para ambas formulaciones. Esto debido a que el color no es común en este tipo de producto, pero tampoco presenta un rechazo total.

Cuadro 9. Análisis de aceptación de tortillas fritas tipo botana elaboradas con las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas

*Formulación – (%Maíz : %Frijol : %SemillasAyote)

Formulación	Aceptación General Media	Apariencia Media	Sabor Media	Textura Media
(70:25:5)	6.4 ± 1.5	5.9 ± 1.6	6.7 ± 1.5	6.6 ± 1.7
(80:15:5)	6.9 ± 1.2	5.7 ± 1.5	7.0 ± 1.4	6.9 ± 1.6

Figura 20. Análisis de aceptación general de tortillas fritas tipo botana elaboradas con las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas

*Formulación – (%Maíz : %Frijol : %SemillasAyote)

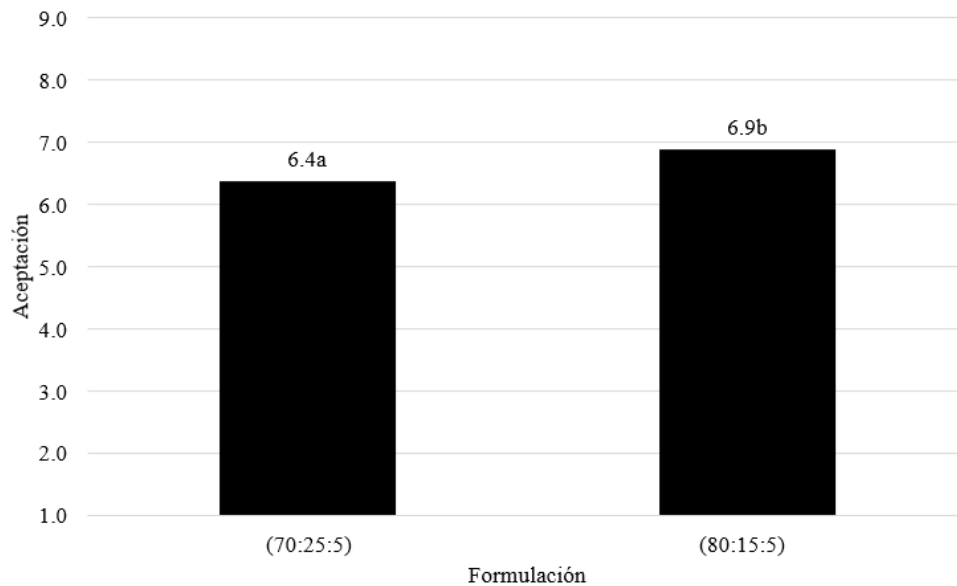


Figura 21. Análisis de apariencia de tortillas fritas tipo botana elaboradas con las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas

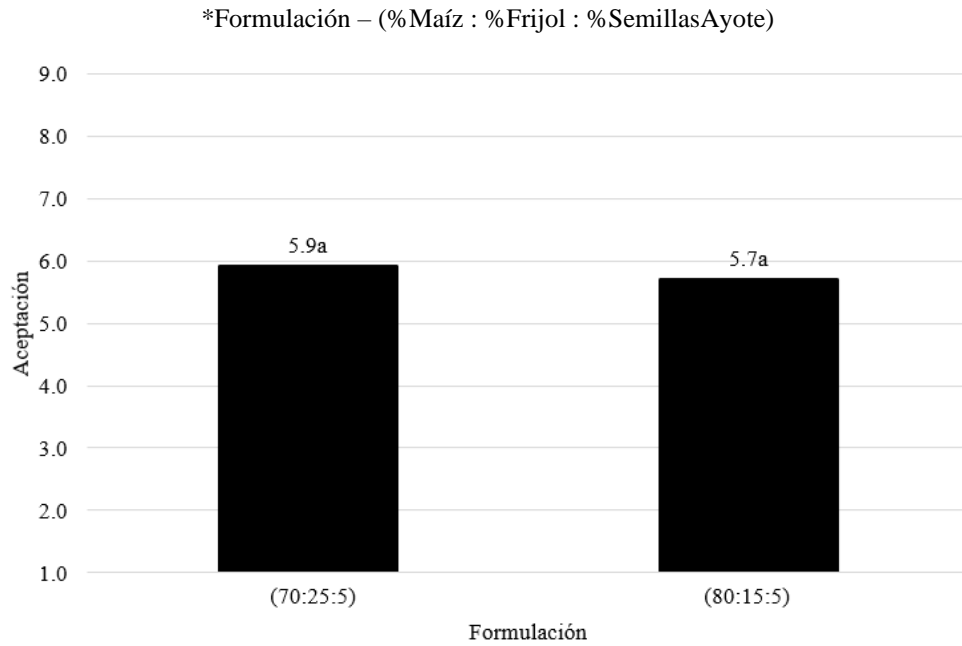


Figura 22. Análisis de sabor de tortillas fritas tipo botana elaboradas con las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas

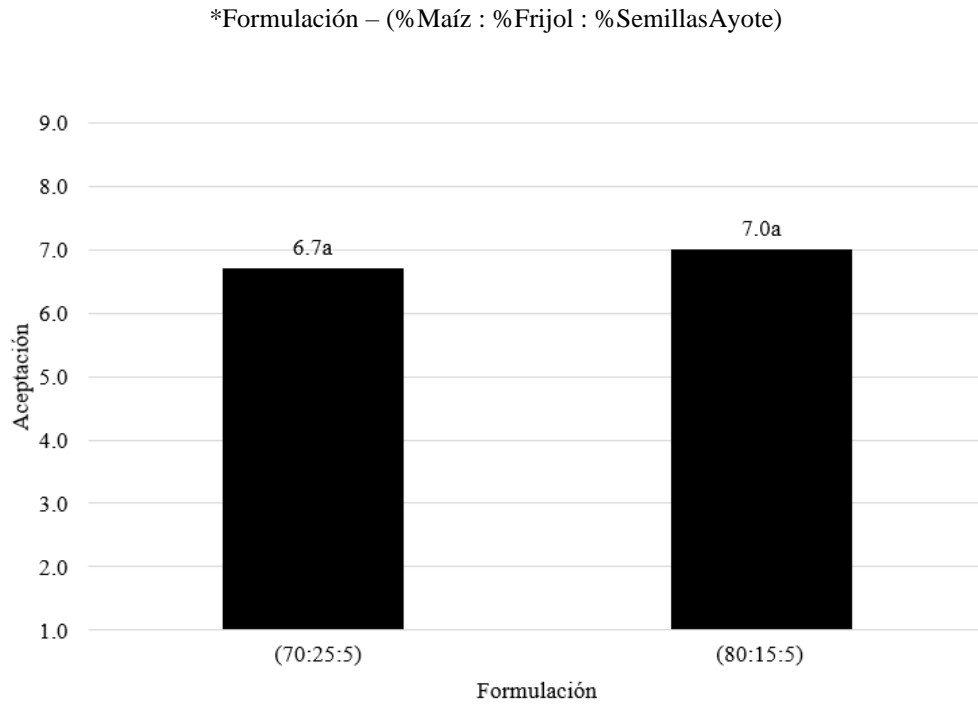
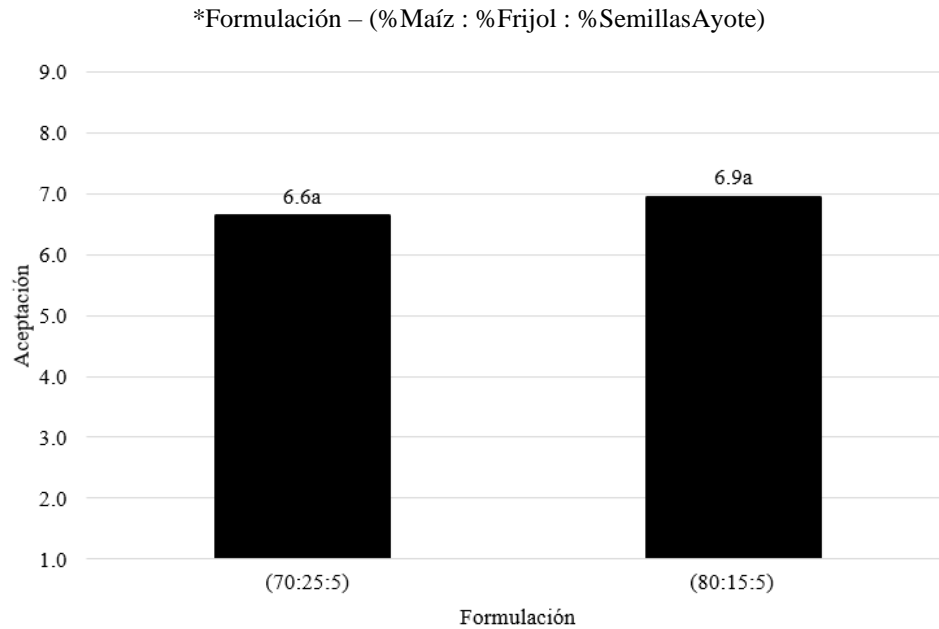


Figura 23. Análisis de textura de tortillas fritas tipo botana elaboradas con las formulaciones con mejor capacidad de formación de tortillas



A partir del análisis sensorial realizado, se determinó que la formulación de mayor aceptación por parte de los consumidores fue la de 80:15:5. Por lo que dicha mezcla con esta formulación fue la que se siguió analizando. Esto debido a que la mezcla desarrollada tiene como objetivo la elaboración de productos, que sean aceptados por el consumidor.

E. Análisis físicos y fisicoquímicos de la formulación con mayor aceptación

Como análisis físicos, se evaluó el color y la granulometría de la mezcla. El color se midió con el colorímetro MiniScan EZ y se tuvo un valor de L* (luminosidad) de 76.11, indicando un color muy cercano al blanco total (L = 100). Por otro lado, a* (verde – rojo) presentó un valor de 0.79 y b* (azul – amarillo) de 9.33, lo cual según el espacio de color se considera como un color gris con tonos de amarillo. Esto se debe a que el color blanco de la harina de maíz predominó, a pesar de que la harina de semillas de ayote presentaba un color café fuerte. Asimismo, el color gris se debió a la harina de frijol y las pequeñas partículas negras que estaban presentes, como se observa en la Figura 24.

Cuadro 10. Análisis de color de la formulación con mayor aceptación

L*	a*	b*
(±0.01)	(±0.01)	(±0.01)
76.11	0.79	9.33

Figura 24. Formulaci3n con mayor aceptaci3n (80:15:5)



En cuanto a la granulometría, es un análisis que se realiza para determinar la proporci3n de tamaño de partícula, ya que influye en la textura del producto final. Como se observa en el Cuadro 5, se tuvo una mayor proporci3n en el mesh 25, seguido por el mesh 40 y mesh 60. Esto indica que el tamaño de partícula de la mezcla se encuentra entre 0.707mm (mesh 25), 0.400mm (mesh 40) y 0.250mm (mesh 60). Por lo que se puede decir que la mezcla evaluada posee una granulometría grande y requiere de una fuerza mayor para moldearse y formar tortillas, como se presentó anteriormente.

Cuadro 11. Análisis de granulometría la formulaci3n con mayor aceptaci3n

Mesh	25	40	60	80	100	120	200	TOTAL
%	85.94	2.99	9.96	0.81	0.20	0.08	0.02	100.00

Ahora bien, en cuanto a los análisis fisicoquímicos, se midió el índice de absorci3n de agua y aceite, los cuales dependen del tamaño de partícula. Esto se debe a que cuanto mayor sea el tamaño de partícula, mayor será la capacidad de absorci3n. Se tuvo como

resultado valores de 1.05mL agua/g mezcla y 0.35mL aceite/g mezcla. Debido al mayor tamaño de partícula de la mezcla, presentó una mayor absorción de agua, aproximadamente en una relación de 1:1(p:v) (mezcla:agua); mientras que para el índice de absorción de aceite la relación fue de 1:3 (p:v) (mezcla:agua).

En cuanto a la medición de la actividad de agua, se tuvo como resultado un valor de 0.524. Esto representa que la mezcla de harinas con una proporción de 80:15:5 se encuentra en una zona de bajo riesgo, para que ocurran reacciones de descomposición debido al bajo grado de interacción del agua con los demás componentes del alimento y la baja disponibilidad de agua para que se dé crecimiento microbiano.

Cuadro 12. Análisis de absorción de agua y aceite y actividad de agua de la mezcla de mayor aceptación

Absorción de agua (mL agua / g mezcla)	Absorción de aceite (mL aceite / g mezcla)	Actividad de agua
1.05	0.35	0.524

F. Análisis proximal

En el análisis proximal, se evaluó la mezcla y los productos de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana. En el Cuadro 13, se presentan los resultados de humedad, grasa, proteína, cenizas y carbohidratos.

Cuadro 13. Análisis proximal en porcentaje de la formulación de mayor aceptación y de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana elaboradas con la misma

Componente	Mezcla vegetal	Tortillas frescas	Tortillas fritas tipo botana
Humedad (%)	9.51 ± 0.02	42.49 ± 8.69	1.22 ± 0.05
Grasa (%)	5.69 ± 0.30	5.58 ± 0.02	34.61 ± 1.31
Proteína (%)	12.34 ± 0.67	10.74 ± 0.26	8.69 ± 0.16
Cenizas (%)	1.50 ± 0.05	1.24 ± 0.02	1.88 ± 0.00
Carbohidratos (%)	70.96 ± 1.00	39.95 ± 8.96	53.59 ± 1.10

El contenido de humedad fue variando entre la mezcla y sus productos. La harina presentó un porcentaje de 9.51% de humedad. Lo cual indica que el riesgo del crecimiento de bacterias o cualquier tipo de hongos es mínimo y es posible su comercialización.

En cuanto a los productos, la tortilla frita tipo botana presentó el menor porcentaje de humedad con 1.22%; mientras que la tortilla fresca presentó el mayor porcentaje con un valor de 42.49%. Esto debido a que el proceso térmico que conlleva la elaboración de las tortillas frescas es menor que con las tortillas fritas tipo botana, las cuales pasan por el proceso de cocción y fritura. En el porcentaje de ceniza, no se tuvo mayor variación, estando en un rango de 1.24 a 1.88%. Siendo las tortillas fritas tipo botana la de mayor porcentaje de cenizas y las tortillas frescas las de menor porcentaje.

El contenido de carbohidratos se determinó por diferencia. La mezcla presentó un contenido de 70.96%, el cual está por debajo del valor teórico de harina de maíz de 76.27% (INCAP, 2012). La tortilla presentó un contenido de carbohidratos de 39.95%, que al comparar con una tortilla de maíz es menor, ya que el valor teórico de contenido de carbohidrato de esta última es de aproximadamente 44.90% (INCAP, 2012). En la tortilla frita tipo botana, se tuvo un porcentaje de carbohidratos de 53.59. Siendo este menor al valor teórico de 62.90% (INCAP, 2012).

En cuanto al contenido de grasa, la mezcla presentó un contenido de 5.69%, la cual es mayor al contenido teórico de 3.78% de harina de maíz (INCAP, 2012). El mismo comportamiento se tuvo en cuanto a la tortilla fresca, cuyo contenido de grasa fue de 5.58%. Siendo mayor que el contenido teórico de grasa de una tortilla de maíz de 1.00% (INCAP, 2012). Esto se debe a que la semilla de ayote posee un alto contenido de grasa. Sin embargo, la tortilla frita tipo botana presentó un contenido de grasa de 34.61%, el cual fue mayor al valor teórico de 26.90% (INCAP, 2012).

Por último, el contenido de proteína presente en la mezcla fue de 12.34%, el cual es un 32.12% mayor al porcentaje teórico de proteína de 9.34% en la harina de maíz (INCAP, 2012). Asimismo, la tortilla fresca elaborada con la mezcla tuvo un resultado de 10.74%

de proteína. Siendo, aproximadamente, 99% mayor que el contenido de proteína de una tortilla fresca elaborada con maíz, cuyo contenido teórico es de 5.40% (INCAP, 2012). En cuanto a la tortilla frita tipo botana, se obtuvo un contenido proteico de 8.69%, el cual fue mayor al contenido teórico de 5.80% (INCAP, 2012). Por lo que se tuvo un aumento del 49.83% en el contenido de proteína para este producto.

G. Determinación de contenido de aminoácidos

En cuanto al análisis de contenido de aminoácidos, se determinó el contenido de lisina disponible y triptófano para la mezcla y sus productos. En la mezcla, se tuvo como resultado un contenido de 4.37 mg Trp/g proteína y 49.10 mg Lys/g proteína. En comparación con el contenido de triptófano y lisina en el maíz (6.5mg Trp/g proteína y 29.00 mg Lys/g proteína), no se tuvo un aumento en el contenido de triptófano, lo cual pudo deberse a la baja proporción de harina de semillas de ayote, que se le agregó. Sin embargo, en cuanto al contenido de lisina se llegó a tener un aumento de aproximadamente 70% en comparación con el contenido de lisina en el maíz.

Cuadro 14. Determinación de contenido de triptófano y lisina de la formulación de mayor aceptación y de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana elaboradas con la misma

Muestra	Triptófano		Lisina	
	mg Trp / g N	mg Trp / g proteína	mg Lys / g N	mg Lys / g proteína
Mezcla	27.3 ± 2.6	4.4 ± 0.4	306.9 ± 0.1	49.1 ± 0.1
Tortillas frescas	42.4 ± 5.0	6.8 ± 0.8	352.0 ± 0.1	56.3 ± 0.1
Tortillas fritas tipo botana	46.3 ± 8.6	7.4 ± 1.4	436.0 ± 0.1	69.8 ± 0.1

Cuando se realiza la elaboración de tortillas y otros productos se tiene una reducción en el contenido de proteína debido a los procesos térmicos a los que son sometidos. Asimismo, el triptófano es un aminoácido altamente sensible a tratamientos térmicos y se considera como el primer aminoácido limitante de productos de maíz, que han pasado por un proceso térmico. Por otro lado, la lisina se considera como el segundo aminoácido limitante debido al papel que tiene en las reacciones de Maillard y caramelización (Cuevas, 2010).

Sin embargo, debido a la inclusión de la harina de frijol y harina de semillas de ayote se tuvo un aumento significativo en el contenido de dichos aminoácidos. En las tortillas frescas, se obtuvo un contenido de 6.78 mg Trp/g proteína y 56.32 mg Lys/g proteína y para las tortillas fritas tipo botana el resultado fue de 7.40 mg Trp/g proteína y 69.76 mg Lys/g proteína.

Al comparar el contenido de estos aminoácidos con una tortilla de 100% maíz, cuyos los valores teóricos son 3.45 mg Trp/g proteína y 30.63 mg Trp/g proteína (Cuevas, 2010), se puede observar un aumento. En cuanto al contenido de triptófano se tiene un aumento de 96.5% para las tortillas frescas y 114.5% para las tortillas fritas tipo botana. Para el contenido de lisina, se tuvo un aumento para las tortillas frescas de 83.9% y para las tortillas fritas tipo botana de 127.8%.

Asimismo, la FAO/OMS ha determinado contenidos requeridos tanto de triptófano, como de lisina, cuyos valores son 9.6 mg Trp/g proteína y 54.4 mg Lys/g proteína, respectivamente. En el caso de la mezcla, se tuvo como resultado que el contenido de triptófano de esta representa el 45.5% de lo requerido; mientras que el contenido de lisina representa el 90.3% de los valores requeridos de este aminoácido.

En cuanto a las tortillas frescas, se obtuvo que el contenido de triptófano de esta representa el 70.6% de lo requerido; mientras que el contenido de lisina supera por 3.5% al valor requerido de lisina. Para las tortillas fritas tipo botana, el contenido de triptófano representa el 77.1% de lo requerido; mientras que la lisina supera por 28.3% al valor requerido de este aminoácido.

Este comportamiento coincide con varios estudios previos, en los que se ha tenido un aumento en el contenido de triptófano y lisina al sustituir en un 20 a 30% la harina de maíz con frijol (Cuevas, 2010) (Escobar, 2012). Por lo que se demuestra que la adición de una leguminosa y de semillas a un cereal sí llega a presentar un efecto positivo tanto en el contenido de proteína, como de los aminoácidos, triptófano y lisina.

VIII. CONCLUSIONES

1. Se desarrolló una mezcla de harinas de maíz, frijol y semillas de ayote, determinando que las proporciones de 70:25:5 y 80:15:5 (maíz:frijol:ayote) presentaron mejores características físicas para la elaboración de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana.
2. A partir del análisis sensorial de aceptación, se estableció a la formulación de 80:15:5 la de mayor aceptación en los productos elaborados de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana.
3. Se determinó que la adición de harina frijol y harina semillas de ayote a harina de maíz aumenta el contenido de proteína y aminoácidos (triptófano y lisina) en tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana.

IX. RECOMENDACIONES

1. Realizar un análisis biológico de medición de calidad de proteína tanto en las tortillas frescas, como en las tortillas fritas tipo botana para comprobar los resultados obtenidos.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID). (2017). *Compendio de prácticas ancestrales del sistema milpa*. Proyecto de Gobernabilidad Locas. Nexos Locales.
2. Aguilera, M. (2014). *Potencial nutricional de la semilla de calabaza (Cucurbita pepo)*. Universidad Juárez del Estado de Durango. México. Páginas totales: 21.
3. Ahmadi, M., W. Wiebold, J. Beuerlein y K. Kephart. (1995). *Protein quality of corn hybrids differing for endosperm characteristics and the effect of nitrogen fertilization*. Journal of Plant Nutrition. Vol 18. No. 7. Pp: 1471 – 1481.
4. Cuevas, D., et al. (2010). *Nutrition and textura evaluation of maize – white common bean nixtamalized tortillas*. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. Interciencia. Vol. 35. No. 11. Pp: 828 – 832.
5. Ebel, R., J. Pozas, F. Miranda y J. González. (2016). *Manejo orgánico de la milpa: Rendimiento de maíz, frijol y calabaza en monocultivo y policultivo*. Terra Latinoamericana. Vol. 35. No. 2. Pp. 149 – 160.
6. Escobar, Paola. (2012). *Determinación de la calidad proteica y aceptabilidad de tres formulaciones de tortillas de maíz y frijol tipo botana*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Ciencia Químicas y Farmacia. Maestría en Alimentación y Nutrición. Guatemala. Páginas totales: 91.
7. Flores, A. (2014). *Desarrollo de una harina a base de semilla de Amarantho (Amaranthus cruentus), Chía (Salvia hispánica) y Ayote (Cucurbita moschata)*. Universidad Rafael Landívar. Facultad de Ciencias de la Salud. Guatemala. Páginas totales: 125.
8. Flores, R, F. Martínez, Y. Salinas y E. Rios. (2002). *Caracterización de harinas comerciales de maíz nixtamalizado*. Agrocienza. No. 36. Pp: 557 – 567.
9. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1985). *Energy and protein requirements. Report of a Joint FAO/WHO/ONU Expert Consultation*. WHO Technical Report Series No. 724. Geneva, Suiza. Pp: 206.

10. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1993). *El maíz en la nutrición humana*. <http://www.fao.org/3/t0395s/T0395S04.htm> Fecha de consulta: [17.09.2019]
11. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). *Valor Nutricional. ¿Qué es la quinua? Año internacional de la Quinoa 2013*. http://www.fao.org/quinoa-2013/what-is-quinoa/nutritional-value/es/?no_mobile=1 Fecha de consulta: [17.09.2019]
12. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2017). *El consumo de productos ultraprocesados aumenta en Guatemala*. <http://www.fao.org/guatemala/noticias/detail-events/en/c/854050/> Fecha de consulta: [21.09.2019]
13. Gil, Á. (2010). *Tratado de nutrición*. Tomo IV. Nutrición clínica. Segunda edición. Editorial Médica Panamericana. Madrid, España. Páginas totales: 1002.
14. Hudson, C., S. Hudson., T. Hecht y J. Mackenzie. (2005). *Protein source tryptophan versus pharmaceutical grade tryptophan as an efficacious treatment for chronic insomnia*. Nutritional Neuroscience. Vol. 8. No. 2. Pp: 121 – 127.
15. Instituto Centroamericano de Estudios Fiscales (ICEFI). Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (Unicef). (2011). *¡Contamos! Protegiendo la nueva cosecha. Un análisis del costo de erradicar el hambre en Guatemala, 2012 – 2021*. Boletín No. 4.
16. Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá. (2012). *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica*. Segunda Edición. Páginas totales: 137
17. Lucas, W. (2017). *Dynamics of food consumption in Q'eqchi' maya community*. California state University. Dominguez Hills. ProQuest LLC. Páginas totales: 122
18. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social. (2009). *Protocolo para el tratamiento a nivel hospitalario de la desnutrición aguda severa y sus complicaciones en el paciente pediátrico. Programa de Seguridad Alimentaria y Nutricional*. Tercera edición. Páginas totales: 55.
19. Nájera, A. y G. Álvarez. (2012). *Del posol a la Coca Cola: Cambios en las prácticas alimentarias en dos comunidades tojobales*. LiminaR. Vol. 8. No. 1. San Cristóbal de las Casas.

20. Ortiz, F. (2006). *Aprovechamiento e industrialización del frijol (Phaseolus vulgaris L.)*. Fundación Produce de Guerrero, A.C. Instituto Tecnológico de Acapulco. Folio 12 – 2005 – 2747. Páginas totales: 18.
21. Paredes, O., F. Guevara y L. Bello. (2008). *La nixtamalización y el valor nutritivo del maíz*. Revista de cultura científica. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional Autónoma de México. Pp. 60 – 70.
22. Pellet, L. y V. Young. (1980). *Evaluación nutricional de alimentos proteínicos*. Programa Mundial Contra el Hambre. Universidad de las Naciones Unidas. Páginas totales: 175.
23. Ramón, L., L. Chel, D. Betancur y A. Castellanos. (2012). *Tortilla de maíz fortificada con aminoácidos para la alimentación de niños desnutridos en Yucatán México*. Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria. Vol. 32. No. 2. Pp: 36 -42.
24. Rennief, Estefany. (2018). *Desarrollo de una tortilla chip a base de maíz, enriquecida con omega 3 a través de la incorporación de semillas de ajonjolí, chía y linaza*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro Universitario del Suroccidente. Carrera de Ingeniería en Alimentos. Mazatenango, Guatemala. Páginas totales: 83.
25. Secretaría de Seguridad Alimentaria y Nutricional (SESAN). (2014). *Factores socioculturales que inciden en la desnutrición crónica. Estudio cualitativo con enfoque antropológico en familias rurales de Guatemala*. Páginas totales: 73.
26. Sis, K. (2014). *Efectos físicos de la malnutrición por déficit alimentario en la población escolar de 5 a 12 años de edad, de la Escuela Oficial Rural Mixta, Aldea Santo Domingo Santa Rita, San Miguel Chicaj, Departamento de Baja Verapaz*. Universidad Mariano Gálvez de Guatemala. Páginas totales: 78.
27. Solorzano, Evelyn. (2015). *Determinación del patrón de consumo de alimentos en las 8 regiones de Guatemala. Enero – mayo 2015*. Universidad Rafael Landívar. Facultad de ciencias de la salud. Guatemala. Páginas totales: 141.
28. Tandon, O., R. Bressani y N. Scrimshaw. (1957). *El valor nutritivo de frijoles. Contenido de nutrientes de variedades de frijoles cultivadas en Centro América*. Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Guatemala. Páginas totales: 12.

29. Turcios, E., *et al.* (2014). *Transformación y aprovechamiento de ayote (Cucúrbita moschata) como suplemento alimenticio para personas del corredor seco en Jalapa*. Revista Naturaleza, Sociedad y Ambiente. Vol. 1. Pp. 97 – 102.
30. Ulloa, J., P. Rosas, J. Ramírez y B. Ulloa. (2011). *El frijol (Phaseolus vulgaris): Su importancia nutricional y como fuente de fitoquímicos*. Revista Fuente. Vol. 3. No. 8. Pp: 5 – 9.
31. Vázquez, J. (2013). *Desarrollo de tortillas de maíz fortificadas con fuentes de proteína y fibra y su efecto biológico en un modelo animal*. Universidad autónoma de Nuevo León. Facultad de Ciencias Biológicas. Monterrey, México. Páginas totales: 162.
32. Vázquez, J. y C. Amaya. (2010). *Evaluación sensorial de tortillas de maíz fortificadas con harina de amaranto, frijol y nopal*. XII Congreso Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Universidad de Guanajuato. México. Pp: 111 – 117.
33. Zepeda, R., *et al.* (2009). *Proteína, triptófano y componentes estructurales del grano en híbridos de maíz (Zea mays L.) producidos bajo fertirrigación*. Agrociencia. Vol. 43. No. 2. Pp: 143 – 152.

XI. ANEXOS

A. Obtención de harina de maíz

Cuadro 15. Pesos de ingredientes utilizados en la obtención de harina de maíz

Ingrediente	Peso (± 0.01 g)
Maíz inicial	1788.25
Agua	5304.75
Cal	17.68
Maíz nixtamalizado	2896.45
Maíz seco	1676.31
Maíz molido	1675.70
Harina maíz final	1324.56

Figura 25. Solución de cal para nixtamalización del maíz



Figura 26. Nixtamalización del maíz



Figura 27. Remojo del maíz por 24 horas



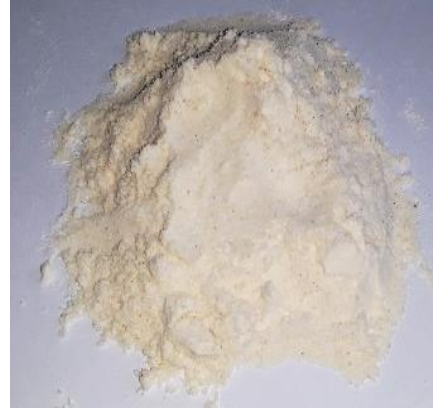
Figura 28. Secado de granos en deshidratador eléctrico



Figura 29. Molienda de granos de maíz



Figura 30. Harina de maíz nixtamalizado



B. Obtención de harina de frijol

Cuadro 16. Pesos de ingredientes utilizados en el proceso de obtención de harina de frijol

Ingrediente	Peso (± 0.01 g)
Frijol inicial	1696.49
Agua	5304.75
Bicarbonato de sodio	17.68
Frijol remojo	3660.73
Agua cocción	5000.00
Frijol cocido	3751.87
Frijol seco	1560.60
Frijol molido	1442.64
Harina frijol final	1363.20

Figura 31. Tratamiento de granos de frijol con bicarbonato de sodio



Figura 32. Cocción de granos de frijol



Figura 33. Secado de granos en deshidratador eléctrico

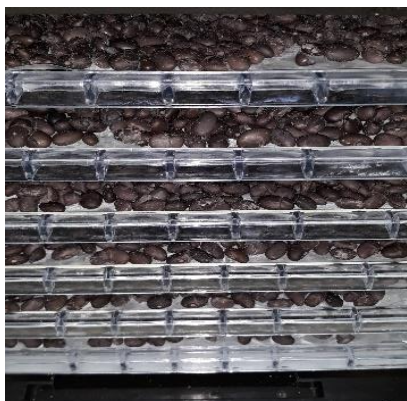


Figura 34. Molienda de granos de frijol



Figura 35. Harina de frijol



C. Obtención de harina de semillas de ayote

Cuadro 17. Pesos de ingredientes utilizadas en el proceso de obtención de harina de semillas de ayote

Ingrediente	Peso (± 0.01 g)
Semillas de ayote inicial	251.78
Harina ayote final	219.4

Figura 36. Semillas de ayote



Figura 37. Molienda de semillas de ayote



Figura 38. Harina de semillas de ayote



D. Análisis de dureza de masa según cada formulación desarrollada

Cuadro 18. Análisis de dureza de masa según cada formulación desarrollada

Formulación (Maíz:frijol:semillas ayote)		Dureza (g)
100:0:0	1	1753
	2	1669
90:5:5	1	1849
	2	1876
80:15:5	1	2088
	2	2219
70:25:5	1	2494
	2	2663
60:35:5	1	2960
	2	2943
50:45:5	1	3221
	2	3226

E. Elaboración de tortillas frescas con formulaciones con la mejor capacidad de formación de tortillas

Cuadro 19. Pesos de ingredientes utilizados en la elaboración de tortillas frescas con formulaciones con la mejor capacidad de formación de tortillas

*Formulación – (%Maíz : %Frijol : %Semillas ayote)

Muestra	Formulación (70:25:5)	Formulación (80:15:5)
	Peso (± 0.01 g)	Peso (± 0.01 g)
Harina maíz	310.00	305.15
Harina frijol	110.00	57.12
Harina semillas ayote	22.14	19.00
Agua	500.00	450.00
Tortillas totales (20 unidades)	240.00	216.00

Figura 39. Mezcla de harinas de maíz, frijol y semillas de ayote



Figura 40. Formación de tortillas con máquina tortillera Gonzalez



Figura 41. Cocción de tortillas



Figura 42. Tortillas frescas



F. Elaboración de tortillas fritas tipo botana con formulaciones con la mejor capacidad de formación de tortillas

Cuadro 20. Pesos de ingredientes utilizados en la elaboración de tortillas fritas tipo botana con formulaciones con la mejor capacidad de formación de tortillas

*Formulación – (%Maíz : %Frijol : %Semillas ayote)

Muestra	Formulación (70:25:5) Formulación (80:15:5)	
	Peso (± 0.01 g)	Peso (± 0.01 g)
Harina maíz	207.58	388.11
Harina frijol	38.92	138.61
Harina semillas ayote	12.00	27.72
Agua	300.00	600.00
Tortillas totales (20 unidades)	192.00	240.00
Tortillas fritas tipo botana	360.00	416.00

Figura 43. Corte de tortillas para dar forma de botana



Figura 44. Proceso de fritura



Figura 45. Tortillas fritas tipo botana



G. Análisis ANOVA de prueba de color de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana con un nivel de significancia de 0.05

Cuadro 21. Valores F de análisis de ANOVA de variables de color L*, a* y b* de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana

Variable	Valor F	
	Tortillas frescas	Tortillas fritas tipo botana
L*	1.04E-04	2.10E-06
a*	4.76E-04	7.54E-04
b*	1.45E-03	6.17E-07

H. Análisis ANOVA de prueba de dureza de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana con un nivel de significancia de 0.05

Cuadro 22. Valores F de análisis de ANOVA de pruebas de dureza de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana

Variable	Valor F	
	Tortillas frescas	Tortillas fritas tipo botana
Dureza	0.5100	0.0503

I. Boleta de para análisis sensorial de aceptación de tortillas frescas

Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos
Trabajo de graduación / Análisis sensorial



CUESTIONARIO

1. Por favor indique su número de panelista (El número que le dieron al ingresar)

PANELISTA

2. Por favor indique su género

HOMBRE

MUJER

3. ¿Cuál de los siguientes rangos incluye su edad?

< 18	18-20	21-25	26-30	31-40	41-50	> 50
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

4. Indique la frecuencia con la que consume tortillas

3 o más veces por semana	1 vez por semana	1 vez cada dos semanas	1 vez al mes
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

POR FAVOR EMPUJE LA VENTANA PARA RECIBIR SUS MUESTRAS

INSTRUCCIONES

- Antes de probar cada muestra, tome un bocado de galleta y un sorbo de agua para enjuagarse la boca.
- Coloque el número de muestra, que evaluará, en el espacio indicado, según el orden que se le presenta.
- Pruebe la muestra y marque un número del 1 al 9 indicando qué tanto le gusta la muestra.

MUESTRA

Califique la MUESTRA EN GENERAL

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Califique la APARIENCIA de la muestra

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Califique el SABOR de la muestra

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="9"/>

Califique el TEXTURA de la muestra

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="9"/>

Comentarios u observaciones

MUESTRA

Califique la MUESTRA EN GENERAL

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="9"/>

Califique la APARIENCIA de la muestra

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="9"/>

Califique el SABOR de la muestra

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="9"/>

Califique el TEXTURA de la muestra

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="9"/>

Comentarios u observaciones

FIN DEL CUESTIONARIO
¡MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!

J. Boleta de para análisis sensorial de aceptación de tortillas fritas tipo botana

Universidad del Valle de Guatemala
 Facultad de Ingeniería
 Departamento de Ingeniería en Ciencias de Alimentos
 Trabajo de graduación / Análisis sensorial



CUESTIONARIO

5. Por favor indique su número de panelista (El número que le dieron al ingresar)

PANELISTA

6. Por favor indique su género

HOMBRE

MUJER

7. ¿Cuál de los siguientes rangos incluye su edad?

< 18	18-20	21-25	26-30	31-40	41-50	> 50
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

8. Indique la frecuencia con la que consume frituras de maíz

3 o más veces por semana	1 vez por semana	1 vez cada dos semanas	1 vez al mes
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

POR FAVOR EMPUJE LA VENTANA PARA RECIBIR SUS MUESTRAS

INSTRUCCIONES

- Antes de probar cada muestra, tome un bocado de galleta y un sorbo de agua para enjuagarse la boca.
- Coloque el número de muestra, que evaluará, en el espacio indicado, según el orden que se le presenta.
- Pruebe la muestra y marque un número del 1 al 9 indicando qué tanto le gusta la muestra.

MUESTRA

Califique la MUESTRA EN GENERAL

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Califique la APARIENCIA de la muestra

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Califique el SABOR de la muestra

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="9"/>

Califique el TEXTURA de la muestra

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="9"/>

Comentarios u observaciones

MUESTRA

Califique la MUESTRA EN GENERAL

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="9"/>

Califique la APARIENCIA de la muestra

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="9"/>

Califique el SABOR de la muestra

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="9"/>

Califique el TEXTURA de la muestra

Me disgusta muchísimo	Me disgusta mucho	Me disgusta bastante	Me disgusta ligeramente	Ni me gusta ni me disgusta	Me gusta ligeramente	Me gusta bastante	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo
<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="2"/>	<input type="text" value="3"/>	<input type="text" value="4"/>	<input type="text" value="5"/>	<input type="text" value="6"/>	<input type="text" value="7"/>	<input type="text" value="8"/>	<input type="text" value="9"/>

Comentarios u observaciones

FIN DEL CUESTIONARIO
¡MUCHAS GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!

K. Panel sensorial de aceptación de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana con dos diferentes formulaciones con la mejor capacidad de formación de tortillas

Figura 46. Muestras entregadas a panelistas



Figura 47. Panelistas evaluando muestras



L. Análisis ANOVA de análisis sensorial de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana con un nivel de significancia de 0.05

Cuadro 23. Valores F de análisis de ANOVA de análisis sensorial de tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana

Variable	Valor F	
	Tortillas frescas	Tortillas fritas tipo botana
Aceptación general	0.617	0.0382*
Apariencia	0.473	0.427
Sabor	0.653	0.260
Textura	0.960	0.319

M. Análisis proximal de la mezcla de mayor aceptación y mejor capacidad de formación de tortillas

Cuadro 24. Determinación de contenido de humedad en mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana

Muestra		Tara (±0.0001g)	Peso muestra (±0.0001g)	Tara + Muestra seca (±0.0001g)	Humedad (±0.0001g)	Humedad (%)	Promedio
Harina	H1	15.7067	7.5787	22.5658	0.7196	9.50	9.51
	H2	15.6378	7.6129	22.5260	0.7247	9.52	
Tortilla	T1	15.7802	7.6868	20.6738	2.7932	36.34	42.49
	T2	16.2261	8.2009	20.4387	3.9883	48.63	
Botana	B1	15.4777	8.4295	23.8009	0.1063	1.26	1.22
	B2	16.3501	7.3719	23.6345	0.0875	1.19	

Cuadro 25. Determinación de contenido de cenizas en mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana

Muestra		Tara (±0.0001g)	Tara + Muestra (±0.0001g)	Peso muestra (±0.0001g)	Tara + Muestra seca (±0.0001g)	Cenizas (±0.0001g)	Humedad (%)	Promedio
Harina	H1	24.0150	25.4058	1.3908	24.0364	1.3694	1.54	1.50
	H2	38.1120	39.5031	1.3911	38.1324	1.3707	1.47	
Tortilla	T1	35.8720	37.3952	1.5232	35.8907	1.5045	1.23	1.24
	T2	39.5422	41.0423	1.5001	39.5611	1.4812	1.26	
Botana	B1	31.3144	32.8132	1.4988	31.3426	1.4706	1.88	1.88
	B2	41.7415	43.2435	1.5020	41.7698	1.4737	1.88	

Cuadro 26. Determinación de contenido de carbohidratos en mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana

Muestra		Carbohidratos (%)	Promedio
Harina	H1	70.25	70.96
	H2	71.66	
Tortilla	T1	46.28	39.95
	T2	33.61	
Botana	B1	54.36	53.59
	B2	52.81	

Cuadro 27. Determinación de contenido de grasa en mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana

Muestra		Tara (± 0.0001 g)	Peso muestra (± 0.0001 g)	Tara + Grasa (± 0.0001 g)	Grasa (± 0.0001 g)	Grasa (%)	Promedio
Harina	H1	75.6235	5.0205	75.9197	0.2962	5.90	5.69
	H2	75.8116	5.0157	76.0866	0.2750	5.48	
Tortilla	T1	74.8357	4.9319	75.1116	0.2759	5.59	5.58
	T2	76.9708	5.0138	77.2500	0.2792	5.57	
Botana	B1	74.0445	5.0627	75.7500	1.7055	33.69	34.61
	B2	75.2960	5.0189	77.0797	1.7837	35.54	

Cuadro 28. Determinación de contenido de proteína en mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana

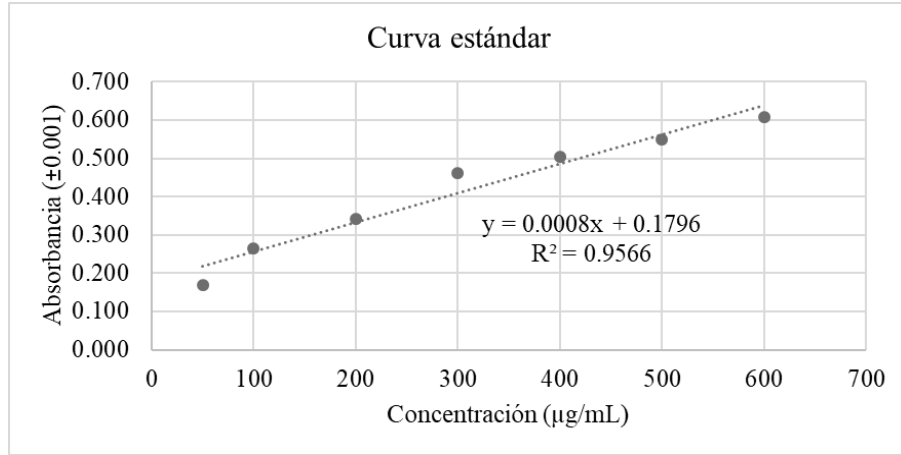
Muestra		Peso muestra (± 0.0001 g)	Volumen HCl (± 0.05 mL)	Gramos N	Proteína (%)	Promedio
Harina	H1	0.2526	3.70	0.00518	12.82	12.34
	H2	0.2507	3.40	0.00476	11.87	
Tortilla	T1	0.2569	3.10	0.00434	10.56	10.74
	T2	0.2562	3.20	0.00448	10.93	
Botana	B1	0.2583	2.60	0.00364	8.81	8.69
	B2	0.2550	2.50	0.00350	8.58	

N. Determinación de contenido de triptófano de la mezcla de mayor aceptación y mejor capacidad de formación de tortillas

Cuadro 29. Estándares de curva de calibración para determinación de contenido de triptófano

Curva estándar		
Muestra	Concentración (μ g/mL)	Absorbancia (± 0.001)
Std 2	50	0.170
Std 3	100	0.264
Std 4	200	0.341
Std 5	300	0.461
Std 6	400	0.505
Std 7	500	0.549
Std 8	600	0.607

Figura 48. Curva de calibración de contenido de triptófano



Cuadro 30. Determinación de contenido de triptófano en mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana

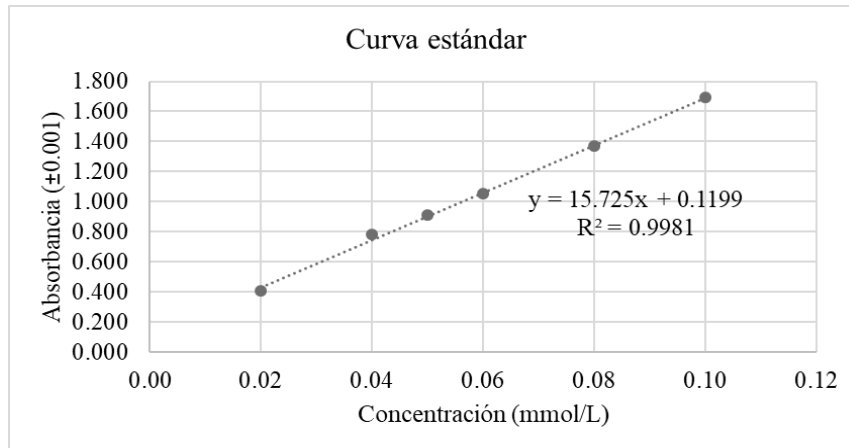
Muestra	Peso muestra (±0.0001g)	Absorbancia (±0.001)	Concentración (mg)	mg Trp / g N	Promedio	mg Trp / g proteína	Promedio
Harina	H1	0.0808	3.70	0.1324	25.56	27.38	4.09
	H2	0.0808	3.40	0.1390	29.20		
Tortilla	T1	0.0806	3.10	0.1993	45.92	42.42	7.35
	T2	0.0806	3.20	0.1744	38.92		
Botana	B1	0.0809	2.60	0.1468	40.34	46.40	6.45
	B2	0.0809	2.50	0.1836	52.45		

O. Determinación de contenido de lisina disponible de la mezcla de mayor aceptación y mejor capacidad de formación de tortillas

Cuadro 31. Estándares de curva de calibración para determinación de contenido de lisina disponible

Muestra	Curva estándar	
	Concentración (mmol/L)	Absorbancia (±0.001)
Std1	0.02	0.411
Std2	0.04	0.783
Std3	0.05	0.914
Std4	0.06	1.052
Std5	0.08	1.372
Std6	0.10	1.691

Figura 49. Curva de calibración de contenido de lisina disponible



Cuadro 32. Determinación de contenido de lisina disponible en muestra A de mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana

Muestra A		Peso muestra (±0.0001g)	Absorbancia (±0.001)	Concentración (mmol/L)	Corrección (mmol/L)	mg Lys / g proteína
Harina	H1	1.5906	0.426	0.0195	3.8705	115.31
	H2	1.5906	0.427	0.0195	3.8705	115.31
Tortilla	T1	1.5915	0.408	0.0183	3.8717	132.45
	T2	1.5915	0.408	0.0183	3.8717	132.45
Botana	B1	1.5906	0.413	0.0186	3.8714	163.78
	B2	1.5906	0.410	0.0184	3.8716	163.79

Cuadro 33. Determinación de contenido de lisina disponible en muestra B de mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana

Muestra B		Peso muestra (±0.0001g)	Absorbancia (±0.001)	Concentración (mmol/L)	Corrección (mmol/L)	mg Lys / g proteína
Harina	H1	2.7713	0.402	0.0179	3.8721	66.21
	H2	2.7713	0.400	0.0178	3.8722	66.21
Tortilla	T1	2.7703	0.378	0.0164	3.8736	76.13
	T2	2.7703	0.378	0.0164	3.8736	76.13
Botana	B1	2.7709	0.406	0.0182	3.8718	94.03
	B2	2.7709	0.404	0.0181	3.8719	94.03

Cuadro 34. Determinación de contenido de lisina disponible total en mezcla, tortillas frescas y tortillas fritas tipo botana

Muestra		mg Lys / g proteína	Promedio	mg Lys / g N
Harina	H1	49.102	49.10	306.87
	H2	49.098		
Tortilla	T1	56.324	56.32	352.02
	T2	56.324		
Botana	B1	69.753	69.76	435.97
	B2	69.758		