

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades



Formulación de dos tipos de pan de dulce artesanal de Guatemala con menor porcentaje de grasa y azúcar

Trabajo de graduación en modalidad de Tesis presentado por
Andrea Marroquín Martínez
para optar al grado académico de Licenciado en Nutrición

Guatemala,
2016

Formulación de dos tipos de pan de dulce artesanal de Guatemala con menor porcentaje de grasa y azúcar

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades



Formulación de dos tipos de pan de dulce artesanal de Guatemala con menor porcentaje de grasa y azúcar

Trabajo de graduación en modalidad de Tesis presentado por
Andrea Marroquín Martínez
para optar al grado académico de Licenciado en Nutrición

Guatemala,
2016

Vo. Bo. :

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz
Licenciada Ana Silvia Colmenares de Ruiz.
Asesora

Tribunal Examinador:

(f) Ana Silvia Colmenares de Ruiz
Licenciada Ana Silvia Colmenares de Ruiz

(f) Patricia Palacios de Palomo
Licenciada Patricia Palacios de Palomo

(f) Patricia Gonzalez
Licenciada Patricia Gonzalez

Fecha de aprobación: Guatemala (30 de junio de 2016) -

ÍNDICE

| | |
|--------------------------|------|
| LISTA DE CUADROS..... | x |
| LISTA DE FIGURAS..... | xii |
| LISTA DE GRÁFICOS..... | xiii |
| RESUMEN | xv |
| I. INTRODUCCIÓN..... | 1 |
| II. OBJETIVOS..... | 3 |
| III. JUSTIFICACIÓN | 5 |
| IV. MARCO TEÓRICO..... | 7 |
| V. ANTECEDENTES | 23 |
| VI. METODOLOGÍA..... | 25 |
| VII. RESULTADOS..... | 39 |
| VIII. DISCUSIÓN | 69 |
| IX. CONCLUSIONES..... | 73 |
| X. RECOMENDACIONES..... | 75 |
| XI. BIBLIOGRAFÍA..... | 77 |
| XII. ANEXO | 81 |

LISTA DE CUADROS

| | |
|--|----|
| 1. Características fisicoquímicas de la inulina..... | 18 |
| 2. Material necesario para la elaboración de los diferentes tipos de pan..... | 25 |
| 3. Material necesario para la evaluación sensorial de los diferentes tipos de pan | 25 |
| 4. Reactivos y material necesario para la elaboración del análisis químico proximal de los diferentes tipos de pan | 26 |
| 5. Rubro de recursos..... | 27 |
| 6. Tratamientos del pan tipo conchita y pan tipo champurrada | 29 |
| 7. Clasificación de variables..... | 30 |
| 8. Receta original de pan tipo conchita..... | 31 |
| 9. Receta de pan tipo conchita con 20% de sustitución utilizando inulina..... | 32 |
| 10. Receta de pan tipo conchita con 50% de sustitución utilizando inulina..... | 32 |
| 11. Receta de pan tipo conchita con 70% de sustitución utilizando inulina..... | 32 |
| 12. Receta de pan tipo conchita con 20% de sustitución utilizando banano..... | 33 |
| 13. Receta de pan tipo conchita con 50% de sustitución utilizando banano..... | 33 |
| 14. Receta de pan tipo conchita con 70% de sustitución utilizando banano..... | 33 |
| 15. Receta original de pan tipo champurrada..... | 34 |
| 16. Receta de pan tipo champurrada con 20% de sustitución utilizando inulina..... | 34 |
| 17. Receta de pan tipo champurrada con 50% de sustitución utilizando inulina..... | 34 |
| 18. Receta de pan tipo champurrada con 70% de sustitución utilizando inulina..... | 35 |
| 19. Receta de pan tipo champurrada con 20% de sustitución utilizando banano..... | 35 |
| 20. Receta de pan tipo champurrada con 50% de sustitución utilizando banano..... | 35 |
| 21. Receta de pan tipo champurrada con 70% de sustitución utilizando banano..... | 36 |
| 22. Apariencias de productos finales de los dos tipos de pan con sus respectivas Sustituciones..... | 43 |
| 23. Prueba Tukey (HSD) en apariencia para pan conchita con banano..... | 46 |
| 24. Medias de apariencia para pan conchita con banano..... | 46 |
| 25. Prueba Tukey (HSD) en sabor para pan conchita con banano..... | 47 |
| 26. Medias de sabor para pan conchita con banano..... | 47 |
| 27. Prueba Tukey (HSD) en textura para pan conchita con banano..... | 47 |
| 28. Medias en textura para pan conchita con banano..... | 47 |
| 29. Prueba Tukey (HSD) en apariencia para pan conchita con inulina..... | 48 |
| 30. Medias de apariencia para pan conchita con inulina..... | 48 |
| 31. Prueba Tukey (HSD) en sabor para pan conchita con inulina..... | 48 |
| 32. Medias de sabor para pan conchita con inulina..... | 48 |
| 33. Prueba Tukey (HSD) en textura para pan conchita con inulina..... | 49 |
| 34. Medias en textura para pan conchita con banano..... | 49 |
| 35. Prueba Tukey (HSD) en apariencia para pan champurrada con banano..... | 49 |
| 36. Medias de apariencia para pan champurrada con banano..... | 49 |
| 37. Prueba Tukey (HSD) en sabor para pan champurrada con banano..... | 50 |
| 38. Medias de sabor para pan champurrada con banano..... | 50 |
| 39. Prueba Tukey (HSD) en textura para pan champurrada con banano..... | 50 |
| 40. Medias en textura para pan champurrada con banano..... | 50 |
| 41. Prueba Tukey (HSD) en apariencia para pan champurrada con inulina..... | 51 |
| 42. Medias de apariencia para pan champurrada con inulina..... | 51 |
| 43. Prueba Tukey (HSD) en sabor para pan champurrada con inulina..... | 51 |

| | |
|---|----|
| 44. Medias de sabor para pan champurrada con inulina..... | 51 |
| 45. Prueba Tukey (HSD) en textura para pan champurrada con inulina..... | 52 |
| 46. Medias en textura para pan champurrada con banano..... | 52 |
| 47. Preferencia del pan tipo conchita con los dos sustitutos de grasa..... | 53 |
| 48. Preferencia del pan tipo champurrada con los dos sustitutos de grasa..... | 55 |
| 49. Dureza y fracturabilidad de pan tipo champurrada..... | 58 |
| 50. Dureza y adhesividad de pan tipo conchita..... | 58 |
| 51. Promedio de composición química proximal de pan conchita y champurrada..... | 59 |
| 52. ANOVA de porcentaje de humedad para pan conchita..... | 61 |
| 53. ANOVA de porcentaje de cenizas para pan conchita..... | 62 |
| 54. ANOVA de porcentaje de grasa para pan conchita..... | 62 |
| 55. ANOVA de porcentaje de fibra para pan conchita..... | 62 |
| 56. ANOVA de porcentaje de proteína para pan conchita..... | 62 |
| 57. ANOVA de porcentaje de carbohidratos para pan conchita..... | 63 |
| 58. ANOVA de porcentaje de humedad para pan champurrada..... | 63 |
| 59. ANOVA de porcentaje de cenizas para pan champurrada..... | 63 |
| 60. ANOVA de porcentaje de grasa para pan champurrada..... | 63 |
| 61. ANOVA de porcentaje de fibra para pan champurrada..... | 64 |
| 62. ANOVA de porcentaje de proteína para pan champurrada..... | 64 |
| 63. ANOVA de porcentaje de carbohidratos para pan champurrada..... | 64 |
| 64. Prueba binomial de dos extremos..... | 85 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| 1. Metabolismo de los carbohidratos en el cuerpo..... | 12 |
| 2. Metabolismo de las grasas en el cuerpo..... | 13 |
| 3. Metabolismo de las proteínas en el cuerpo..... | 14 |
| 4. Producción y consumo de maíz y trigo en Guatemala..... | 16 |
| 5. Etiquetado nutricional de pan conchita sin sustitución de grasa..... | 65 |
| 6. Etiquetado nutricional de pan conchita con 50% de sustitución utilizando banano..... | 65 |
| 7. Etiquetado nutricional de pan conchita con 70% de sustitución utilizando inulina..... | 66 |
| 8. Etiquetado nutricional de pan champurrada sin sustitución de grasa..... | 66 |
| 9. Etiquetado nutricional de pan champurrada con 20% de sustitución utilizando inulina... | 67 |

LISTA DE GRÁFICOS

| | |
|---|----|
| 1. Preferencia del pan conchita con 20% de sustitución de grasa..... | 54 |
| 2. Preferencia del pan conchita con 50% de sustitución de grasa..... | 54 |
| 3. Preferencia del pan conchita con 70% de sustitución de grasa..... | 55 |
| 4. Preferencia del pan champurrada con 20% de sustitución de grasa..... | 56 |
| 5. Preferencia del pan champurrada con 50% de sustitución de grasa..... | 56 |
| 6. Preferencia del pan champurrada con 70% de sustitución de grasa..... | 57 |
| 7. Composición química proximal de pan conchita..... | 60 |
| 8. Composición química proximal de pan champurrada..... | 61 |

RESUMEN

Guatemala al igual que toda América Latina inició en los años '80 una transición epidemiológica resultado de los cambios demográficos y epidemiológicos asociados a cambios en la esperanza de vida, a causa del aumento del sedentarismo y cambio de una dieta basada en productos amiláceos, rica en fibra y baja en grasa hacia una dieta rica en grasas, azúcar y alimentos procesados. Esto se ve reflejado en el crecimiento acelerado de niños y niñas con sobrepeso y obesidad. En el 2010 se tenía un porcentaje de hogares con niños y niñas con sobrepeso y obesidad en Guatemala del 4.9%, con tasas mayores en área urbana. De 1966 al 2014 se reporta un incremento en las tasas de sobrepeso y obesidad para niños y niñas menores de 5 años del 166% para Guatemala (INCAP, 2015). Sin mencionar el también incremento sobrepeso y obesidad en adultos acompañados de las enfermedades crónicas no transmisibles que se relacionan con estas patologías. Debido a esta problemática surgió la necesidad de modificar un alimento altamente consumido en el país para poder encontrar una solución.

La presente tesis se enfoca en desarrollar una nueva formulación de dos tipos de pan dulce que contenga un menor porcentaje de grasa y azúcar del pan dulce tradicional guatemalteco y que sea aceptado por la población. Se escogieron dos tipos de pan, pan dulce tipo conchita y champurrada. La formulación del pan se llevó a cabo en una panadería pequeña comercial, así de esta manera se aprendió la elaboración del pan artesanal. Como sustituto de grasa se utilizó banano para una formulación y para otra inulina. En el caso del azúcar se utilizó sucralosa, marca comercial Splenda® para hornear. Al tener las diferentes recetas y los panes elaborados se llevó a cabo un análisis sensorial para identificar las sustituciones de grasa y azúcar más aceptados por la población. Estas recetas luego fueron sometidas a una serie de análisis físico-químicos dentro de la Universidad del Valle de Guatemala para obtener el valor nutricional de cada pan y poder compararlo con el pan dulce normal.

Los principales resultados obtenidos se pueden dividir en apariencia y valor nutricional. En cuanto al pan dulce tipo conchita se observó que utilizando banano como sustituto de grasa los panes no desarrollaron un crecimiento uniforme, mientras que los panes con inulina como sustituto tuvieron una apariencia similar a la del pan control. En el caso del pan dulce tipo champurrada las diferencias se observaron en cuanto a la coloración de los panes, los que utilizaron inulina tuvieron una coloración más clara que los panes con banano y el control. En cuanto al valor nutricional solo una receta pudo ser considerada 'light' o 'baja en grasa' ya que obtuvo un 25% menos de grasa comparado con el control. Finalmente se llegó a la conclusión que el banano y la inulina como sustitutos de grasa disminuyen de manera significativa el porcentaje de grasa en los dos tipos de pan.

I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala, los índices de sobrepeso y obesidad en la población adulta han ido en el alza, mayormente debido a la ingesta de alimentos con altos contenidos de azúcar y grasa que realmente no proveen de nutrientes de calidad. Esto se ve reflejado en los alimentos de preferencia popular, como la repostería típica, especialmente, en el consumo de pan dulce. Es una costumbre muy frecuente tomar una taza de café por la tarde y acompañarla con un pan dulce.

El sobrepeso y la obesidad se definen según la OMS como una acumulación anormal o excesiva de grasa, la cual puede ser perjudicial para la salud. El indicador más utilizado para diagnosticar sobrepeso y obesidad es el Índice de Masa Corporal (IMC), el cual relaciona el peso en kilos y la talla en metros cuadrados. Un IMC igual o superior a 25 determina sobrepeso y un IMC igual o superior al 30 determina obesidad.

Los hábitos alimentarios se pueden definir como los hábitos que se van adquiriendo a lo largo de la vida, los cuales influyen en nuestra alimentación. Estos hábitos se desarrollan durante la infancia y adolescencia, son determinados por los patrones de los padres o personas del entorno. Los hábitos alimentarios son tradicionalmente uno de los factores más estables de toda la herencia sociocultural del hombre (Rodríguez, 2008). Por este motivo cambiar un hábito alimentario requiere de un gran esfuerzo a nivel poblacional. Es por esto, que una forma de abordar el problema de salud pública del sobrepeso y obesidad es por medio del desarrollo de opciones más saludables dentro de los alimentos que la población está acostumbrada a consumir, como es en este caso el pan dulce.

El presente estudio trata sobre la formulación de un pan dulce que sea nutricionalmente más adecuado para la población, pero que sea igualmente aceptado por ésta. Con los resultados obtenidos, se pretende ofrecer a la población guatemalteca una opción más saludable de mantener sus hábitos alimentarios. El objetivo de esta investigación no solo es beneficiar a la población consumidora de pan de manteca, sino también a la panadería con la cual se asociará ya que podrá contar con las recetas y comercializarlas. La elaboración del pan se llevó a cabo en una panadería comercial y los análisis sensoriales y físico-químicos se realizaron en los laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala.

Actualmente, este tipo de estudios son necesarios, en especial en la población guatemalteca, por los beneficios que tienen en la salud y por la falta de productos originarios del país nutricionalmente adecuados para la población. La comida artesanal de Guatemala es muy amplia y muy reconocida, pero puede llegar a tener carencias nutricionales. A pesar de esto, su consumo es muy frecuente por tradición de las personas. Si se mejora la calidad nutricional de estos alimentos, podría mejorarse la salud de los guatemaltecos sin privarlos de sus comidas tradicionales.

II. OBJETIVOS

A. General

Desarrollar una nueva formulación de dos tipos de pan dulce que contenga un menor porcentaje de grasa y azúcar del pan dulce tradicional guatemalteco y que sea aceptado por la población.

B. Específicos

1. Formular dos diferentes tipos de pan dulce utilizando menos grasa y sustitutos de la misma.
2. Formular dos diferentes tipos de pan dulce utilizando 10% menos azúcar y sustitutos de la misma.
3. Evaluar la percepción sensorial (aceptabilidad y preferencia) de las nuevas formulaciones de dos diferentes tipos de pan dulce.
4. Evaluar física y químicamente los productos y compararlo con los panes dulces tradicionales de Guatemala.

III. JUSTIFICACIÓN

Guatemala al igual que toda América Latina inició en los años '80 una transición epidemiológica resultado de los cambios demográficos y epidemiológicos asociados a cambios en la esperanza de vida, a causa del aumento del sedentarismo y cambio de una dieta basada en productos amiláceos, rica en fibra y baja en grasa hacia una dieta rica en grasas, azúcar y alimentos procesados. En los últimos años se ha observado una elevación de la prevalencia de sobrepeso y obesidad, así como de las enfermedades crónicas no transmisibles que van de la mano con los estilos de vida y la cultura del país. En este caso se va a centrar en el sobrepeso y la obesidad ya que es un factor de riesgo de muchas otras enfermedades, y al prevenir la obesidad se puede prevenir la mayoría de estas enfermedades (López Donado *et al*, 2009).

Uno de los problemas emergentes de malnutrición en diferentes regiones del mundo es el crecimiento acelerado de niños y niñas con sobrepeso y obesidad. En el 2010 se tenía un porcentaje de hogares con niños y niñas con sobrepeso y obesidad en Guatemala del 4.9%, con tasas mayores en área urbana. De 1966 al 2014 se reporta un incremento en las tasas de sobrepeso y obesidad para niños y niñas menores de 5 años del 166% para Guatemala (INCAP, 2015). Es de gran importancia informarse que Guatemala no solo presenta altas tasas de desnutrición infantil, también han aumentado las tasas de sobrepeso y obesidad y esto se debe a la cultura de consumir los alimentos en grandes cantidades. Es muy reconocido en la cultura guatemalteca juntarse por las tardes a tomar café con pan, el cual normalmente es un pan dulce del tipo pan manteca. Este tipo de pan no solo contiene carbohidratos, también contiene grasas (manteca) y azúcar por su naturaleza dulce, dos de los macronutrientes que se encuentran altamente relacionados con los índices de sobrepeso y obesidad.

Durante la última década la producción de pan ha sido impulsada por los consumidores y las exigencias normativas como los cambios demográficos, comodidad, salud y sabor. Los productos artesanales siguen siendo muy populares, pero se enfrentan a la dura competencia de la especialidad de producción masiva de panes. Debido a que la conciencia de un estilo de vida saludable es cada vez mayor, panes que contienen grano entero, multi-grano u otros ingredientes funcionales son cada vez más importantes en la panadería industrial (Dewettinick, *et al*, 2008).

Según datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística (INE, 2004), se consume aproximadamente 9 panes francés y 3 panes dulces al día. Se obtiene este consumo haciendo un promedio de aproximadamente 5.4 miembros por familia. La tendencia en el consumo de pan permanece estable, debido a que este producto a pesar de la fluctuación del precio el consumidor seguiría comprándolo (INE).

La producción de pan de calidad nutricional es importante para la dieta de muchos guatemaltecos. Por esta razón, es impactante observar que existe muy poca investigación acerca del tema, con pocas contribuciones (Díaz, 2005).

IV. MARCO TEÓRICO

A. Pan

El pan es uno de los principales alimentos a nivel global. Desde el inicio de la cultura, el pan ha sido fuente de carbohidratos, proteína, fibra y sales. Se puede decir que la humanidad se ha alimentado de pan desde sus inicios y lo ha vuelto algo tan propio que existen variaciones regionales y culturales en cuanto a su presentación, receta y consumo (Gironi, 2009).

1. Clasificación del pan. El pan se clasifica en común y especial. El pan común a simple vista se diferencia en dos tipos, en función de la textura de la miga, ya sea que se encuentre dura o compacta, o bien blanda, alveolada o esponjosa. Según esto se puede clasificar el pan común en dos clases diferentes (Gil y Majem, 2010):

- Pan de miga dura: se elabora utilizando cilindros refinadores. Se considera pan común a todos los elaborados con pan candeal.
- Pan de miga blanda: se obtiene con una mayor proporción de agua que el pan bregado y no precisa normalmente del refinado con cilindros.

Por otra parte el pan especial se clasifica de la siguiente manera (Gil y Majem, 2010):

- Pan integral: se elabora a base de harina integral.
- Pan con grañones (sémola de trigo): se elabora a base de harina integral y se le agregan grañones convenientemente tratados.
- Pan de viena y pan francés: se elabora a base de masa blanda, entre cuyos ingredientes deben entrar, además de los básicos, azúcares, leche o ambos a la vez.
- Pan tostado: después de su cocción, se corta en rebanadas y se somete a tostado y empacado.
- Pan de otro cereal: se emplea harina de trigo mezclada con harina de otro cereal en una proporción mínima de 51% y recibe el nombre de pan del cereal agregado.
- Pan enriquecido: pan donde se han agregado harinas enriquecidas o se le ha agregado sustancias enriquecedoras.
- Pan de molde: tiene una ligera corteza blanda y para su cocción ha sido introducido en molde.
- Pan rallado: producto que resulta de la trituración industrial del pan.

Los siguientes panes también se clasifican como pan especial por los ingredientes adicionales, la forma externa o el procedimiento de su elaboración (Ángel y Majem, 2010):

- Pan bizcochado

- Pan dulce
- Pan de frutas
- Palillos
- Bastones
- Grisones
- Pan ácimo

2. Ingredientes del pan

a. Harina. Harina es todo producto procedente de la trituración de un cereal. Solamente los granos de trigo y de centeno producen harinas directamente panificables. Se consideran panificables, ya que son capaces de retener los gases producto de la fermentación (Linares, s.f). Además, la harina es la principal fuente de carbohidratos y proteína del pan. Mucho del valor nutricional del pan proviene de la harina que se utilice. Por lo tanto, mucha de la variación del valor nutricional del pan puede provenir del tipo de harina utilizado, de su procesamiento y de su origen biológico. Por esta razón, las variaciones de harina regionales pueden contribuir a una alta variación del contenido nutricional del pan.

Desde el punto de vista panadero, la harina se caracteriza por tres parámetros fundamentales (Linares, s.f):

- Tasa de extracción: Peso de harina que se extrae por unidad de grano utilizado el cual es expresado en porcentaje.
- Características físicas de la masa: Entre las características están la elasticidad, tenacidad y suavidad que posee. Estas propiedades son mayormente comunicadas por el gluten, lo cual es conocido como la fuerza. Determina el rendimiento del pan.
- Propiedades fermentativas: Estas propiedades se concentran en la producción de gas (CO₂), el cual se da por la fermentación de la masa a causa de la cantidad de azúcares que contenga y de la fermentación producida por la transformación parcial del almidón.

1) Tipos de harina

- a) Integral. Estas harinas llevan en su totalidad el salvado del trigo ya que no se separa ninguna de las partes al grano.
- b) Acondionadas. Son las harinas que tienen características organolépticas, plásticas y fermentativas modificadas y están complementadas mediante tratamientos físicos o adición de otros productos.
- c) Enriquecidas. A estas harinas se les ha añadido sustancias, que elevarán el valor nutritivo. Algunas de estas sustancias pueden ser proteínas, aminoácidos, minerales y ácidos grasos esenciales.

- d) De fuerza. Son las harinas conocidas por extracción T-45 y T-55 provenientes exclusivamente de trigos especiales con un contenido de proteína de 11%.
- e) Especiales. Son las harinas que han pasado por un proceso de extracción especial en las cuales se pueden encontrar las malteadas, dextrinadas y preparadas.

b. Agua. El agua es parte importante de la elaboración de la masa del pan y del resultado final. Esta debe de ser potable y tener un buen estado sanitario. Para la elaboración de la masa el agua debe de ser una tercera parte del total de harina a utilizar, aunque al final dependerá en ese momento de una serie de circunstancias para conseguir la consistencia deseada (Academia del área de plantas piloto de alimentos, 2004).

Como se ha mencionado anteriormente el agua es de gran importancia en la elaboración de la masa ya que en ella se disuelven todos los ingredientes e hidrata el almidón, lo cual hace que el gluten ayude a formar una masa plástica y elástica. También forma parte del resultado final, en especial en el sabor y frescura del pan, ya que hace posible la porosidad, da una corteza más suave y le da la frescura característica (Academia del área de plantas piloto de alimentos, 2004).

El agua ideal para panadería es el agua dura que contiene sales minerales suficientes para reforzar el gluten. Esta agua contiene sales entre 50 y 200 ppm, provienen de sulfatos y actúan como nutrientes para las levaduras y fortalecen el gluten. Todo siempre debe ser con medida, ya que si se utiliza este tipo de agua en exceso puede llegar a endurecer el gluten y retrasar la fermentación (Academia del área de plantas piloto de alimentos, 2004).

c. Sal. La sal tiene un papel importante en la aportación de sabor al pan y en su elaboración. Principalmente actúa como regulador del proceso de fermentación, conjuntamente mejora la plasticidad y aumenta la capacidad de hidratación de la harina. La sal también tiene un efecto importante como barrera microbiológica ya que restringe la actividad de bacterias productoras de ácidos y controla la acción de la levadura, por medio de la regulación del consumo de azúcar, y así obtener una mejor corteza (Academia del área de plantas piloto de alimentos, 2004).

d. Azúcar. El azúcar que generalmente se emplea en panadería es la sacarosa, el cual es un disacárido formado por α -glucopiranososa y β -fructofuranosa proveniente de la caña de azúcar.

El azúcar es de gran importancia en la elaboración del pan, tiene las siguientes funciones (Llamas y Zamora, 2002):

- Sustrato para levadura: la sacarosa se desdobla en azúcares simples, las cuales pueden ser fermentadas por la levadura biológica, lo cual da la producción de gas (CO_2) y puede mantenerse activa durante toda la fermentación.
- Edulcorante: el sabor dulce de la sacarosa le da el sabor característico del pan.

- Conservante: la adición de azúcar a la masa inhibe la acción de microorganismos como hongos.
- Humectante: es ampliamente conocido que el azúcar forma enlaces con el agua. De esta manera se retiene la humedad dentro del pan y le da más frescura.

e. Levadura. Trata de un microorganismo (hongo) que utiliza el azúcar como sustrato, y el cual produce gases, lo cual le da el efecto de crecimiento al pan. Las levaduras se clasifican en dos tipos de clases: ascomicetos y basidiomicetos, dentro de la primera clase se encuentra el género *Saccharomyces*, el cual es un fermentador energético de los azúcares en condiciones anaerobias. La especie de levadura que se utiliza para la elaboración del pan es la *Saccharomyce cervisiae* la cual también es utilizada en la elaboración de la cerveza, vino y cidra (Fiset y Blais; Uribe, 2007).

1) Tipos de levaduras. El tipo de levadura que se utiliza en panadería se divide en dos, la levadura biológica y la gasificante. Es de suma importancia que se haga una distinción entre estas dos para saber la función de cada una. La levadura biológica es la que realiza la fermentación transformando los azúcares en dióxido de carbono, alcohol etílico y energía. Mientras que la levadura gasificante son productos químicos utilizados solo para provocar la elevación de la masa, mejor conocidos como bicarbonato de sodio o polvo de hornear (Fiset y Blais; Cavauin y Young).

La levadura biológica se puede encontrar comercialmente de las siguientes maneras (Fiset y Blais; Cavauin y Young):

- Levadura fresca: es de corta duración.
- Levadura seca activa: es de larga duración. Básicamente es levadura fresca deshidratada, se hace de esta manera para poder mejorar su conservación y su poder de leudado.
- Levadura instantánea
- Levadura líquida

2) Características fisiológicas. La temperatura adecuada para un buen crecimiento de las levaduras está en un rango de 5-37°C, y el valor óptimo es de 28°C. Para la elaboración del pan se asegura que se tengan estas temperaturas para asegurar un crecimiento adecuado de la masa y que no se sobrepase de ese rango para no destruir la levadura (Uribe, 2007).

Todas las levaduras son aeróbicas, necesitan oxígeno para un adecuado crecimiento. Sin embargo, si se encuentran en un ambiente anaeróbico cambian su metabolismo a uno fermentativo. Durante el metabolismo fermentativo se da la producción de una menor cantidad de biomasa y de alcohol se toma ventaja de este proceso y es cuando se utiliza para la elaboración de productos alimenticios (Uribe, 2007).

La levadura crece a un pH de 4.5 a 6.5, aunque hay varias especies que pueden crecer en pH de 2.8 – 3 o de 2 – 8.5 (Uribe, 2007).

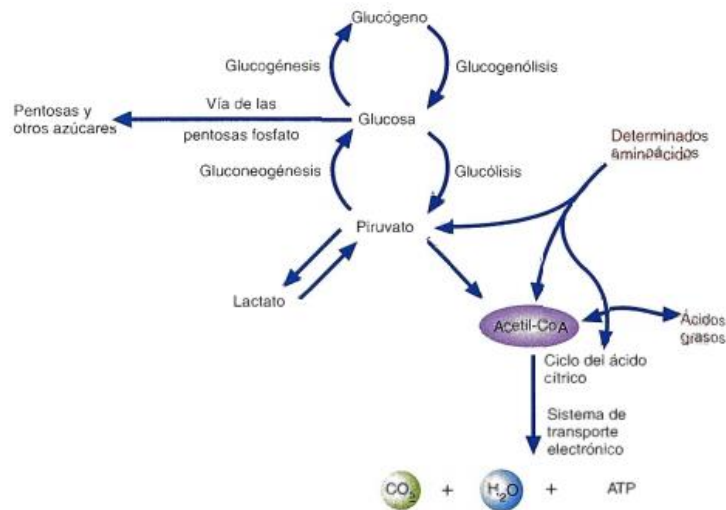
Para su crecimiento, las levaduras necesitan de fuentes de carbono orgánico y nitrógeno mineral u orgánico, algunas hasta necesitan de vitaminas. El carbono orgánico puede provenir en forma de azúcares, aldehídos, sales de algunos ácidos orgánicos, glicerina o etanol. Normalmente todas las levaduras utilizan la D-glucosa, D-fructosa y D-manosa como sustrato (Uribe, 2007).

3. Composición del pan

a. Carbohidratos. Los carbohidratos son muy importantes en el funcionamiento del organismo. Su función principal es el almacenaje de energía (McKeen y McKeen, 2013). Los carbohidratos pueden ser clasificados como monosacáridos, oligosacáridos y polisacáridos, dependiendo del tamaño de la molécula o el número de moléculas que se unen de manera covalente (Nelson y Cox, 2008). Las principales reservas energéticas del cuerpo humano son las reservas de glucógeno almacenadas en el hígado. Estas se hacen disponibles al liberar adrenalina o en el sistema de retroalimentación negativa que regula su secreción (Nelson y Cox, 2008).

1) Metabolismo. El metabolismo de carbohidratos involucra la digestión enzimática con amilasas que permiten obtener monosacáridos de fácil absorción (Nelson y Cox, 2008). La absorción se da principalmente en el intestino delgado. El metabolismo de azúcares puede generalizarse en la respiración oxidativa que produce ATP al oxidar distintos intermediarios y producir CO₂ (Hill *et al*, 2011). La glucólisis es la primera fase de la respiración oxidativa, en la que se produce piruvato que se utilizará en el ciclo de Krebs. El ciclo de Krebs involucra diez reacciones de reducción u oxidación que resultan en la producción de CO₂, como uno de los productos. Por último, existe una transferencia de electrones desde NADH hacia proteínas integrales de membrana del complejo de citocromos (I-IV) que permiten estabilizar la energía producida por el ciclo de Krebs y permiten la formación de agua al ser el oxígeno un buen receptor de los electrones liberados (Nelson y Cox, 2008).

Figura 1. Metabolismo de los carbohidratos en el cuerpo

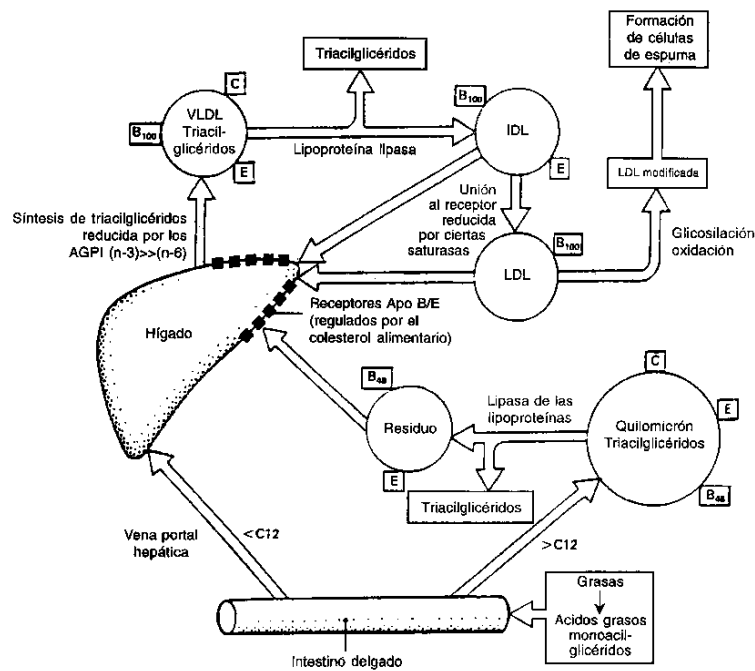


(McKee y McKee, 2013).

b. **Grasas.** Las grasas son un macronutriente esencial para la supervivencia a nivel celular. Su principal función en el cuerpo es la formación de membranas celulares, la protección de órganos vitales y como una fuente alternativa de energía (Nelson y Cox, 2008). Las grasas son obtenidas de los alimentos mediante la acción de lipasas y sales biliares. Esto permite disolver micelios y digerirlos para obtener ácidos grasos absorbibles por el intestino delgado (Hill *et al*, 2011). Los ácidos grasos absorbidos en exceso son almacenados en adipocitos.

1) **Metabolismo.** El metabolismo de las grasas puede ser muy variado pues los ácidos grasos cumplen diversas funciones en el cuerpo. Para cumplir su función como fuente de energía los ácidos grasos de cadena larga pasan por un proceso llamado β -oxidación. Esto consiste en producir Acetil-Coenzima A) acetil-CoA) a partir de los carbonos del ácido graso. El acetil-CoA es utilizado en el ciclo de Krebs junto a los electrones producidos en la ruta respiratoria para producir ATP (Nelson y Cox, 2008). Los ácidos grasos absorbidos también pueden ser dirigidos a la biosíntesis de triglicéridos que componen a las membranas celulares. También pueden ser dirigidos a la biosíntesis de esteroides y otros derivados de los lípidos (Nelson y Cox, 2008).

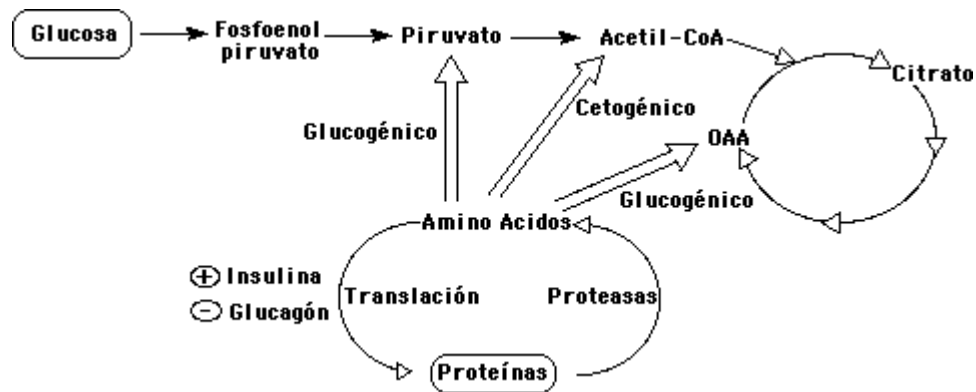
Figura 2. Metabolismo de las grasas en el cuerpo



c. Proteínas. Las proteínas se consiguen de fuentes vegetales y animales. Estas deben ser descompuestas en oligopéptidos y aminoácidos para poder ser absorbidos en el intestino delgado. Su digestión comienza con enzimas proteasas como la pepsina que dividen a las proteínas en sus subunidades (Hill *et al.*, 2011). Los aminoácidos y proteínas tienen muchas funciones en el cuerpo. Pueden ser utilizados para dar estructura, pueden tener actividad enzimática, facilitan el transporte intra e intercelular, e incluso pueden servir como fuente de energía (Nelson y Cox, 2008).

1) Metabolismo. Los aminoácidos absorbidos pueden ser utilizados para formar proteínas con funciones estructurales, de transporte o de actividad enzimática. La síntesis de proteínas en el cuerpo se da mediante la traducción de ARN mensajero (ARNm) a péptidos que toman conformaciones específicas dependiendo en la secuencia de aminoácidos que lo compongan (Nelson y Cox, 2008; Karp, 2009). La síntesis de proteínas se da en los ribosomas, en donde los codones del ARNm se cotejan con el ARN de transferencia (ARNt). Cada molécula de ARNt lleva un aminoácido que corresponde al anticodón que presenta el ARNt y se unen de manera covalente por acción del ribosoma (Karp, 2009). En cuanto a su función energética, la estructura general de los aminoácidos puede modificarse para formar piruvato o acetil-CoA que proveen sustratos para las reacciones del ciclo de Krebs y electrones para la ruta de respiración oxidativa, ambas conducen a la producción de ATP (Nelson y Cox, 2008).

Figura 3. Metabolismo de proteínas en el cuerpo



d. Vitaminas. Las vitaminas son moléculas orgánicas pequeñas que son vitales para el funcionamiento adecuado del organismo. Muchas de ellas son aminas, aunque no en su mayoría. Estas no cumplen funciones generales como las demás macromoléculas ni pueden proporcionar energía al organismo (Nelson y Cox, 2008). Sin embargo, muchas funcionan como factores co-enzimáticos y factores reguladores en muchas rutas metabólicas (Nelson y Cox, 2008). El retinol, el pigmento ocular que permite distinguir tonos de luz, es un derivado de la vitamina A (Hill *et al.*, 2011). La vitamina K es un factor importante en la cascada de coagulación y permite el proceso de cerrar y sanar heridas. La vitamina D es producida por los melanocitos y es esencial para la fijación de calcio en los huesos (Nelson y Cox, 2008).

e. Minerales. Los minerales son micronutrientes de fácil absorción. Usualmente son absorbidos en el intestino grueso donde se da la reabsorción de agua del tubo digestivo. Los minerales cumplen diversas funciones en el cuerpo. Muchos minerales son utilizados como factores co-enzimáticos, asisten distintas rutas metabólicas, sirven como transportadores de electrones e incluso tienen funciones estructurales importantes (Nelson y Cox, 2008). El magnesio es un importante factor co-enzimático que permite la polimerización de la hebra de ADN (Karp, 2009). El hierro es utilizado para el transporte de oxígeno al añadirse al grupo hemo en la hemoglobina (Nelson y Cox, 2008). El calcio es fijado en los huesos como carbonato de calcio para obtener su rigidez y le permite realizar sus funciones estructurales. El calcio también es muy importante en la contracción muscular que permite la motilidad del cuerpo y mantiene el latido del corazón (Ross y Pawlina, 2010)

4. Elaboración del pan. El nivel de complejidad del proceso depende del pan que quiera fabricarse. Sin embargo, los ingredientes básicos se mantienen casi constantes en la elaboración de distintos tipos de panes. La harina, el agua, la levadura y la sal aparecen en la mayoría de las recetas de pan conocidas y le dan al pan sus propiedades (Fiset y Blais, 2007; Gil y Majem, 2010).

El proceso de elaboración del pan comienza al mezclar los ingredientes básicos y obtener una masa con cualidades elásticas dadas por la polimerización de azúcares encontradas en la harina (Fiset y Blais, 2007; Gil y Majem, 2010). Luego, se agregan las levaduras y se incuba la masa a una temperatura cercana a 30°C para que comiencen su actividad. Las levaduras son el ingrediente que realmente le proporciona sus propiedades al pan actual. La producción de CO₂ y ácido láctico le dan al pan su consistencia, su sabor y su textura final (Cauvain, 2007). Por esta razón, el proceso de elaboración del pan puede complicarse al variar temperaturas de incubación y de horneado, cantidad y tipo de levadura y cantidades de otros ingredientes que pueden cambiar las propiedades del pan y dar lugar a distintos tipos (Fiset y Blais, 2007).

5. Tipos de pan en Guatemala. Existen muchos tipos de pan en el mercado guatemalteco. La variedad general se ve aumentada principalmente por productores de pan que han emigrado al país y traen consigo métodos y recetas de panificación típicos de sus países natales (observación personal). Sin embargo, estos panes son muy poco consumidos en el país. Los principales tipos de pan consumidos en el país son el pan dulce y el pan francés (el pan salado de mayor consumo en el país) (González, 2004; Reyes, 2010). Sin embargo, también existen diferencias en los tipos de manufactura del pan. Específicamente, los tipos de manufactura son artesanales e industriales.

6. Tipos de manufactura del pan

a. Artesanal. Se caracteriza por incluir microempresas o pequeñas empresas. Su mercado objetivo suelen ser barrios o comunidades específicas. Los productores se caracterizan por tener recetas generales y de consumo popular (Reyes, 2010).

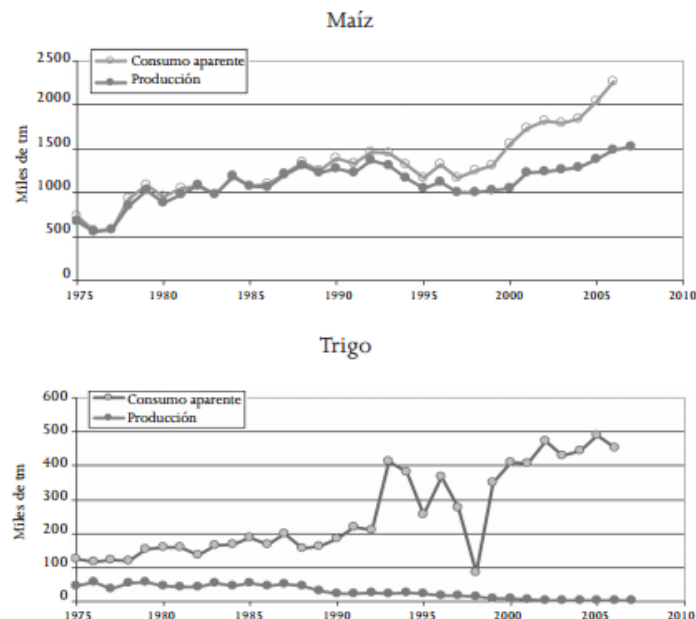
b. Industrial. Los productores industriales de pan se caracterizan por tener una producción masiva de una gran variedad de panes. Usualmente cuentan con una gran cantidad de insumos y recursos para el proceso de producción y suelen contar con varias sucursales. Por esta razón, el mercado al que proveen su producto es mucho más amplio (Reyes, 2010).

7. Consumo del pan en Guatemala. El consumo de cereales en todo el mundo le da una posición a este grupo de alimentos importante en la nutrición internacional. Además del alto contenido de almidón que tienen como fuente de energía, los cereales proporcionan fibra dietética, proteína nutritiva y lípidos ricos en ácidos grasos esenciales. Los cereales también contienen micronutrientes, como las vitaminas, en especial las del complejo B, minerales, antioxidantes y fitoquímicos, los cuales son de gran importancia para el buen funcionamiento del organismo. Sin embargo, los procesos a los cuales se someten pueden llegar a modificar los niveles de los componentes bioactivos y la biodisponibilidad de los mismos (Dewettinick, *et al*, 2008). Uno de los cereales con más importancia a nivel mundial es el pan, el cual es elaborado a partir de varios tipos de harinas.

El pan es uno de los principales alimentos de la dieta promedio del guatemalteco. Sin embargo, es superado por las tortillas por mucho. La tortilla representa un consumo de 840 kcal diarias, mientras que el pan representa un consumo de 130 kcal, para un consumo total diario de 2,200 kcal (Reyes, 2010).

Como se mencionó anteriormente en la justificación, los tipos de pan de mayor consumo en Guatemala son el pan francés y el pan dulce. Esto representa principalmente el consumo de pan del interior del país (Reyes, 2010). Sin embargo, el consumo de estos tipos de pan es muy dependiente a su precio, posiblemente por la opción de sustituirlo con tortillas. Por lo tanto, el consumo de pan ha fluctuado considerablemente más que el consumo de tortilla en el país (Reyes, 2010). El consumo de tortillas y de pan puede relacionarse de manera directamente proporcional al consumo de maíz y trigo en el país, respectivamente. La diferencia principal entre el maíz y el trigo es que el maíz consumido en el país proviene principalmente de cultivos locales, mientras que el trigo es un cultivo poco común en el país y la mayoría de lo que se consume debe ser importado (Reyes, 2010). Estos datos se hacen evidentes en la siguiente gráfica.

Figura 4. Producción y consumo de maíz (tortilla) y trigo (pan) en Guatemala



En cuanto a la población en general las creencias son el conocimiento cognitivo de los consumidores, que una atributos, beneficios y objetivos. Las actitudes son los sentimientos o respuestas afectivas a los atributos del producto. Los consumidores utilizan numerosos criterios de los productos para evaluar si un producto alimenticio satisface sus expectativas y necesidades. La percepción actúa como un filtro entre estímulos externos e internos del consumidor. Determinantes de la percepción son las metas y los motivos para el consumo (Dewettinck, *et al*, 2008).

Factores determinantes de la calidad percibida se refieren a propiedades de los alimentos, factores y los factores ambientales sociodemográficos. Las propiedades de los alimentos incluyen propiedades sensoriales, aspectos de salud y aspectos de seguridad. Las variables sociodemográficas comprenden edad, sexo, situación familiar y tamaño de la familia. Los factores ambientales incluyen variables económicas y los estímulos de marketing (trazabilidad, calidad y etiquetado nutricional) (Dewettinick, *et al*, 2008).

Durante la última década la producción de pan ha sido impulsada por los consumidores y las exigencias normativas como los cambios demográficos, comodidad, salud y sabor. Los productos artesanales siguen siendo muy populares, pero se enfrentan a la dura competencia de la especialidad de producción masiva de panes. Debido a que la conciencia de un estilo de vida saludable es cada vez mayor, panes que contienen grano entero, multi-grano u otros ingredientes funcionales son cada vez más importantes en la panadería industrial (Dewettinick, *et al*, 2008).

Según datos estadísticos del Instituto Nacional de Estadística (INE), se consume aproximadamente 9 panes francés y 3 panes dulces al día. Se obtiene este consumo haciendo un promedio de aproximadamente 5.4 miembros por familia. La tendencia en el consumo de pan permanece estable, debido a que este producto a pesar de la fluctuación del precio el consumidor seguiría comprándolo (INE).

B. Sustitutos de grasa y azúcar en panadería

1. Sustitutos de grasa. Los sustitutos de grasa son productos estructuralmente parecidos a las grasas en cuanto a sus propiedades físicas, químicas y organolépticas, pero por sus estructuras no son sustrato de las lipasas, o solo se digieren parcialmente. Otro concepto es que son, productos que se utilizan para reemplazar las grasas, los cuales no poseen ningún componente ni características nutricionales (Valenzuela y Sahuenza, 2008).

Se recomienda que los productos que imitan a las grasa solo las pueden reemplazar parcialmente para así no alterar notoriamente su comportamiento y las características organolépticas del producto final (Valenzuela y Sahuenza, 2008).

Se considera un sustituto de grasa a aquel producto que tenga las siguientes características (Valenzuela y Sahuenza, 2008):

- Tiene analogía funcional con la grasa que reemplaza
- Libre de efectos tóxicos
- No se metabolice o produzca metabolitos diferentes que producen las grasas
- Que se excreten completamente
-

Los sustitutos de grasa más utilizados en panadería son:

- Maltrim M-040: maltodextrina obtenida por hidrólisis del almidón. Posee un sabor suave y una textura similar a una margarina. Se utiliza para reemplazar parcialmente la grasa en helados, pasteles y postres fríos (Valenzuela y Sahuenza, 2008).
- Paselli SA-2: es una modificación enzimática del almidón de papa. Se utiliza para reemplazar parcialmente la grasa de productos de pastelería y panadería. Forma un gel termoestable al ser sometido a calor, lo cual le da una suavidad y textura como la grasa vegetal hidrogenada (Valenzuela y Sahuenza, 2008).
- Inulina: polisacárido formado por una unidad de glucosa unida a múltiples unidades de fructosa. Este compuesto tiene muchos usos, es un sustituto de grasa, azúcar y fibra y aporta volumen (Valenzuela y Sahuenza, 2008).

Cuadro 1. Características fisicoquímicas de la inulina, inulina de alto desempeño (HP) y oligofruktosa (Madrigal y Sangronis, 2007).

| Característica | Inulina | Inulina HP | Oligofruktosa |
|--|--------------------------|---------------------------|--|
| Estructura química | GF _n (2=n=60) | GF _n (10=n=60) | GF _n + F _n (2=n=7) |
| GP prom | 12 | 25 | 4 |
| Materia seca (g/100g) | 95 | 95 | 95 |
| Pureza (g/100g) | 92 | 99,5 | 95 |
| Azúcares (g/100g) | 8 | 0,5 | 5 |
| pH | 5.-7 | 5.-7 | 5.-7 |
| Cenizas (g/100g) | < 0,2 | < 0,2 | < 0,2 |
| Metales pesados (g/100g secos) | 0,2 | < 0,2 | < 0,2 |
| Apariencia | Polvo blanco | Polvo blanco | Polvo blanco o jarabe viscoso |
| Sabor | Neutral | Neutral | Moderadamente dulce |
| Dulzor %(vs. Sacarosa 100%) | 10 | Ninguno | 35 |
| Solubilidad en agua a 25°C (g/L) | 120 | 25 | > 750 |
| Viscosidad en agua (5% p/p sol. Acuosa) a 10°C (mPa.s) | 1,6 | 2,4 | < 1,0 |
| Funcionalidad en alimentos | Sustituto de grasas | Sustituto de grasas | Sustituto de azúcar |
| Sinergismo | Con agentes gelificantes | Con agentes gelificantes | Con edulcorantes intensos |

2. Sustitutos de azúcar. Los sustitutos de azúcar consisten en un grupo de sustancias no calóricas con un sabor dulce que se utilizan en pequeñas cantidades para reemplazar el dulzor de una mayor cantidad de azúcar. Los edulcorantes que actualmente se encuentran aprobados mundialmente son: acesulfame-K, aspartame, neotame, sacarina, alitame, ciclamato, stevia y sucralosa (Bannach *et al*, 2009).

El sustituto más utilizado en panadería es la sucralosa, también conocida por la marca de Splenda®. El cual tiene un producto especial para productos horneados.

C. Análisis físico-químico del pan

1. Análisis químico proximal. El análisis proximal es también conocido como análisis proximal de Wendee, este fue estandarizado en 1886 en Alemania. Se trata de un método del análisis de alimentos o un análisis bromatológico, el cual analiza los componentes más abundantes de los alimentos. Los métodos generales incluyen: porcentaje de agua, grasa total, proteína total, fibra cruda y cenizas (AOAC, 2000).

a. Humedad. El contenido de agua del alimento se mide mediante el análisis de humedad del mismo. La importancia en obtener el porcentaje de humedad es porque con niveles muy altos se favorece la presencia de hongos o bacterias (Crowe y White, 2001).

Básicamente el método trata de el secado de una muestra de alimento en un horno y se determina mediante la diferencia de peso entre el material húmedo que se tenía al principio y el final, seco (Crowe y White, 2001).

b. Proteína cruda. La proteína cruda es uno de los nutrientes más importantes de la dieta. Se realiza este análisis para saber el aporte que se está obteniendo del alimento. Se realiza mediante el método de Kjeldahl, el cual también mira el porcentaje de nitrógeno. Este método fue propuesto por Chow *et al.* 1980, básicamente digiere la muestra de alimento en ácido sulfúrico en presencia de un catalizador, el cual puede ser de mercurio o selenio (Crowe y White, 2001).

c. Lípidos crudos. La extracción de los lípidos se hace mediante el Método Soxhlet, el cual se hace utilizando éter de petróleo. Para obtener el valor de los lípidos extraídos se evalúa el porcentaje del peso después de haber evaporado el solvente. Es importante mencionar que con este método no solo se extraen los lípidos crudos sino que también cantidades importantes de pigmentos vegetales, ceras y otros compuestos que tengan grasas ligadas (Crowe y White, 2001).

d. Fibra cruda. Se mide la cantidad de fibra que contiene la muestra para saber su valor nutricional. Se obtiene mediante la digestión con soluciones de ácido sulfúrico e hidróxido de sodio, al final se calcina la muestra. Se obtiene el contenido con la diferencia de peso (Crowe y White, 2001).

e. Ceniza. Las cenizas son el residuo inorgánico de una muestra, las cuales se obtienen al incinerar la muestra seca a 550°C. Son consideradas como el total de minerales, constituido por óxidos, carbonatos, fosfatos (Crowe y White, 2001).

2. Análisis físico. El análisis de textura tiene el fin de medir las propiedades físicas del producto. Puede medir una propiedad específica o un rango de características o propiedades relacionadas. Los parámetros que se pueden medir son: consistencia, extensibilidad, firmeza, dureza, fracturabilidad, gomosidad, pegajosidad, entre otros. Se utiliza un texturómetro para realizar estas mediciones de manera objetiva.

D. Análisis Sensorial

La evaluación sensorial de alimentos es una función primaria del humano que viene dada desde la infancia, cuando acepta o rechaza los alimentos de acuerdo a sus características y sensaciones experimentadas al consumirlos. Con la evaluación sensorial se evalúa la calidad de los alimentos, mediante una disciplina científica denominado análisis sensorial (Sancho, *et al*, 1999; Watts, *et al* 1995).

El análisis sensorial tiene diversas definiciones, una de las más completas está dada por la División de Evaluación Sensorial del Instituto de Tecnólogos de los Alimentos. El análisis sensorial es "la rama de la ciencia utilizada para obtener, medir, analizar e interpretar las reacciones a determinadas características de los alimentos y materiales, tal y como son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído" (Sancho, *et al*, 1999; Watts, *et al* 1995).

La evaluación sensorial tiene gran importancia en todas las etapas de producción y desarrollo de la industria alimentaria, para conocer sobre las características de los productos y de aceptabilidad de los mismos (Sancho, *et al*, 1999; Watts, *et al* 1995)..

Las pruebas de aceptabilidad son un componente valioso y necesario de todas las pruebas sensoriales, son empleadas para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores que permite medir cuánto agrada o desagrade el producto analizado. Para comprobar la aceptabilidad de un producto se pueden utilizar dos pruebas, de ordenamiento o la hedónica, en este caso se utilizará la hedónica (Ramírez, 2012; Watts, *et al* 1995).

La escala hedónica es una de las pruebas más utilizadas para la medición de la posible aceptación de un producto. La escala más utilizada es la hedónica de 9 puntos o la escala gráfica de caras utilizada normalmente en niños. Su objetivo es identificar si existen diferencias en la aceptación del consumidor ante distintos productos. Los panelistas evalúan muestras codificadas de varios productos, y deben de indicar cuánto les agrada cada uno. La escala se puede presentar como: gráfica, numérica o textual. Es permitido asignar la misma categoría a más de una muestra (Ramírez, 2012; Watts, *et al* 1995).

La prueba de preferencia, es una prueba dirigida al consumidor, donde se les presentan dos o más muestras y se les pide indicar que muestra prefieren. Si existen más de dos muestras se les

puede solicitar que la ordenen por su preferencia (mayor a menor). Son pruebas fáciles de hacer y de comprender. Se aplica un análisis estadístico no paramétrico para su interpretación (Ramírez, 2012).

La prueba de preferencia más sencilla es la de preferencia pareada. En esta prueba se responde a la pregunta, ¿cuál de las dos muestras prefiere?, donde debe ser seleccionada una, aunque no encuentren una diferencia. Se les presentan las muestras a los consumidores en recipientes iguales con códigos de 3 dígitos aleatorios, donde se les permite probar la muestra más de una vez (Ramírez, 2012).

V. ANTECEDENTES

Factores económicos, funcionales y nutricionales deben ser considerados cuando se escogen las grasas apropiadas para la elaboración de productos horneados. Las grasas parcialmente hidrogenadas se utilizan para dar los atributos deseables a los productos, pero es muy conocido que estas causan problemas de salud sobre todo riesgo de padecer enfermedades cardiovasculares. Por este motivo es mejor sustituir la grasa por otros ingredientes e incrementar el valor nutricional de los productos (Calle, 2012).

Las grasas no son reemplazadas fácilmente, por todas las propiedades que tiene en los productos horneados. Las grasas pueden ser parcialmente sustituidas por compuestos que presenten propiedades funcionales similares a ellas, pero se ha observado que la sustitución completa de las mismas no da productos de calidad. Zoulias *et al.* (2000) reporta que la sustitución de grasas tiene un mayor impacto en la calidad del producto que la sustitución de azúcar o harina (Calle, 2012).

En un estudio elaborado por Inglett *et al.* (1994) se concluyó que el reemplazo del 50% de las grasas utilizando β -glucano soluble y amilodextrinas derivadas de la harina de avena resultó en galletas muy parecidas a las elaboradas con la totalidad de grasas. Cuando se hace una sustitución muy grande afecta directamente en la disminución de la calidad del producto (Calle, 2012).

En el estudio de Martínez (2013) se menciona el uso de fibras como sustituto de grasa en bollería. En especial se ha observado en la fibra de cacao, un producto obtenido por tratamiento enzimático de la cáscara de cacao. Así como también los β -glucanos, polisacáridos lineales formados por unidades de D-glucopiranosas. Se encuentran de forma natural en el salvado de los cereales (avena y cebada) y en ciertas bacterias y hongos. Han sido aplicados en diferentes productos de bollería con una sustitución del 20%, donde se ha observado que no se producen pérdidas en la calidad del producto.

Otro producto mencionado en el estudio es la inulina, un polímero de fructosa unidas mediante un enlace glucosídico β , dependiendo de la longitud de la cadena tendrá ciertas funciones. En cuanto a la sustitución de grasa se utiliza la inulina de cadena larga, ya que no modifica el sabor del alimento y posee una textura y palatabilidad parecida a la de las grasas. Se cataloga de igual manera como fibra dietética por no ser hidrolizada por las enzimas humanas.

Martínez (2013) también menciona los hidrocoloides como sustitutos de grasa por su capacidad de absorción de agua. Lo habitual es un aislado de goma xantana o de una combinación de goma xantana y goma arábica, de goma guar y de carboximetilcelulosa.

Enríquez y Almazán (2014) elaboraron un pan dulce con inulina como sustituto de grasa, en el cual realizaron análisis sensoriales y físicos y químico proximal. En este estudio utilizaron porcentajes de sustitución de grasa de 15, 20 y 25%, considerando que 1g de grasa es sustituido por 0.25g de inulina. Su conclusión principal fue que obtuvieron un pan dulce con inulina sin ninguna alteración en cuanto al análisis físico y con una diferencia en cuanto análisis químico proximal en proteínas, cenizas y extracto etéreo.

VI. METODOLOGÍA

A. Recursos Humanos

- Andrea Marroquín Martínez, estudiante de Licenciatura en Nutrición de la Universidad del Valle de Guatemala, tesista.
- Licenciada Ana Silvia Colmenares, Directora de la carrera de Ingeniería en Alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala, Asesora.

B. Recursos materiales

Cuadro 2. Material necesario para la elaboración de los diferentes tipos de pan

| Material de panadería | Recursos | Unidad |
|-----------------------|---------------------------|--------|
| | Fermentadora | 1 |
| | Horno industrial | 1 |
| | Batidora marca KitchenAid | 1 |
| | Bandejas | 10 |
| | Pesa de alimentos | 1 |
| | Recipientes | 8 |
| | Servidoras | 8 |

Cuadro 3. Material necesario para la evaluación sensorial de los diferentes tipos de pan

| Prueba de aceptabilidad y preferencia | Recursos | Unidad |
|---------------------------------------|--|--------------|
| | Pan dulce conchita con sustitución de inulina | 150 unidades |
| | Pan dulce conchita con sustitución de banano | 150 unidades |
| | Pan dulce champurrada con sustitución de inulina | 150 unidades |
| | Pan dulce champurrada con sustitución de banano | 150 unidades |
| | Bandejas plásticas | 8 |
| | Vasos plásticos | 100 |
| | Servilletas | 100 |
| | Agua pura | 5L |
| | Picheles | 8 |
| | Lapices | 8 |
| Boletas para evaluación sensorial | 100 | |

Cuadro 4. Reactivos y material necesario para la elaboración del análisis químico proximal de los diferentes tipos de pan

| Análisis proximal | Recursos | Unidad |
|-----------------------|-----------------------|--------|
| | Crisoles con tapadera | 10 |
| Horno | 1 | |
| Mufla | 1 | |
| Estufa | 1 | |
| Balanza analítica | 1 | |
| Balón aforado grande | 10 | |
| Probetas | 3 | |
| Crisoles de porcelana | 10 | |
| Cápsulas de aluminio | 10 | |
| Máquina de digestión | 1 | |
| Bureta | 1 | |
| Erlenmeyers | 10 | |
| Soporte universal | 1 | |
| Beakers 250 mL | 10 | |
| Varillas | 2 | |
| Ácido sulfúrico | 1 | |
| Pastilla de Kjeldahl | 5 | |
| Ácido clorhídrico | 1 | |
| Ácido bórico | 1 | |
| Hidróxido de sodio | 1 | |
| Solvente de Hexano | 1 | |

C. Recursos Financieros

Cuadro 5. Rubro de recursos

| Recurso | Cantidad (U) | Costo unitario (Q) | Total (Q) |
|-----------------------|--------------|--------------------|---------------------|
| Crisoles con tapadera | 10 | 257,4 | 2574 |
| Horno | 1 | 2500 | 2500 |
| Mufla | 1 | 14685,48 | 14685,48 |
| Estufa | 1 | 3900 | 3900 |
| Balanza analítica | 1 | 5374,2 | 5374,2 |
| Balón aforado grande | 10 | 3120 | 31200 |
| Probetas | 3 | 602,93 | 1808,79 |
| Crisoles de porcelana | 10 | 50 | 500 |
| Cápsulas de aluminio | 10 | 30 | 300 |
| Máquina de digestión | 1 | 43157,4 | 43157,4 |
| Bureta | 1 | 4602 | 4602 |
| Erlenmeyers | 10 | 2106 | 21060 |
| Soporte universal | 1 | 1294,8 | 1294,8 |
| Beakers 250mL | 10 | 73,79 | 737,9 |
| Varillas | 2 | 50 | 100 |
| Ácido sulfúrico | 1 | 139 | 139 |
| Pastilla de Kjeldahl | 5 | 946,2 | 4731 |
| Ácido clorhídrico | 1 | 759,95 | 759,95 |
| Ácido bórico | 1 | 144,14 | 144,14 |
| Hidróxido de sodio | 1 | 381,98 | 381,98 |
| Solvente de Hexano | 1 | 949,29 | 949,29 |
| Agua destilada | 1 | 50 | 50 |
| Bandejas plásticas | 8 | 15 | 120 |
| Vasos plásticos | 100 | 0,24 | 24 |
| Servilletas | 100 | 5,25 | 525 |
| Boletas | 100 | 0,25 | 25 |
| Picheles | 8 | 10 | 80 |
| Lapices | 8 | 5 | 40 |
| Harina | 7,5 | 5,82 | 43,65 |
| Azúcar | 7 | 4,4 | 30,8 |
| Manteca vegetal | 4 | 6,85 | 27,4 |
| Sal | 1 | 2,25 | 2,25 |
| Banano | 5 | 2,13 | 10,65 |
| Levadura | 2 | 1,25 | 2,5 |
| Splenda | 195 | 0,555 | 108,225 |
| TOTAL | | | Q 141,989.41 |

Todos los reactivos y equipo utilizado fue proporcionado por la Universidad del Valle de Guatemala. Todo el material necesario para la elaboración del pan y para las pruebas sensoriales fue proporcionado por la tesista.

D. Enfoque de la investigación

La investigación es cuantitativa.

E. Tipo de investigación

Es una investigación experimental transversal.

F. Diseño de investigación

La investigación tiene un diseño exploratorio.

G. Contexto de la investigación

El presente estudio se enfoca principalmente en el problema de salud pública que se ha vuelto mundial y está afectando cada vez más a países en desarrollo, se enfoca en el sobrepeso y la obesidad. En Guatemala las tasas de obesidad han ido aumentando debido a la cultura de consumir los alimentos socialmente, así como también escoger alimentos con altos contenidos de azúcar y grasa. Este producto puede ser comercializado tanto en las panaderías comerciales como en las industriales para concientizar a la población sobre su salud y ofrecerles un producto más saludable que contenga las mismas características organolépticas de un pan dulce comercial.

El estudio inició en el año 2016 y tuvo una duración de 3 meses. La elaboración del pan se llevó a cabo en una panadería comercial y los análisis sensoriales y físico-químicos se realizaron en los laboratorios de la Universidad del Valle de Guatemala. La materia prima del pan fue financiada por la tesista y los reactivos necesarios para el análisis proximal fueron proporcionados por la Universidad.

H. Muestra y tipo de muestreo

Para la prueba sensorial fueron convocados 100 consumidores dentro de la Universidad, la participación fue voluntaria.

En el caso de las pruebas de textura y de análisis proximal no aplica el muestreo, debido a que no existe ningún proceso de aleatorización de selección de muestra. Cada análisis se llevó a cabo con un duplicado para que los resultados tuvieran una mayor representatividad.

I. Criterios de inclusión y exclusión

1. Criterios de inclusión

- Receta de pan dulce tipo conchita
- Receta de pan dulce tipo champurrada
- Banano como sustituto de grasa
- Inulina como sustituto de grasa
- Splenda® como sustituto de azúcar

2. Criterios de exclusión

- Receta de pan dulce que no sea de tipo conchita ni de tipo champurrada
- Sustituto de grasa que no sea banano ni inulina
- Sustituto de azúcar que no sea Splenda®

Cuadro 6. Tratamientos del pan tipo conchita y pan tipo champurrada

| Tipo de pan | Conchita | | Champurrada | |
|----------------------|----------|--------|-------------|--------|
| Sustitución de grasa | Control | | Control | |
| | Inulina | Banano | Inulina | Banano |
| | 20% | 20% | 20% | 20% |
| | 50% | 50% | 50% | 50% |
| | 70% | 70% | 70% | 70% |

En el cuadro anterior se pueden observar los tratamientos que se llevaron a cabo para la sustitución de grasa en los dos tipos de pan. Los porcentajes que se observan son en base al 100% de la cantidad de grasa utilizada para la receta original (control).

J. Clasificación de las variables

Cuadro 7. Clasificación de variables

| Variable | Definición conceptual | Naturaleza | Nivel medio | Relación | Dimensión | Indicador | Escala |
|------------------------------|--|--------------|-------------|----------------|---|---------------------------------|-----------------------|
| Formulaciones de pan | Diferentes combinaciones de ingredientes. | Cuantitativo | Razón | Independientes | - | Receta | Código de formulación |
| Ingredientes | Elemento que forma un compuesto | Cuantitativo | Nominal | Independientes | Ingredientes necesarios para la formulación de cada pan | Balanza analítica | Porcentaje |
| Pan dulce | Tipo de pan | Cualitativo | Nominal | Independiente | Concha Champurrada Carbohidratos Proteínas Grasas Humedad Cenizas | Receta | Nominal |
| Valor nutricional | Cantidad de nutrientes en una muestra | Cuantitativo | Razón | Dependiente | | g de nutriente por g de muestra | Porcentaje |
| Puntajes del panel sensorial | Resultados de las diferentes pruebas sensoriales. | Cuantitativo | Ordinal | Dependiente | Aceptabilidad Preferencia | Respuestas | Escala hedónica |
| Substitutos de grasa | Ingredientes que pueden sustituir la grasa en la formulación | Cuantitativo | Nominal | Dependiente | Banano Inulina | Receta | Porcentaje |

K. Hipótesis

1. Las formulaciones a probar difieren estadísticamente del pan dulce comercializado actualmente.

2. La cantidad de grasa y azúcar en las nuevas formulaciones de pan no difieren significativamente del pan dulce comercializado actualmente.

L. Descripción de la presentación

1. Procedimiento. Se escogieron dos tipos de pan dulce con mayor popularidad en Guatemala para llevar a cabo el estudio, el pan tipo conchita y la champurrada. Como sustitutos de grasa se escogió el banano por ser un ingrediente natural y la inulina como ingrediente industrial. La inulina fue proporcionada por Chemsol, S.A, gracias a la ayuda de la Licenciada Ana Silvia Colmenares. Como sustituto de azúcar se utilizó Splenda® para hornear.

El estudio se llevó a cabo en cuatro etapas. La primera etapa fue la formulación del pan dulce para obtener los porcentajes de sustitución de grasa a utilizar. Se inició probando con sustituciones del 10, 20 y 50% de grasa pero se observó que la sustitución del 10% no era significativa, así como también se pudo notar que al sustituir el 50% no cambiaban las características del pan. Al observar esto se optó por hacer sustituciones del 20, 50 y 70% para tener sustituciones más significativas. Se elaboraron 6 recetas en total por tipo de pan, donde tres se utilizó 1g de banano por 1g de manteca como sustituto y en las otras tres se utilizó 0.25g de inulina por 1g de manteca. Se estableció de utilizar únicamente una sustitución del 10% con Splenda® para hornear para el azúcar, debido a los cambios de sabor que ocasiona y para no afectar de una manera muy drástica las características sensoriales del pan.

A continuación se presentan las recetas utilizadas para la elaboración del pan y sus diferentes sustituciones.

Cuadro 8. Receta original del pan tipo conchita

| Ingrediente | Porcentaje de panadero | Medidas caseras |
|----------------------|------------------------|-----------------|
| Harina | 100 | 2 tazas |
| Levadura instantánea | 0.009 | 2.34 gramos |
| Azúcar | 12.5 | 1/4 taza |
| Agua | 16.6 | 1/3 taza |
| Huevo | 20.8 | 25 gramos |
| Manteca | 25 | 30 gramos |

Cuadro 9. Receta de pan tipo conchita con 20% de sustitución utilizando inulina

| Ingrediente | Porcentaje de panadero | Medidas caseras |
|----------------------|------------------------|-----------------|
| Manteca | 20 | 24 gramos |
| Inulina | 1.25 | 1.50 gramos |
| Harina | 100 | 2 tazas |
| Levadura instantánea | 0.009 | 2.34 gramos |
| Azúcar | 11.25 | 54 gramos |
| Agua | 16.6 | 1/3 taza |
| Huevo | 20.8 | 25 gramos |
| Splenda | 1.25 | 6 gramos |

Cuadro 10. Receta de pan tipo conchita con 50% de sustitución utilizando inulina

| Ingrediente | Porcentaje de panadero | Medidas caseras |
|----------------------|------------------------|-----------------|
| Manteca | 12.5 | 15 gramos |
| Inulina | 3.13 | 3.75 gramos |
| Harina | 100 | 2 tazas |
| Levadura instantánea | 0.009 | 2.34 gramos |
| Azúcar | 11.25 | 54 gramos |
| Agua | 16.6 | 1/3 taza |
| Huevo | 20.8 | 25 gramos |
| Splenda | 1.25 | 6 gramos |

Cuadro 11. Receta de pan tipo conchita con 70% de sustitución utilizando inulina

| Ingrediente | Porcentaje de panadero | Medidas caseras |
|----------------------|------------------------|-----------------|
| Manteca | 7.5 | 9 gramos |
| Inulina | 4.4 | 5.25 gramos |
| Harina | 100 | 2 tazas |
| Levadura instantánea | 0.009 | 2.34 gramos |
| Azúcar | 11.25 | 54 gramos |
| Agua | 16.6 | 1/3 taza |
| Huevo | 20.8 | 25 gramos |
| Splenda | 1.25 | 6 gramos |

Cuadro 12. Receta de pan tipo conchita con 20% de sustitución utilizando banano

| Ingrediente | Porcentaje de panadero | Medidas caseras |
|----------------------|------------------------|-----------------|
| Manteca | 20 | 24 gramos |
| Banano | 5 | 6 gramos |
| Harina | 100 | 2 tazas |
| Levadura instantánea | 0.009 | 2.34 gramos |
| Azúcar | 11.25 | 54 gramos |
| Agua | 16.6 | 1/3 taza |
| Huevo | 20.8 | 25 gramos |
| Splenda | 1.25 | 6 gramos |

Cuadro 13. Receta de pan tipo conchita con 50% de sustitución utilizando banano

| Ingrediente | Porcentaje de panadero | Medidas caseras |
|----------------------|------------------------|-----------------|
| Manteca | 12.5 | 15 gramos |
| Banano | 12.5 | 15 gramos |
| Harina | 100 | 2 tazas |
| Levadura instantánea | 0.009 | 2.34 gramos |
| Azúcar | 11.25 | 54 gramos |
| Agua | 16.6 | 1/3 taza |
| Huevo | 20.8 | 25 gramos |
| Splenda | 1.25 | 6 gramos |

Cuadro 14. Receta de pan tipo conchita con 70% de sustitución utilizando banano

| Ingrediente | Porcentaje de panadero | Medidas caseras |
|----------------------|------------------------|-----------------|
| Manteca | 7.5 | 9 gramos |
| Banano | 17.5 | 21 gramos |
| Harina | 100 | 2 tazas |
| Levadura instantánea | 0.009 | 2.34 gramos |
| Azúcar | 12.5 | 54 gramos |
| Agua | 16.6 | 1/3 taza |
| Huevo | 20.8 | 25 gramos |
| Splenda | 1.25 | 6 gramos |

Cuadro 15. Receta original de pan tipo champurrada

| Ingrediente | Porcentaje de panadero | Medidas caseras |
|-------------|------------------------|-----------------|
| Harina | 100 | 16 onzas |
| Azúcar | 40 | 6.4 onzas |
| Sal | 1 | 0.16 onzas |
| Agua | 30 | 4.8 onzas |
| Manteca | 20 | 90.72 gramos |

Cuadro 16. Receta de pan tipo champurrada con 20% de sustitución utilizando inulina

| Ingrediente | Porcentaje de panadero | Medidas caseras |
|-------------|------------------------|-----------------|
| Harina | 100 | 16 onzas |
| Azúcar | 40 | 6.4 onzas |
| Sal | 1 | 0.16 onzas |
| Agua | 30 | 4.8 onzas |
| Manteca | 16.6 | 75.58 gramos |
| Inulina | 1.0 | 4.54 gramos |
| Splenda | 4 | 0.64 onzas |

Cuadro 17. Receta de pan tipo champurrada con 50% de sustitución utilizando inulina

| Ingrediente | Porcentaje de panadero | Medidas caseras |
|-------------|------------------------|-----------------|
| Harina | 100 | 16 onzas |
| Azúcar | 40 | 5,76 |
| Sal | 1 | 0.16 onzas |
| Agua | 30 | 4.8 onzas |
| Manteca | 10 | 45.36 gramos |
| Inulina | 2.5 | 11.34 gramos |
| Splenda | 4 | 0.64 onzas |

Cuadro 18. Receta de pan tipo champurrada con 70% de sustitución utilizando inulina

| Ingrediente | Porcentaje de panadero | Medidas caseras |
|-------------|------------------------|-----------------|
| Harina | 100 | 16 onzas |
| Azúcar | 40 | 6.4 onzas |
| Sal | 1 | 0.16 onzas |
| Agua | 30 | 4.8 onzas |
| Manteca | 6 | 27.22 gramos |
| Inulina | 3.5 | 15.88 gramos |
| Splenda | 4 | 0.64 onzas |

Cuadro 19. Receta de pan tipo champurrada con 20% de sustitución utilizando banano

| Ingrediente | Porcentaje de panadero | Medidas caseras |
|-------------|------------------------|-----------------|
| Harina | 100 | 16 onzas |
| Azúcar | 40 | 6.4 onzas |
| Sal | 1 | 0.16 onzas |
| Agua | 30 | 4.8 onzas |
| Manteca | 16.6 | 75.58 gramos |
| Banano | 3.4 | 15.14 gramos |
| Splenda | 4 | 0.64 onzas |

Cuadro 20. Receta de pan tipo champurrada con 50% de sustitución utilizando banano

| Ingrediente | Porcentaje de panadero | Medidas caseras |
|-------------|------------------------|-----------------|
| Harina | 100 | 16 onzas |
| Azúcar | 40 | 6.4 onzas |
| Sal | 1 | 0.16 onzas |
| Agua | 30 | 4.8 onzas |
| Manteca | 10 | 45.36 gramos |
| Banano | 10 | 45.36 gramos |
| Splenda | 4 | 0.64 onzas |

Cuadro 21. Receta de pan tipo champurrada con 70% de sustitución utilizando banano

| Ingrediente | Porcentaje de panadero | Medidas caseras |
|-------------|------------------------|-----------------|
| Harina | 100 | 16 onzas |
| Azúcar | 40 | 6.4 onzas |
| Sal | 1 | 0.16 onzas |
| Agua | 30 | 4.8 onzas |
| Manteca | 6 | 27.22 gramos |
| Banano | 14 | 63.5 gramos |
| Splenda | 4 | 0.64 onzas |

La segunda etapa del estudio fue la evaluación sensorial de las seis recetas elaboradas. Se llevó a cabo una prueba de aceptabilidad donde se evaluaban el sabor, textura y apariencia de los productos y después una prueba de preferencia donde debían escoger entre las muestras que tenían banano y las que tenían inulina. Las recetas que obtuvieron mejores resultados pasaron a la siguiente fase.

La tercera etapa trató del análisis físico del producto para lo que se midió la textura de cada una de las recetas y se utilizó el texturómetro “Brookfield CT3”. Para el pan tipo conchita se midió la dureza y adhesividad y para la champurrada se midió la fracturabilidad de la misma. Esta prueba se llevó a cabo en tres días seguidos para ver el cambio de la textura de los dos tipos de pan. Para el pan tipo conchita se utilizó una sonda “TA4/100” y para la champurrada se utilizó la sonda “TA7”. Estas mismas recetas fueron utilizadas para el siguiente paso.

En la cuarta etapa se elaboraron cinco recetas, las tres recetas con sustitución de grasa más aceptadas por los consumidores y las recetas sin sustitución de conchita y champurrada. En análisis químico proximal duró aproximadamente dos semanas debido a que cada análisis se debía realizar en duplicado para reforzar que se obtuvieran resultados confiables. Se utilizó como guía los métodos de la Association Of Official Analytical Chemists (AOAC). Con los resultados de estos análisis se elaboró el etiquetado nutricional de cada una de las recetas.

a. Análisis sensorial

Prueba de aceptabilidad

Se utilizó una prueba de aceptabilidad con escala hedónica en la cual se le entregó a cada panelista una bandeja con 6 muestras de pan, donde tres fueron elaboradas con inulina y las otras tres con banano y sus respectivos porcentajes de sustitución de grasa (20%, 50% y 70%). Las muestras estaban identificadas con números aleatorios de 3 dígitos.

Las categorías que se pueden observar en la boleta (Anexo A) se convierten en puntajes numéricos del 1 al 9, donde 1 representa disgusta muchísimo y 9 gusta muchísimo. Para poder analizar estos resultados se tabularon los puntajes de acuerdo a cada muestra y se utilizó el software de XLSTAT para obtener el ANOVA y la prueba de Tukey (HSD).

Prueba de preferencia

Se realizó una prueba de preferencia pareada donde se les pidió a los panelistas que, con las mismas muestras y códigos que se les había proporcionado para la prueba anterior, escogieran cual de las dos muestras preferían. Esto se evaluó entre las recetas con inulina contra las de banano, donde se les pidió a los panelistas que escogieran por porcentaje de sustitución cual de los dos sustitutos preferían y porque.

Para el análisis de esta prueba se utilizó una tabla binomial de dos colas para 50 consumidores. Para poder analizar los datos se sumó el número de panelistas que eligió cada muestra y el total se sometió a la prueba. En la tabla (Anexo C) la X representa el número de panelistas que eligió la muestra de interés y n es el número total de panelistas que participó en la prueba.

b. Análisis proximal. Se llevó a cabo el análisis proximal de la receta de conchita sin sustitución, con sustitución del 50% utilizando banano y con sustitución del 70% utilizando inulina, así como también de la receta normal de champurrada y con sustitución del 20% utilizando inulina. Esto se debe a que fueron las muestras con mayor aceptación en el análisis sensorial. Para el análisis se realizó un duplicado dando un total de diez muestras.

c. Análisis físico. Para el análisis físico se utilizó el texturómetro “Brookfield CT3” en la muestra de conchita sin sustitución, con sustitución del 50% utilizando banano y con sustitución del 70% utilizando inulina, también en la receta de champurrada sin sustitución y con sustitución del 20% utilizando inulina. El procedimiento se realizó tres días para ver como cambiaba la textura de las muestras. Para las muestras del pan tipo conchita se utilizó una sonda “TA4/1000” cilíndrica con 38,1mm de diámetro y 20mm de largo y se midió la adhesividad. En el caso del pan tipo champurrada se utilizó una sonda “TA7” con 60mm de anchura y se midió la fracturabilidad.

d. Etiquetado nutricional. Para la elaboración del etiquetado nutricional se utilizaron los resultados obtenidos en el análisis proximal. El etiquetado contiene toda la información sobre el contenido de energía en Kcal, proteínas, carbohidratos totales, grasas y fibra.

M. Aspectos éticos

Se llevó a cabo el análisis sensorial en las instalaciones del laboratorio de análisis sensorial de alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala. La participación de los consumidores fue voluntaria, a cada uno se le dio un consentimiento informado donde se les explicó el objetivo del estudio y donde se hacía constar que su participación fue voluntaria y que el estudio no representaba ningún riesgo (Anexo A).

Las muestras elaboradas no representan ningún riesgo para la salud del consumidor, ya que contienen ingredientes inocuos y naturales reconocidos por la FDA.

VII. RESULTADOS

A continuación se presentan los resultados obtenidos del estudio realizado para la sustitución de grasa en pan dulce tipo conchita y tipo champurrada.

• Resultados Formulación de los dos tipos de pan

A continuación se presenta un diagrama de flujo del proceso de elaboración del pan control y con sus sustituciones.

Diagrama 1. Proceso de elaboración del pan tipo conchita control



Diagrama 2. Proceso de elaboración de pan tipo conchita con sustitución de grasa utilizando banano



El banano a utilizar tenía que tener ciertas características para actuar como sustituto de grasa, todos los bananos utilizados tenían que ser iguales. Se escogió un banano que no estuviera maduro pero que tampoco estuviera verde. Se escogió el banano que estuviera en un punto medio para que todas las recetas tuvieran los mismos resultados.

Diagrama 3. Proceso de elaboración de pan tipo conchita con sustitución de grasa utilizando inulina

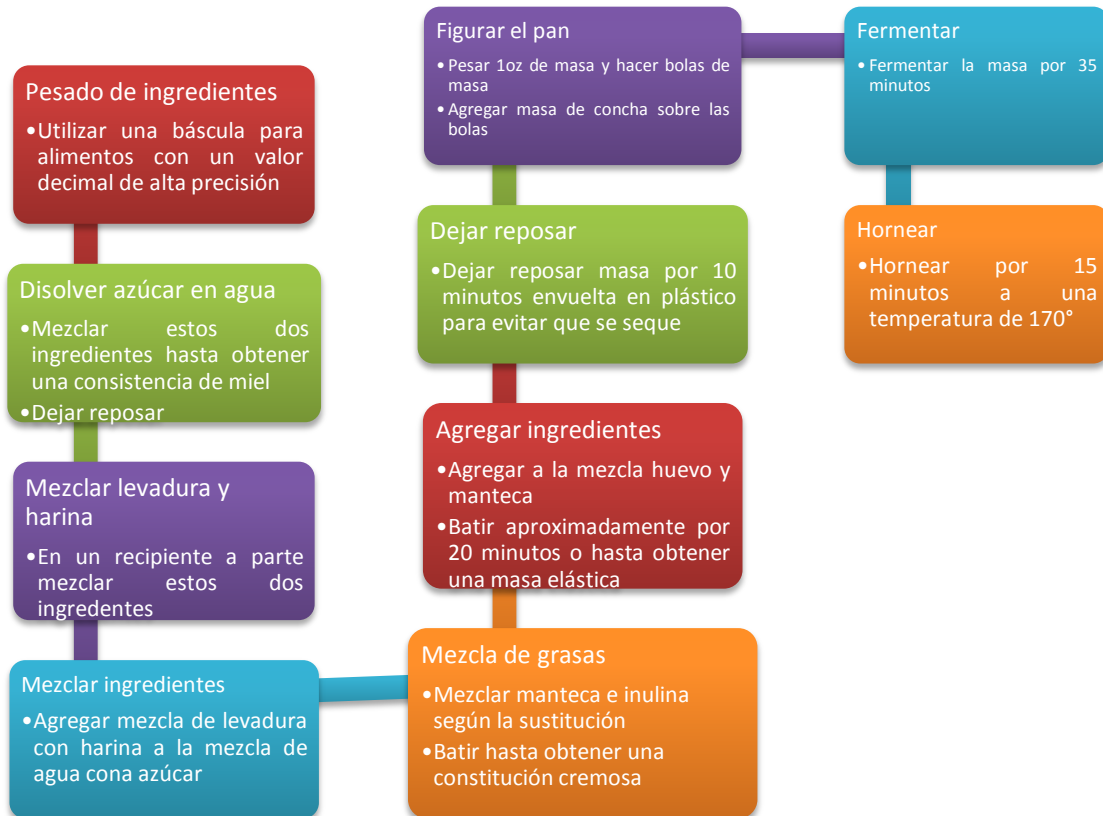


Diagrama 4. Proceso de elaboración del pan tipo champurrada control

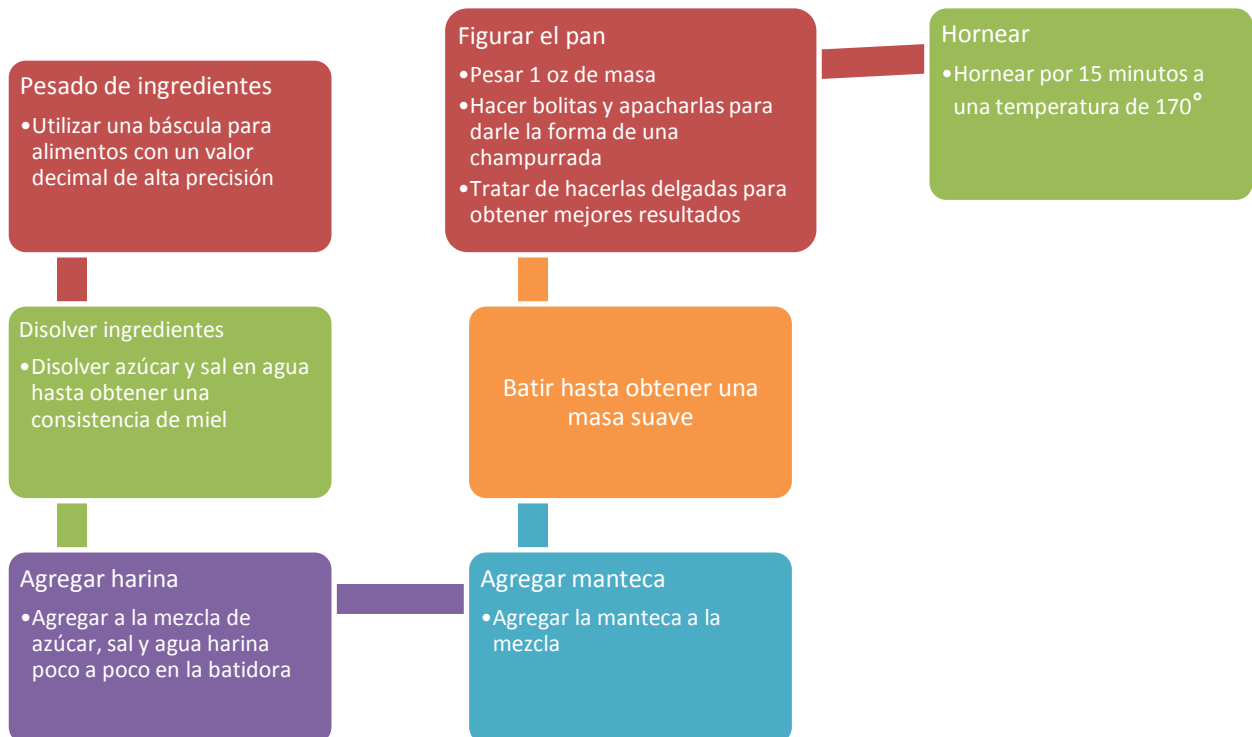


Diagrama 5. Proceso de elaboración del pan tipo champurrada con banano como sustituto de grasa

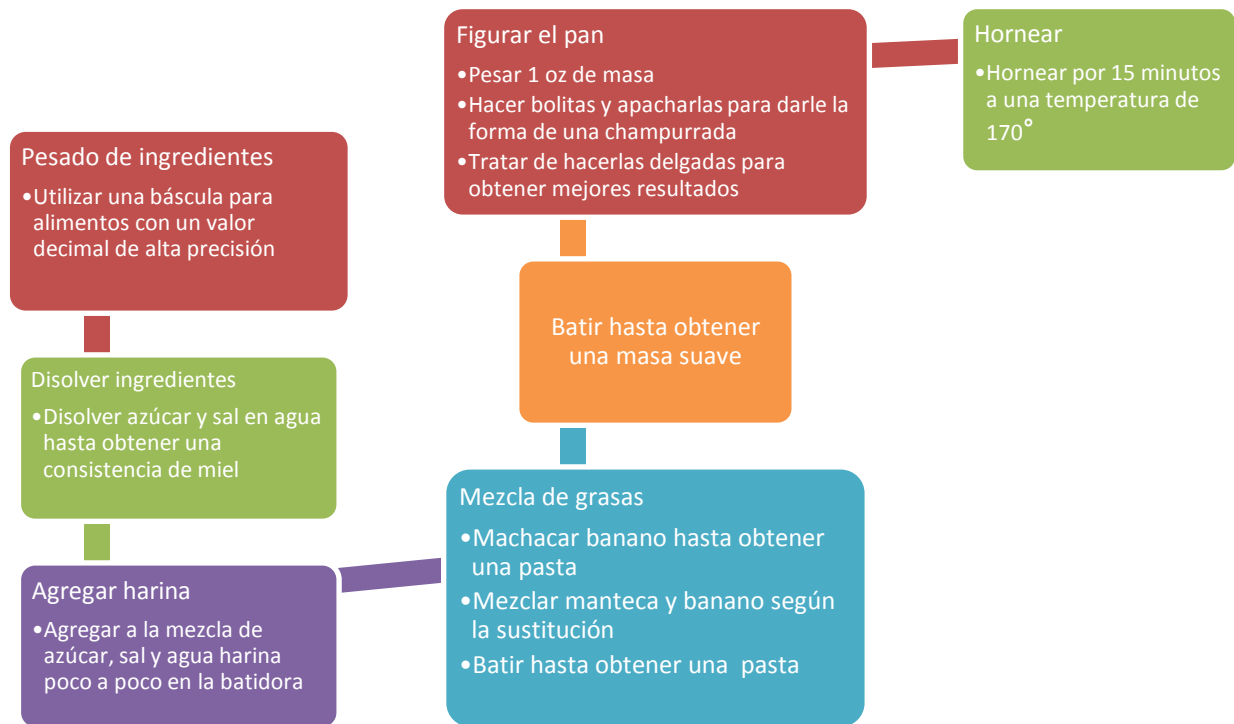
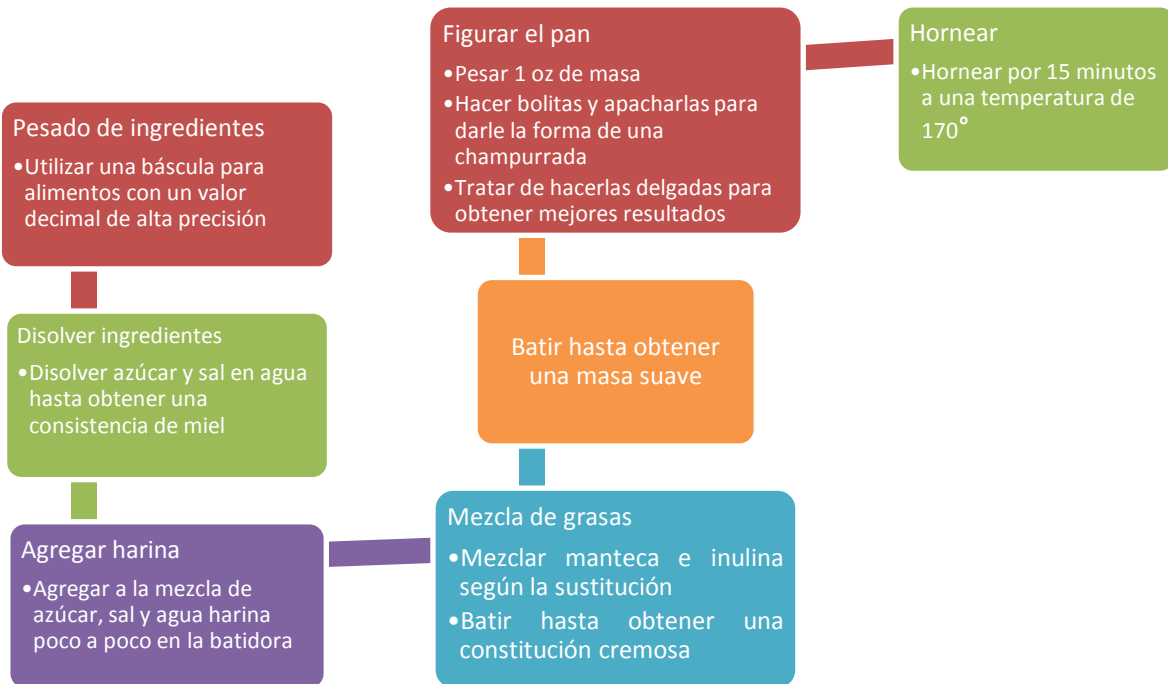










Diagrama 6. Proceso de elaboración del pan tipo champurrada con inulina como sustituto de grasa










Al analizar los diagramas se puede observar que la única diferencia en cuanto a la preparación de las muestras es en cómo agregar el sustituto. Cuando se agrega el sustituto de banano es de gran importancia que se encuentre en una pasta para así evitar que se formen grumos en la masa y se obtenga un producto homogéneo. En el caso de la inulina ésta debe de ser cremada junto con la manteca antes de que sea agregada a la mezcla de harina, esto debido a que de esta forma la inulina interactúa con la grasa y funciona como un sustituto de grasa. De agregar la inulina separada de la grasa ésta puede funcionar como sustituto de azúcar y no de grasa. No hubo diferencia en cuanto a cuando agregar los sustitutos de grasa dependiendo del tipo de pan, fue el mismo procedimiento para los dos.

A continuación se presentan un cuadro que muestra el producto final de las diferentes sustituciones de grasa para pan tipo conchita y pan tipo champurrada. En estas figuras se pueden observar las diferencias en apariencia de cada pan.




Cuadro 22. Apariencias de productos finales de los dos tipos de pan con sus respectivas sustituciones

| Tipo de pan | Descripción | Figura | |
|-------------|---|--|---|
| Conchita | Control Se observa un crecimiento uniforme, con una coloración clara. |  |  |
| | 20% de sustitución con banano Se observan que no obtuvo una forma uniforme. Tiene misma coloración que el pan control. |  |  |
| | 20% de sustitución con inulina Tuvo un menor crecimiento que el pan control y la sustitución con banano. Se observa una coloración más oscura. |  |  |
| | 50% de sustitución con banano Se observa una coloración similar al pan control, pero con un menor crecimiento. |  |  |

Continuación de Cuadro 22.

| Tipo de pan | Descripción | Figura |
|-------------|---|--|
| | 50% de sustitución inulina Se observa falta de uniformidad en la forma del pan. |  |
| Conchita | 70% de sustitución con banano Se observa falta de crecimiento del pan. |  |
| | 70% de sustitución con inulina Se observa falta de crecimiento del pan. |  |
| Champurrada | Control Pan champurrada control con una coloración oscura y borde liso. |  |
| | 20% de sustitución con banano Se observa una coloración similar al control con falta de uniformidad en el borde. |  |
| | 20% de sustitución con inulina Se observa una coloración más clara a la del control, con falta de uniformidad en los bordes. |  |
| | 50% de sustitución con banano Se observa una coloración clara con bordes lisos. |  |

Continuación de Cuadro 22.

| Tipo de pan | Descripción | Figura |
|-------------|--|--|
| Champurrada | 50% de sustitución inulina Se observa una coloración clara con bordes uniformes. |  |
| | 70% de sustitución con banano Se observa una coloración más clara comparada con el control, con bordes lisos. |  |
| | 70% de sustitución con inulina Se observan dos diferentes colores, con los bordes oscuros y el centro liso. Falta de uniformidad en el borde. |  |

Se pueden observar en las figuras las diferencias en cuanto a apariencia del pan tipo conchita con el control y los diferentes sustitutos de grasa. Se observa que el pan tipo conchita control tuvo una apariencia más uniforme, comparada con las demás muestras. Los panes que tenían banano como sustituto se observa que no tuvieron un crecimiento uniforme, mientras que los panes con inulina como sustituto tuvieron una apariencia más parecida a la del pan sin sustitución de grasa. No se observaron diferencias significativas entre los diferentes porcentajes de grasa utilizando el mismo sustituto, se observaron más diferencias entre los dos sustitutos. En cuanto a la textura se observó que los panes con banano como sustituto tenían mayor dureza que las demás muestras.

En las figuras anteriores se pueden observar las diferencias en apariencia del pan tipo champurrada, utilizando un control y las diferentes sustituciones de grasa. En cuanto al color se puede observar que las champurradas con inulina como sustituto tuvieron una coloración más clara, comparada con las demás muestras. La champurrada normal fue la que tuvo una coloración más oscura. Durante la preparación de las muestras se observó que entre más sustitución de grasa tenían las champurradas más tiempo de cocción necesitaban. En cuanto a la textura también se pudo observar que entre más sustitución de grasa tenían más dura era la muestra y también se notó que el grosor con el que se hacía afectaba la textura.

A. Resultados del análisis sensorial

Para el análisis sensorial se llevaron a cabo dos pruebas, la prueba de aceptabilidad y la de preferencia con el fin de identificar los porcentajes de sustitución de grasa más aceptados por los consumidores, al igual que el sustituto de grasa más aceptado. Las dos pruebas se llevaron a cabo en el laboratorio de Análisis Sensorial de Alimentos de la Universidad del Valle de Guatemala. Se realizaron las dos pruebas para el pan tipo conchita en un día y en un día diferente para el pan tipo champurrada. Se elaboraron las seis recetas con los porcentajes de sustitución de grasa del 20, 50 y 70% utilizando banano e inulina como sustitutos, al igual que Splenda® con el 10% de sustitución de azúcar debido a la funcionalidad que tiene el azúcar en el producto.

1. Prueba de aceptabilidad. Los resultados obtenidos en la prueba de aceptabilidad fueron analizados por medio de una prueba estadística Tukey (HSD) debido a que se compararon tres muestras. El objetivo de esta prueba es ver si existe diferencia entre las muestras y si esta diferencia es estadísticamente significativa, así como también ver si las muestras son aceptadas por los panelistas. Para que las muestras sean aceptadas por los panelistas deben de tener una media de 6,5 o mayor.

Cuadro 23. Prueba estadística Tukey (HSD) de la prueba de aceptabilidad en cuanto a apariencia del pan tipo conchita con sustitución de grasa utilizando banano

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| M2 vs M1 | -0,200 | -0,430 | 2,368 | 0,903 | No |
| M2 vs M3 | -0,060 | -0,129 | 2,368 | 0,991 | No |
| M3 vs M1 | -0,140 | -0,301 | 2,368 | 0,951 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3,348 | | |

Cuadro 24. Medias y grupos pertenecientes de los porcentajes de sustitución de la prueba de aceptabilidad en cuanto a apariencia del pan tipo conchita con sustitución de grasa utilizando banano

| Categoría | Media | Grupos |
|-----------|-------|--------|
| M1 | 6,860 | A |
| M3 | 7,280 | A |
| M2 | 7,400 | A |

Cuadro 25. Prueba estadística Tukey (HSD) de la prueba de aceptabilidad en cuanto a sabor del pan tipo conchita con sustitución de grasa utilizando banano

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| M1 vs M2 | -0,560 | -1,464 | 2,368 | 0,311 | No |
| M1 vs M3 | -0,260 | -0,680 | 2,368 | 0,776 | No |
| M3 vs M2 | -0,300 | -0,784 | 2,368 | 0,713 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3,348 | | |

Cuadro 26. Medias y grupos pertenecientes de los porcentajes de sustitución de la prueba de aceptabilidad en cuanto a sabor del pan tipo conchita con sustitución de grasa utilizando banano

| Categoría | Media | Grupos |
|-----------|-------|--------|
| M1 | 5,900 | A |
| M3 | 6,160 | A |
| M2 | 6,560 | A |

Cuadro 27. Prueba estadística Tukey (HSD) de la prueba de aceptabilidad en cuanto a textura del pan tipo conchita con sustitución de grasa utilizando banano

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| M2 vs M1 | -0,200 | -0,430 | 2,368 | 0,903 | No |
| M2 vs M3 | -0,060 | -0,129 | 2,368 | 0,991 | No |
| M3 vs M1 | -0,140 | -0,301 | 2,368 | 0,951 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3,348 | | |

Cuadro 28. Medias y grupos pertenecientes de los porcentajes de sustitución de la prueba de aceptabilidad en cuanto a textura del pan tipo conchita con sustitución de grasa utilizando banano

| Categoría | Media | Grupos |
|-----------|-------|--------|
| M2 | 5,860 | A |
| M3 | 4,920 | A |
| M1 | 5,060 | A |

Cuadro 29. Prueba estadística Tukey (HSD) de la prueba de aceptabilidad en cuanto a apariencia del pan tipo conchita con sustitución de grasa utilizando inulina

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| M1 vs M2 | -1,040 | -2,993 | 2,368 | 0,009 | Sí |
| M1 vs M3 | -0,680 | -1,957 | 2,368 | 0,127 | No |
| M3 vs M2 | -0,360 | -1,036 | 2,368 | 0,555 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3,348 | | |

Cuadro 30. Medias y grupos pertenecientes de los porcentajes de sustitución de la prueba de aceptabilidad en cuanto a apariencia del pan tipo conchita con sustitución de grasa utilizando inulina

| Categoría | Media | Grupos |
|-----------|-------|--------|
| M1 | 6,580 | A - |
| M3 | 7,260 | A B |
| M2 | 7,620 | - B |

Cuadro 31. Prueba estadística Tukey (HSD) de la prueba de aceptabilidad en cuanto a sabor del pan tipo conchita con sustitución de grasa utilizando inulina

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| M1 vs M2 | -0,800 | -2,232 | 2,368 | 0,069 | No |
| M1 vs M3 | -0,600 | -1,674 | 2,368 | 0,219 | No |
| M3 vs M2 | -0,200 | -0,558 | 2,368 | 0,842 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3,348 | | |

Cuadro 32. Medias y grupos pertenecientes de los porcentajes de sustitución de la prueba de aceptabilidad en cuanto a sabor del pan tipo conchita con sustitución de grasa utilizando inulina

| Categoría | Media | Grupos |
|-----------|-------|--------|
| M1 | 6,200 | A |
| M3 | 6,800 | A |
| M2 | 7,000 | A |

Cuadro 33. Prueba estadística Tukey (HSD) de la prueba de aceptabilidad en cuanto a textura del pan tipo conchita con sustitución de grasa utilizando inulina

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| M1 vs M3 | -1,400 | -3,416 | 2,368 | 0,002 | Sí |
| M1 vs M2 | -1,120 | -2,733 | 2,368 | 0,019 | Sí |
| M2 vs M3 | -0,280 | -0,683 | 2,368 | 0,774 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3,348 | | |

Cuadro 34. Medias y grupos pertenecientes de los porcentajes de sustitución de la prueba de aceptabilidad en cuanto a textura del pan tipo conchita con sustitución de grasa utilizando inulina

| Categoría | Media | Grupos |
|-----------|-------|--------|
| M1 | 5,160 | A |
| M2 | 6,280 | B |
| M3 | 6,560 | B |

Cuadro 35. Prueba estadística Tukey (HSD) de la prueba de aceptabilidad en cuanto a apariencia del pan tipo champurrada con sustitución de grasa utilizando banano

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| M3 vs M1 | -1,120 | -4,105 | 2,368 | 0,000 | Sí |
| M3 vs M2 | -0,740 | -2,712 | 2,368 | 0,020 | Sí |
| M2 vs M1 | -0,380 | -1,393 | 2,368 | 0,347 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3,348 | | |

Cuadro 36. Medias y grupos pertenecientes de los porcentajes de sustitución de la prueba de aceptabilidad en cuanto a apariencia del pan tipo champurrada con sustitución de grasa utilizando banano

| Categoría | Media | Grupos |
|-----------|-------|--------|
| M3 | 5,380 | A |
| M2 | 6,120 | B |
| M1 | 6,500 | B |

Cuadro 37. Prueba estadística Tukey (HSD) de la prueba aceptabilidad en cuanto a sabor del pan tipo champurrada con sustitución de grasa utilizando banano

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| M3 vs M1 | -1,000 | -3,094 | 2,368 | 0,007 | Sí |
| M3 vs M2 | -0,560 | -1,733 | 2,368 | 0,197 | No |
| M2 vs M1 | -0,440 | -1,361 | 2,368 | 0,364 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3,348 | | |

Cuadro 38. Medias y grupos pertenecientes de los porcentajes de sustitución de la prueba de aceptabilidad en cuanto a sabor del pan tipo champurrada con sustitución de grasa utilizando banano

| Categoría | Media | Grupos |
|-----------|-------|--------|
| M3 | 5,400 | A |
| M2 | 5,960 | A B |
| M1 | 6,400 | B |

Cuadro 39. Prueba estadística Tukey (HSD) de la prueba aceptabilidad en cuanto a textura del pan tipo champurrada con sustitución de grasa utilizando banano

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| M3 vs M1 | -0,580 | -2,081 | 2,368 | 0,097 | No |
| M3 vs M2 | -0,260 | -0,933 | 2,368 | 0,620 | No |
| M2 vs M1 | -0,320 | -1,148 | 2,368 | 0,486 | No |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3,348 | | |

Cuadro 40. Medias y grupos pertenecientes de los porcentajes de sustitución de la prueba de aceptabilidad en cuanto a textura del pan tipo champurrada con sustitución de grasa utilizando banano

| Categoría | Media | Grupos |
|-----------|-------|--------|
| M3 | 5,840 | A |
| M2 | 6,100 | A |
| M1 | 6,420 | A |

Cuadro 41. Prueba estadística Tukey (HSD) de la prueba aceptabilidad en cuanto a apariencia del pan tipo champurrada con sustitución de grasa utilizando inulina

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| M3 vs M1 | -2,900 | -9,165 | 2,368 | < 0,0001 | Sí |
| M3 vs M2 | -0,100 | -0,316 | 2,368 | 0,946 | No |
| M2 vs M1 | -2,800 | -8,849 | 2,368 | < 0,0001 | Sí |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3,348 | | |

Cuadro 42. Medias y grupos pertenecientes de los porcentajes de sustitución de la prueba de aceptabilidad en cuanto a apariencia del pan tipo champurrada con sustitución de grasa utilizando inulina

| Categoría | Media | Grupos |
|-----------|-------|--------|
| M3 | 4,560 | A |
| M2 | 4,660 | A |
| M1 | 7,460 | B |

Cuadro 43. Prueba estadística Tukey (HSD) de la prueba aceptabilidad en cuanto a sabor del pan tipo champurrada con sustitución de grasa utilizando inulina

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| M2 vs M1 | -1,360 | -4,513 | 2,368 | < 0,0001 | Sí |
| M2 vs M3 | -0,380 | -1,261 | 2,368 | 0,420 | No |
| M3 vs M1 | -0,980 | -3,252 | 2,368 | 0,004 | Sí |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3,348 | | |

Cuadro 44. Medias y grupos pertenecientes de los porcentajes de sustitución de la prueba de aceptabilidad en cuanto a sabor del pan tipo champurrada con sustitución de grasa utilizando inulina

| Categoría | Media | Grupos |
|-----------|-------|--------|
| M2 | 5,980 | A |
| M3 | 6,360 | A |
| M1 | 7,340 | B |

Cuadro 45. Prueba estadística Tukey (HSD) de la prueba de aceptabilidad en cuanto a textura del pan tipo champurrada con sustitución de grasa utilizando inulina

| Contraste | Diferencia | Diferencia estandarizada | Valor crítico | Pr > Dif | Significativo |
|-------------------------------|------------|--------------------------|---------------|----------|---------------|
| M3 vs M1 | -1,700 | -5,983 | 2,368 | < 0,0001 | Sí |
| M3 vs M2 | -0,140 | -0,493 | 2,368 | 0,875 | No |
| M2 vs M1 | -1,560 | -5,490 | 2,368 | < 0,0001 | Sí |
| Valor crítico del d de Tukey: | | | 3,348 | | |

Cuadro 46. Medias y grupos pertenecientes de los porcentajes de sustitución de la prueba de aceptabilidad en cuanto a textura del pan tipo champurrada con sustitución de grasa utilizando inulina

| Categoría | Media | Grupos |
|-----------|-------|--------|
| M3 | 5,780 | A |
| M2 | 5,920 | A |
| M1 | 7,480 | B |

En los cuadros previos se pueden observar los resultados de la prueba estadística Tukey (HSD) en cuanto a las características sensoriales evaluadas para los dos tipos de pan y sus diferentes porcentajes de sustitución de grasa con banano e inulina. En estos resultados se puede observar la significancia de cada aspecto. También se pueden observar las medias obtenidas por esta misma prueba y los grupos en los cuales los panelistas las clasificaron.

Los primeros cuadros son del pan tipo conchita con banano como sustituto de grasa. En cuanto a los aspectos sensoriales de apariencia, sabor y textura evaluados se puede observar que se obtuvieron resultados no significativos, esto quiere decir que no se observó una diferencia significativa en cuanto a la aceptación del producto. En cuanto a las medias obtenidas se puede observar que en el aspecto de apariencia todas las muestras obtuvieron una puntuación por encima de 6,5. En el caso del sabor solamente la M1 (20% de sustitución) obtuvo una puntuación por debajo de 6,5, y en el caso de la textura ninguna muestra superó la puntuación de 6,5.

Los siguientes cuadros muestran los resultados del pan tipo conchita con inulina como sustituto. Para el aspecto de apariencia la única muestra que tuvo un resultado significativo fue la diferencia entre la M1 (20% de sustitución) y la M2 (50% de sustitución), al igual que para el aspecto de textura donde también se obtuvo una diferencia significativa entre la M1 (20% de sustitución) y la M3 (70% de sustitución). En cuanto a al aspecto de sabor no se obtuvo ninguna diferencia significativa. Los resultados de las medias obtenidas se puede ver que para el aspecto de apariencia todas las muestras tuvieron una media por encima de 6,5 pero fueron clasificadas en dos grupos, donde M1 y

M3 están en el grupo A y M2 y M3 en el grupo B. Para el aspecto de sabor las tres muestras tuvieron un resultado por arriba de 6,5. En cuanto a textura la M1 y la M2 tuvieron una media por debajo de 6,5 y fueron clasificados en dos grupos, M1 en el grupo A y M2 y M3 en el grupo B.

A partir del Cuadro 13 se pueden observar los resultados obtenidos para el pan tipo champurrada. Los primeros cuadros son los resultados obtenidos con banano como sustituto. Para los aspectos de apariencia y sabor hubo una diferencia significativa entre la M1 (20% de sustitución) y la M3 (70% de sustitución), para el aspecto de apariencia también hubo una diferencia significativa entre M2 (50% de sustitución) y M3 (70% de sustitución). En el caso del aspecto de textura no se obtuvo ninguna diferencia significativa. En cuanto a las medias obtenidas en la característica de apariencia se puede observar que solamente la M1 tuvo un valor de 6,5 y los panelistas clasificaron las medias en dos grupos, donde la M1 y M2 están en el grupo B y la M3 en el grupo A. Para la característica de sabor ninguna de las muestras tuvo un valor por encima de 6,5 y fueron clasificadas en dos grupo, donde la M1 y M2 están en el grupo B y la M2 y M3 en el grupo A. Lo mismo sucedió para el aspecto de textura, ninguna de las muestras tuvo un valor por encima de 6,5 y todas fueron clasificadas en el mismo grupo.

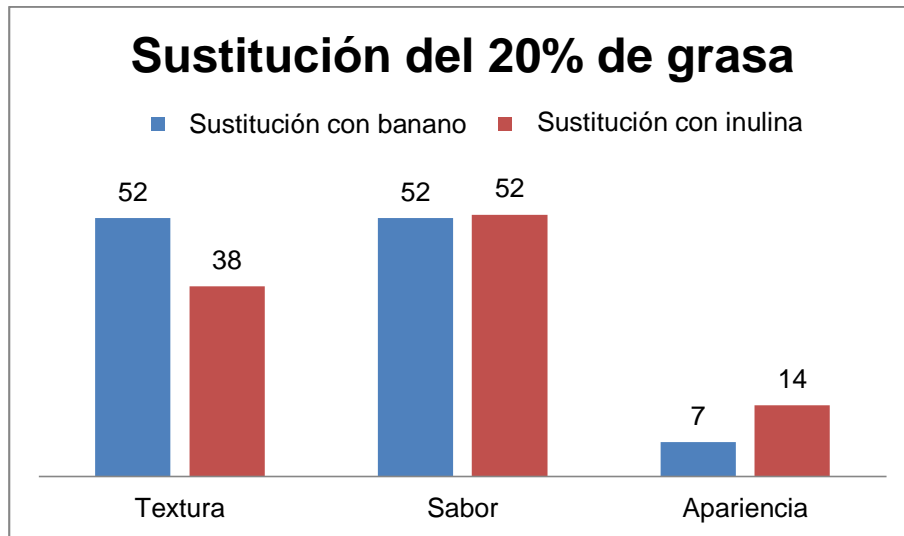
Los últimos cuadros muestran los resultados de la champurrada con inulina como sustituto. En las tres características evaluadas de apariencia, sabor y textura se obtuvo una diferencia significativa de M1 con la M2 y M3. En las medias obtenidas se observa que en las tres características evaluadas de apariencia, sabor y textura solamente la M1 tuvo un valor por encima de 6,5 y fue clasificada en el grupo B mientras que la M2 y M3 están en el grupo A.

2. Prueba de preferencia. Para el análisis de resultados de la prueba de preferencia se utilizó una tabla binomial de dos colas para 50 consumidores con un alfa de 0,05, para comprobar la existencia de diferencias significativas. Para que la preferencia de los panelistas fuera significativa 32 de los 50 panelistas evaluados debían preferir la muestra.

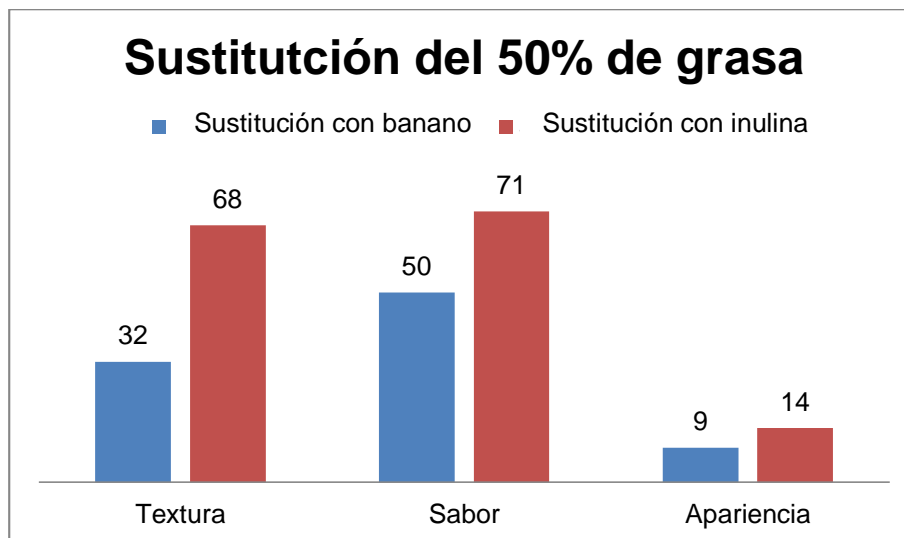
Cuadro 47. Preferencia de los consumidores hacia el pan dulce tipo conchita con los dos diferentes sustitutos de grasa: banano e inulina.

| Sustituto de grasa | Porcentaje sustituido | | |
|--------------------|-----------------------|-----|-----|
| | 20% | 50% | 70% |
| Banano | 29 | 22 | 12 |
| Inulina | 21 | 28 | 38 |

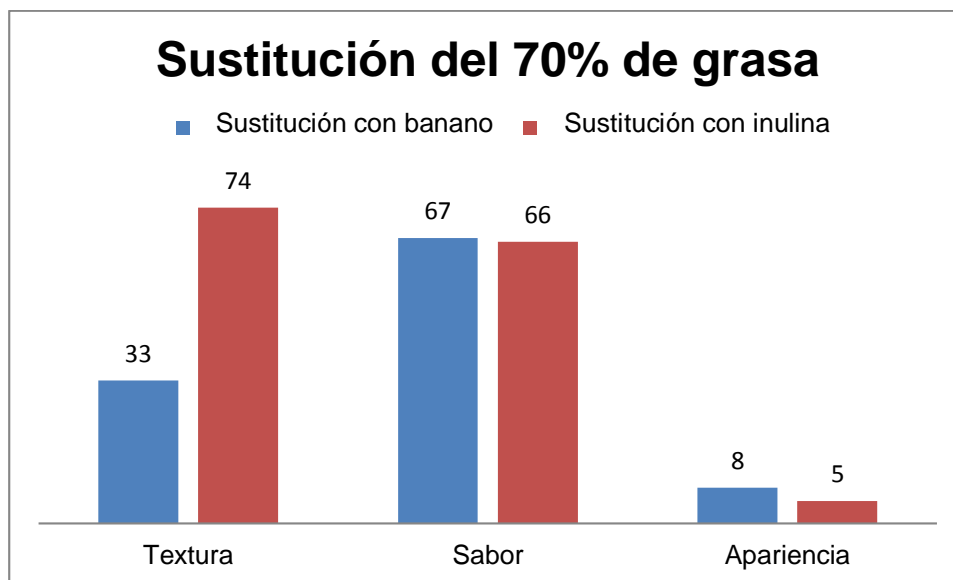
Gráfica 1. Preferencia del pan dulce tipo conchita de los consumidores con base las tres características evaluadas con sustitución de grasa al 20%



Gráfica 2. Preferencia del pan dulce tipo conchita de los consumidores con base en las tres características evaluadas con sustitución de grasa al 50%



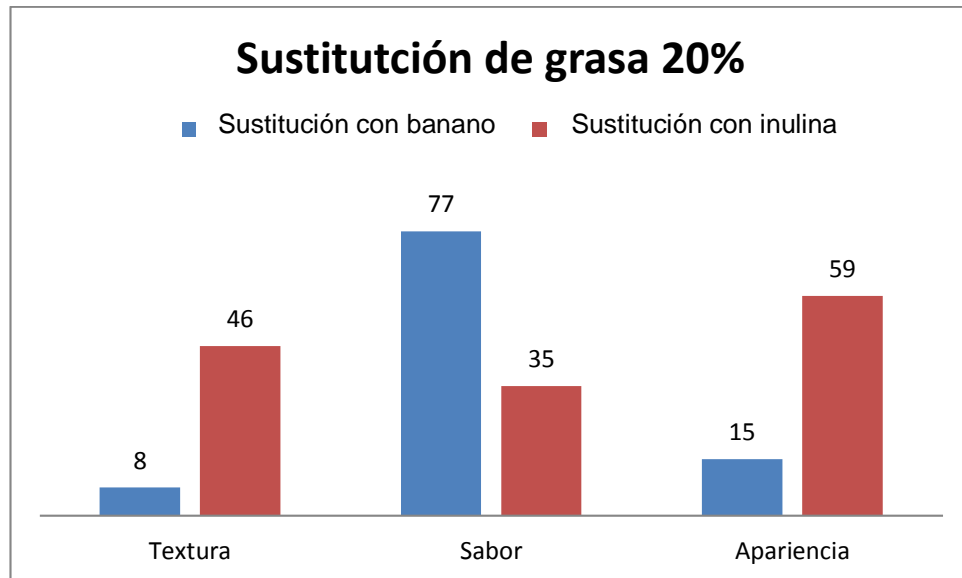
Gráfica 3. Preferencia del pan dulce tipo conchita de los consumidores con base en las tres características evaluadas con sustitución de grasa al 70%



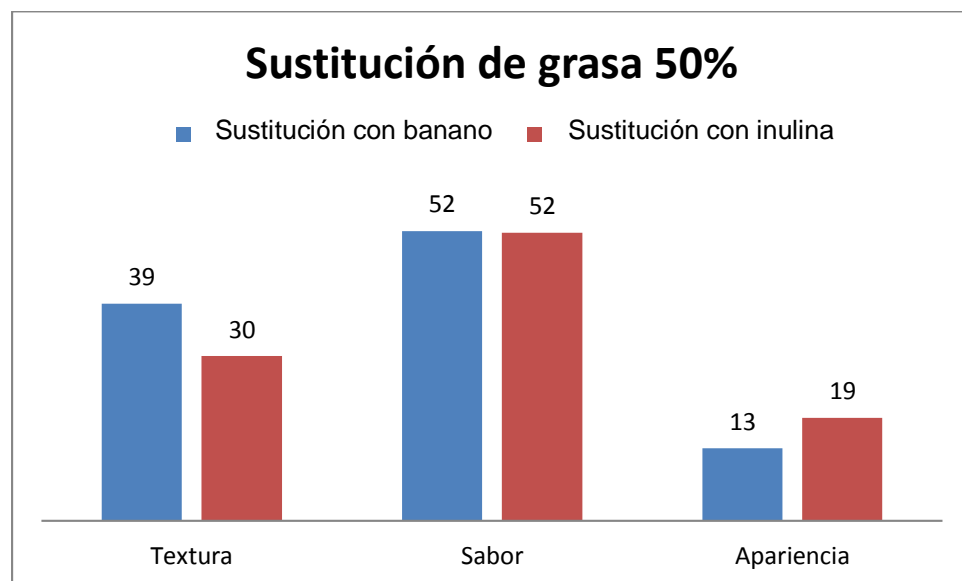
Cuadro 48. Preferencia de los consumidores hacia el pan dulce tipo champurrada con los dos diferentes sustitutos de grasa: banano e inulina.

| Sustituto de grasa | Porcentaje sustituido | | |
|--------------------|-----------------------|-----|-----|
| | 20% | 50% | 70% |
| Banano | 13 | 23 | 17 |
| Inulina | 37 | 27 | 33 |

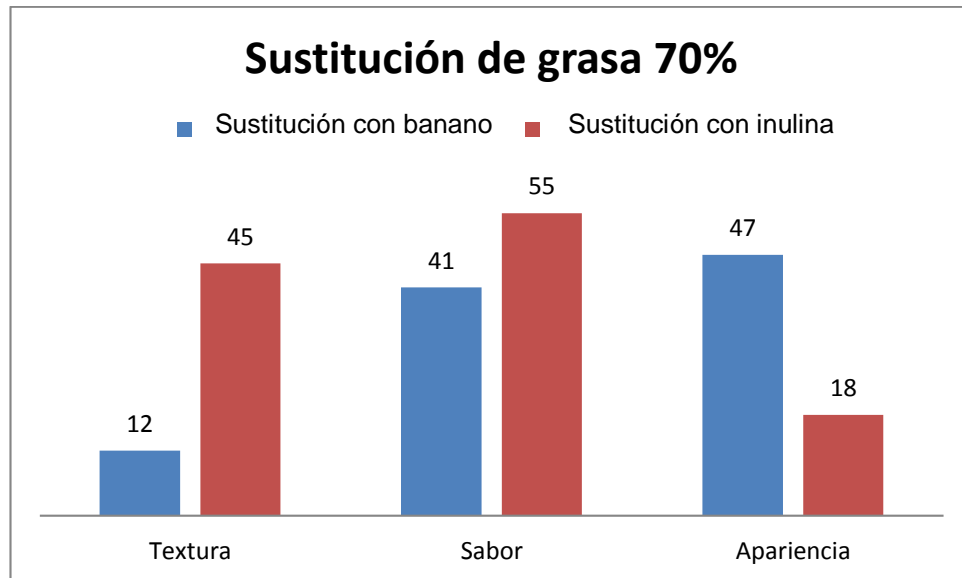
Gráfica 4. Preferencia del pan dulce tipo champurrada de los consumidores con base en las tres características evaluadas con sustitución de grasa al 20%



Gráfica 5. Preferencia del pan dulce tipo champurrada de los consumidores con base en las tres características evaluadas con sustitución de grasa al 50%



Gráfica 6. Preferencia del pan dulce tipo champurrada de los consumidores con base en las tres características evaluadas con sustitución de grasa al 70%



La prueba de preferencia se realizó con el fin de demostrar cuál de los dos sustitutos de grasa preferían los panelistas. En el Cuadro 25 se puede observar que los panelistas tuvieron una mayor preferencia por el pan tipo conchita con 70% de sustitución de grasa utilizando inulina con una puntuación de 38. Mientras tanto en el Cuadro 26 se puede observar que los panelistas tuvieron más preferencia con el pan tipo champurrada que tenía una sustitución de 20% y de 70% de grasa utilizando inulina, con una puntuación de 37 y 33 respectivamente.

Como parte de los resultados se pueden observar las siguientes gráficas que muestran la razón por la cual los panelistas prefirieron cada muestra con su respectiva sustitución. En el caso de la sustitución con 20% de grasa para el pan tipo conchita los panelistas prefirieron la de banano por su textura pero prefirieron la de inulina por su apariencia, en el caso del sabor se obtuvo la misma puntuación. Para la sustitución del 50% de grasa los panelistas prefirieron la sustitución con inulina en base a las tres características evaluadas. En el caso de la sustitución con 70% de grasa se prefirió el pan con inulina por su característica de textura, pero las características de sabor y apariencia fueron preferidas con el pan que contenía banano.

Para el pan tipo champurrada con sustitución del 20% de grasa los panelistas prefirieron el sustituto de inulina por su textura y apariencia, pero en el caso de la característica de sabor prefirieron el sustituto de banano. En el caso de la sustitución del 50% los panelistas prefirieron el pan con banano por su textura, pero prefirieron el pan con inulina por su apariencia, en el caso de la característica de sabor los prefirieron por igual. Para la sustitución del 70% de grasa los panelistas

prefirieron en cuanto a textura y sabor el pan con inulina, pero prefirieron el pan con banano por su apariencia.

B. Resultados análisis físico

Se llevó a cabo el análisis físico en tres días seguidos para observar el cambio de textura en los dos tipos de pan. Para el pan tipo conchita se midió la dureza y adhesividad y para el pan tipo champurrada se midió la dureza y fracturabilidad.

Cuadro 49. Dureza y fracturabilidad medida con texturómetro para pan tipo champurrada

| Día | Sustitución | Dureza (g) | Fracturabilidad (g) |
|-----|-----------------|------------|---------------------|
| 0 | Ninguna | 12269 | 8671 |
| | 20% con inulina | 12357 | 7952 |
| 1 | Ninguna | 12133 | 6291 |
| | 20% con inulina | 12309 | 5930 |
| 2 | Ninguna | 12362 | 5459 |
| | 20% con inulina | 12373 | 5141 |

En el cuadro anterior se puede observar que la dureza medida para este tipo de pan fue mayor en la champurrada con sustitución de inulina que en la que no tenía ninguna sustitución. En el caso de la fracturabilidad se observa que la receta de champurrada normal tuvo una mayor fracturabilidad que la que tenía una sustitución del 20% con inulina. En las dos características evaluadas se observa un aumento conforme fueron pasando los días.

Cuadro 50. Dureza y adhesividad medida con texturómetro para pan tipo conchita

| Día | Sustitución | Dureza (g) | Adhesividad (mJ) |
|-----|-------------|------------|------------------|
| 0 | Ninguna | 8145 | 3,13 |
| | 50% Banano | 11263 | 3,1 |
| | 70% Inulina | 9095 | 1,5 |
| 1 | Ninguna | 12020 | 5,2 |
| | 50% Banano | 12046 | 4,6 |
| | 70% Inulina | 12015 | 2,1 |

En el Cuadro 28 se observan los resultados obtenidos para la evaluación de textura para el pan tipo conchita, esta prueba solamente se pudo realizar dos días debido a que al tercer día se presentó un error por parte del equipo. Se observa en los resultados de dureza que la muestra con 50% de sustitución de grasa utilizando banano fue la que obtuvo una mayor dureza, seguida de la muestra con 70% de sustitución con inulina y por último la que no tenía ninguna sustitución. En cuanto a la

característica de adhesividad se observa que la muestra con ninguna sustitución tuvo una mayor adhesividad, seguido por la muestra con 50% de sustitución de banano y por último con 70% de sustitución con inulina. En las dos características se puede observar un aumento el segundo día.

C. Resultados análisis proximal

Las muestras más aceptadas por los panelistas fueron el pan tipo conchita con 50% de sustitución utilizando banano y con 70% de sustitución utilizando inulina, en el caso de la champurrada solamente fue aceptado el 20% de sustitución utilizando inulina. Tomando en cuenta estos resultados se utilizaron estas muestras para el análisis proximal, al igual que las recetas originales sin sustitución para poder comparar.

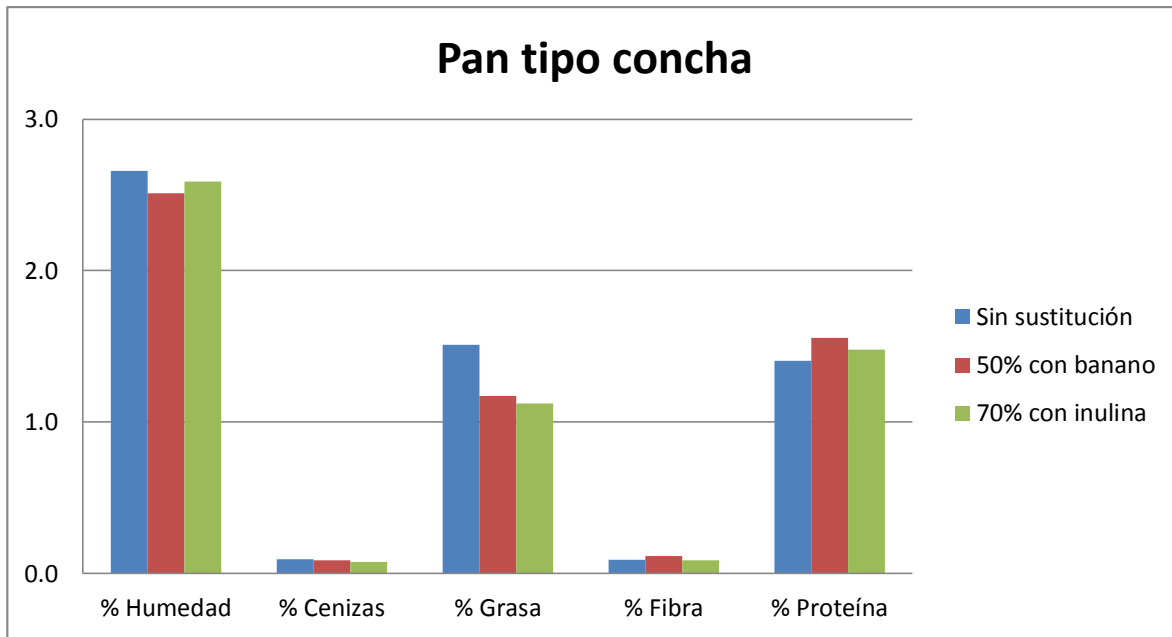
Cuadro 51. Promedio de la composición química proximal de las muestras de pan tipo conchita y champurrada y sus sustituciones

| Tipo de Pan | Conchita | | | Champurrada | |
|----------------------------|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| | Sin sustitución | 50% con banano | 70% con inulina | Sin sustitución | 20% con inulina |
| % Humedad Media + D | 2,66 ± 0,04 | 2,51 ± 0,05 | 2,59 ± 0,45 | 0,12 ± 0,04 | 0,22 ± 0,04 |
| % Cenizas Media + D | 0,09 ± 0,01 | 0,09 ± 0,01 | 0,08 ± 0,01 | 0,35 ± 0,21 | 0,15 ± 0,07 |
| % Grasa Media + D | 1,51 ± 0,01 | 1,17 ± 0,08 | 1,12 ± 0,02 | 2,93 ± 0,01 | 2,46 ± 0,03 |
| % Fibra Media + D | 0,09 ± 0,04 | 0,12 ± 0,01 | 0,09 ± 0,02 | 0,08 ± 0,02 | 0,05 ± 0,01 |
| % Proteína Media + D | 1,41 ± 0,12 | 1,56 ± 0,11 | 1,48 ± 0,01 | 1,40 ± 0,13 | 1,23 ± 0,12 |
| Carbohidratos Media + D | 15,71 ± 0,02 | 15,76 ± 0,04 | 15,78 ± 0,08 | 15,85 ± 0,02 | 15,98 ± 0,02 |

Fuente: Datos experimentales

En el cuadro anterior se pueden observar los resultados del análisis proximal obtenidos para las cinco recetas evaluadas, se pueden encontrar los resultados de humedad, cenizas, grasa, fibra cruda, proteína y carbohidratos. Se puede observar claramente que se obtuvieron resultados variantes, en especial en el caso de la grasa.

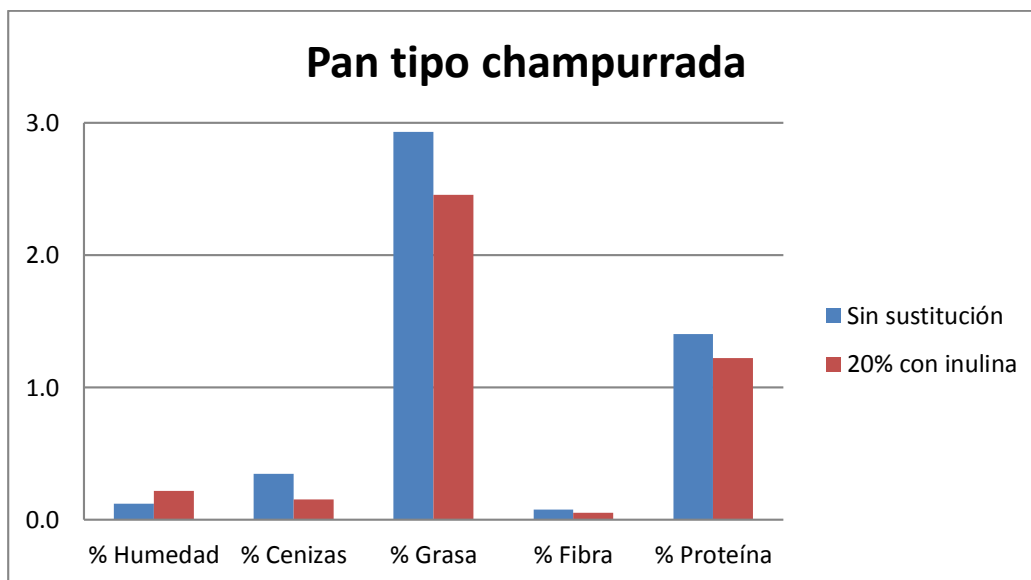
Gráfica 7. Porcentajes obtenidos de composición química proximal de muestras en duplicado del pan tipo conchita



Fuente: Datos experimentales

En la Gráfica 7 se encuentran los resultados del análisis proximal para el pan tipo conchita, donde se analizó la receta original, una sustitución del 50% utilizando banano y la otra sustitución del 70% utilizando inulina. Se puede observar claramente que existen diferencias en especial en la grasa donde el pan sin sustitución presentó un 1,5%, mientras que la sustitución del 50% presentó un 1,17% y la del 70% presentó un 1,12%. Otra clara diferencia es en el caso de la proteína donde se observa que la sustitución del 50% utilizando banano tuvo un poco más del 1,56%. En el caso de la humedad se puede ver que el pan sin ninguna sustitución tuvo el mayor porcentaje, 2,66%.

Gráfica 8. Porcentajes obtenidos de composición química proximal de muestras en duplicado de pan tipo champurrada



Fuente: Datos experimentales

En la gráfica anterior se pueden observar los resultados obtenidos del análisis proximal para el pan tipo champurrada. Se puede observar una gran diferencia en cuanto a el porcentaje de grasa obtenido, donde la champurrada sin sustitución de grasa obtuvo un 2,93% de grasa y el 20% de sustitución un 2,46%. Otra marcada diferencia se puede observar en el porcentaje de proteína donde la champurrada sin sustitución de grasa tenía un porcentaje de 1,4%, mientras que la champurrada con el 20% de sustitución un 1,23% de proteína.

Para poder evaluar correctamente los resultados obtenidos en el análisis proximal y ver si las diferencias eran significativas se realizó un ANOVA para cada atributo evaluado. Para que la diferencia sea significativa el valor F obtenido tiene que ser mayor al valor del F crítico.

Cuadro 52. Análisis de varianza del porcentaje de humedad en las tres muestras de pan tipo conchita

| Fuente de variación | SS | df | MS | F | Valor-P | F crit |
|----------------------|----------|----|----------|----------|----------|----------|
| Entre grupos | 0,785259 | 2 | 0,39263 | 0,158978 | 0,859758 | 9,552094 |
| Dentro de los grupos | 7,409143 | 3 | 2,469714 | | | |
| Total | 8,194402 | 5 | | | | |

Cuadro 53. Análisis de varianza del porcentaje de cenizas en las tres muestras de pan tipo conchita

| Fuente de variación | SS | df | MS | F | Valor-P | F crit |
|----------------------|-------------|----|------------|----------|----------|----------|
| Entre grupos | 0,009259479 | 2 | 0,00462974 | 1,598098 | 0,336895 | 9,552094 |
| Dentro de los grupos | 0,008691091 | 3 | 0,00289703 | | | |
| Total | 0,01795057 | 5 | | | | |

Cuadro 54. Análisis de varianza del porcentaje de grasa en las tres muestras de pan tipo conchita

| Fuente de variación | SS | df | MS | F | Valor-P | F crit |
|----------------------|----------|----|----------|----------|----------|----------|
| Entre grupos | 6,344035 | 2 | 3,172018 | 35,64704 | 0,008114 | 9,552094 |
| Dentro de los grupos | 0,266952 | 3 | 0,088984 | | | |
| Total | 6,610987 | 5 | | | | |

Cuadro 55. Análisis de varianza del porcentaje de fibra en las tres muestras de pan tipo conchita

| Fuente de variación | SS | df | MS | F | Valor-P | F crit |
|----------------------|-------------|----|-------------|----------|----------|----------|
| Entre grupos | 0,03547067 | 2 | 0,017735335 | 0,817013 | 0,520888 | 9,552094 |
| Dentro de los grupos | 0,065122563 | 3 | 0,021707521 | | | |
| Total | 0,100593233 | 5 | | | | |

Cuadro 56. Análisis de varianza del porcentaje de proteína en las tres muestras de pan tipo conchita

| Fuente de variación | SS | df | MS | F | Valor-P | F crit |
|----------------------|---------|----|----------|----------|----------|----------|
| Entre grupos | 0,80076 | 2 | 0,40038 | 1,249652 | 0,402921 | 9,552094 |
| Dentro de los grupos | 0,96118 | 3 | 0,320393 | | | |
| Total | 1,76194 | 5 | | | | |

Cuadro 57. Análisis de varianza del porcentaje de carbohidratos en las tres muestras de pan tipo conchita

| Fuente de variación | SS | df | MS | F | Valor-P | F crit |
|----------------------|-------------|----|-------------|----------|----------|----------|
| Entre grupos | 6,496136345 | 2 | 3,248068172 | 0,977312 | 0,471157 | 9,552094 |
| Dentro de los grupos | 9,970412737 | 3 | 3,323470912 | | | |
| Total | 16,46654908 | 5 | | | | |

Cuadro 58. Análisis de varianza del porcentaje de humedad en las tres muestras de pan tipo champurrada

| Fuente de variación | SS | df | MS | F | Valor-P | F crit |
|----------------------|----------|----|----------|----------|----------|----------|
| Entre grupos | 0,331377 | 1 | 0,331377 | 5,797901 | 0,137724 | 18,51282 |
| Dentro de los grupos | 0,114309 | 2 | 0,057155 | | | |
| Total | 0,445686 | 3 | | | | |

Cuadro 59. Análisis de varianza del porcentaje de cenizas en las tres muestras de pan tipo champurrada

| Fuente de variación | SS | df | MS | F | Valor-P | F crit |
|----------------------|-------------|----|----------|----------|----------|-----------|
| Entre grupos | 1,351612003 | 1 | 1,351612 | 1,551938 | 0,338995 | 18,512821 |
| Dentro de los grupos | 1,741837516 | 2 | 0,870919 | | | |
| Total | 3,093449519 | 3 | | | | |

Cuadro 60. Análisis de varianza del porcentaje de grasa en las tres muestras de pan tipo champurrada

| Fuente de variación | SS | df | MS | F | Valor-P | F crit |
|----------------------|----------|----|----------|----------|----------|----------|
| Entre grupos | 8,109471 | 1 | 8,109471 | 457,1019 | 0,002181 | 18,51282 |
| Dentro de los grupos | 0,035482 | 2 | 0,017741 | | | |
| Total | 8,144953 | 3 | | | | |

Cuadro 61. Análisis de varianza del porcentaje de fibra en las tres muestras de pan tipo champurrada

| Fuente de variación | SS | df | MS | F | Valor-P | F crit |
|----------------------|-------------|----|----------|----------|----------|-----------|
| Entre grupos | 0,022615833 | 1 | 0,022616 | 2,209372 | 0,275521 | 18,512821 |
| Dentro de los grupos | 0,020472632 | 2 | 0,010236 | | | |
| Total | 0,043088464 | 3 | | | | |

Cuadro 62. Análisis de varianza del porcentaje de proteína en las tres muestras de pan tipo champurrada

| Fuente de variación | SS | df | MS | F | Valor-P | F crit |
|----------------------|----------|----|----------|----------|----------|----------|
| Entre grupos | 1,160574 | 1 | 1,160574 | 2,132248 | 0,281667 | 18,51282 |
| Dentro de los grupos | 1,088592 | 2 | 0,544296 | | | |
| Total | 2,249166 | 3 | | | | |

Cuadro 63. Análisis de varianza del porcentaje de carbohidratos en las tres muestras de pan tipo champurrada

| Fuente de variación | SS | df | MS | F | Valor-P | F crit |
|----------------------|-------------|----|----------|---------|----------|-----------|
| Entre grupos | 21,73734994 | 1 | 21,73735 | 34,2142 | 0,028006 | 18,512821 |
| Dentro de los grupos | 1,270662418 | 2 | 0,635331 | | | |
| Total | 23,00801236 | 3 | | | | |

En los resultados del ANOVA obtenidos para el análisis proximal del pan tipo conchita se puede observar que ninguno de los análisis evaluados tuvo un valor F mayor al valor F crítico, a excepción del porcentaje de grasa evaluado. Lo mismo sucedió para el ANOVA del pan tipo champurrada, con excepción en el porcentaje de grasa y de los carbohidratos.

D. Etiquetado nutricional

Para el etiquetado nutricional se utilizaron los valores de referencia para la elaboración del valor diario (%VD). Estos valores ayudan a los consumidores a poder interpretar la información de la cantidad de nutrientes presentes en el alimento y a poder comparar con otros productos. A continuación se presenta el etiquetado nutricional de cada una de las recetas finales.

Figura 5. Etiquetado nutricional de pan dulce tipo conchita sin ninguna sustitución de grasa

| Información Nutricional | |
|--------------------------------|-------------------|
| Tamaño de porción | 1 unidad (1 onza) |
| Porciones por paquete | 6 |
| <hr/> | |
| Cantidad por porción | |
| <hr/> | |
| Energía (Cal) | 82 |
| <hr/> | |
| % Valor Diario* | |
| <hr/> | |
| Grasa total | 1.51 g |
| Colesterol | 0mg 0% |
| Sodio | 0mg 0% |
| Carbohidratos totales | 15.7g 5.2% |
| Proteína | 1.4g 2.8% |

Figura 6. Etiquetado nutricional de pan tipo conchita con 50% de sustitución de grasa utilizando banano como sustituto

| Información Nutricional | |
|--------------------------------|-------------------|
| Tamaño de porción | 1 unidad (1 onza) |
| Porciones por paquete | 6 |
| <hr/> | |
| Cantidad por porción | |
| <hr/> | |
| Energía (Cal) | 80 |
| <hr/> | |
| % Valor Diario* | |
| <hr/> | |
| Grasa total | 1.17 g |
| Colesterol | 0mg 0% |
| Sodio | 0mg 0% |
| Carbohidratos totales | 15.8g 5.3% |
| Proteína | 1.6g 3.2% |

Figura 7. Etiquetado nutricional de pan tipo conchita con 70% de sustitución de grasa utilizando inulina como sustituto

| Información Nutricional | |
|--------------------------------|-------------------|
| Tamaño de porción | 1 unidad (1 onza) |
| Porciones por paquete | 6 |
| _____ | |
| Cantidad por porción | |
| _____ | |
| Energía (Cal) | 79 |
| _____ | |
| % Valor Diario* | |
| _____ | |
| Grasa total | 1.12 g |
| Colesterol | 0mg 0% |
| Sodio | 0mg 0% |
| Carbohidratos totales | 15.6g 5.2% |
| Proteína | 1.5g 3.0% |
| _____ | |

Figura 8. Etiquetado nutricional de pan tipo champurrada sin ninguna sustitución de grasa

| Información Nutricional | |
|--------------------------------|-------------------|
| Tamaño de porción | 1 unidad (1 onza) |
| Porciones por paquete | 6 |
| _____ | |
| Cantidad por porción | |
| _____ | |
| Energía (Cal) | 95 |
| _____ | |
| % Valor Diario* | |
| _____ | |
| Grasa total | 2.93 g |
| Colesterol | 0mg 0% |
| Sodio | 18.8mg 0.78% |
| Carbohidratos totales | 15.9g 5.3% |
| Proteína | 1.4g 2.8% |
| _____ | |

Figura 9. Etiquetado nutricional de pan tipo champurrada con 20% de sustitución de grasa utilizando inulina como sustituto

| Información Nutricional | |
|--------------------------------|------------------------|
| Tamaño de porción | 1 unidad (1 onza) |
| Porciones por paquete | 6 |
| Cantidad por porción | |
| Energía (Cal) | 91 |
| | % Valor Diario* |
| Grasa total | 2.46 g |
| Colesterol | 0mg 0% |
| Sodio | 18.8mg 0.78% |
| Carbohidratos totales | 16g 5.3% |
| Proteína | 1.2g 2.4% |

Para que un producto sea considerado light debe de tener el 25% menos del nutriente comparado con el producto estándar, según el Codex Alimentarius. En este caso el único producto que puede considerarse light en cuanto al contenido de grasa es el pan tipo champurrada con 70% de sustitución de grasa utilizando inulina con un 26% menos de grasa. La sustitución del 50% de grasa con banano obtuvo un 23% menos de grasa y la champurrada con 20% de sustitución con inulina un 16% menos.

VIII. DISCUSIÓN

El principal objetivo de esta investigación fue el desarrollo de una nueva formulación de dos tipos de pan dulce con un menor porcentaje de grasa y azúcar que el pan dulce tradicional guatemalteco. Este estudio pretendía elaborar un producto tradicional más nutritivo que fuera aceptado por los consumidores y que no perdiera sus características organolépticas, para así tratar de abordar los problemas de sobrepeso y obesidad que presenta actualmente el país.

Se inició con escoger los mejores sustitutos de grasa para los productos de panadería y con los porcentajes de sustitución que se llevarían a cabo para la formulación de las nuevas recetas. Se escogió el banano y la inulina como sustitutos de grasa debido a que los dos son productos naturales y aportan varios beneficios a la salud de las personas, no solo ayudan con la sustitución de la grasa sino que también aportan fibra y varias vitaminas y minerales. Fueron escogidos también ya que los dos cumplen con características muy similares a la grasa, lo cual le aporta a los panes una textura similar a la cual le aportaría la manteca. Se escogieron tres diferentes porcentajes de sustitución de grasa para ver cuál era el más efectivo y aceptado por los consumidores. Inicialmente se habían escogido los porcentajes del 10, 20 y 50% para no cambiar drásticamente los ingredientes de la receta original, pero al hacer las primeras pruebas se observó que la sustitución del 10% no era significativa y que con las demás sustituciones no cambiaban mucho las características organolépticas. Debido a esta observación se decidió cambiar los porcentajes de sustitución por 20, 50 y 70%. También se llevó a cabo la sustitución de azúcar de las recetas, pero únicamente del 10% debido a que al utilizar edulcorantes en panadería se observa un mayor cambio de las características organolépticas en especial del sabor.

Las grasas juegan un papel muy importante en los productos de panadería, cumplen con varias funciones para obtener un producto óptimo. Las grasas brindan un aporte significativo para el sabor, color y textura de los productos de panadería. Ayudan a obtener un producto blando y suave al inhibir la formación de cadenas largas de gluten en las masas. También son de gran ayuda en el crecimiento de la masa ya que atrapan las burbujas de aire, las cuales se expanden cuando se someten a calor. Cabe también mencionar que las grasas tienen propiedades emulsionantes, lo cual permite que los productos horneados tengan humedad y resistan el endurecimiento, lo cual incrementa su vida útil (Valenzuela y Sahuenza, 2008).

Se recomienda que los productos que imitan a la grasa solo las pueden reemplazar parcialmente para así no alterar notoriamente su comportamiento y las características organolépticas del producto final (Valenzuela y Sahuenza, 2008). En este estudio se optó por utilizar el banano y la inulina como

los sustitutos de grasa debido a los beneficios que proporcionan en panadería, no solo en textura y sabor sino que también en los diferentes nutrientes que aporta cada uno.

El banano maduro en los productos de panadería cumple la misma función que la manteca, en que aporta una consistencia cremosa a la masa. Como se ha mencionado anteriormente la grasa ayuda a obtener un producto blando y suave al inhibir la formación de cadenas largas del gluten, el banano cumple una función similar. De igual manera le aporta al producto final diferentes vitaminas y minerales, en especial potasio y vitamina B6, así como también fibra. Por este motivo se eligió utilizarlo en el estudio, y también para poder comparar los resultados entre un producto orgánico y uno industrializado como la inulina.

A pesar de que la inulina se encuentra presente en muchos vegetales, frutas y cereales, a nivel industrial es extraída de la raíz de la achicoria (*Cichorium intybus*). Tiene varios compuestos derivados que cumplen diferentes funciones. A nivel industrial se presenta como un polvo blanco, sin olor, con sabor neutral y sin efecto residual, la cual fue utilizada para llevar a cabo el estudio. Este compuesto tiene la capacidad de formar gel lo cual lo hace apto para utilizar como sustituto de grasa en productos en los que las propiedades funcionales de las grasas son indispensables, como en panadería. Varios estudios citados en la sección de antecedentes obtuvieron como resultados que al sustituir la grasa vegetal por inulina en la elaboración de pan no se modificaron las características reológicas de la masa antes de hornear ni la calidad sensorial del producto terminado. La inulina también tiene varios beneficios para la salud como la fibra dietética, modula la flora intestinal por su efecto prebiótico, tiene un aporte calórico reducido (1.5kcal/g), entre otros. Por estas razones se decidió utilizar este ingrediente como sustituto de grasa en este estudio y poder compararlo contra el banano.

Al tener las recetas establecidas se llevó a cabo el análisis sensorial donde se hizo una prueba de aceptabilidad y una de preferencia para los dos tipos de pan con sus tres porcentajes de sustitución de grasa. Para la prueba de aceptabilidad se llevó a cabo una prueba estadística Tukey (HSD) para observar si las recetas tenían diferencias significativas en cuanto a los atributos de sabor, textura y apariencia. En el caso de las recetas para el pan tipo conchita se observó que las muestras más aceptadas fueron la sustitución del 50% de grasa utilizando banano y la sustitución del 70% de grasa utilizando inulina, donde la muestra con banano fue más aceptada por su apariencia y sabor y la de inulina por su textura. En el caso del pan tipo champurrada la muestra más aceptada por los consumidores fue la de sustitución del 20% utilizando inulina como sustituto, fue la única muestra donde las tres características fueron aceptadas por los consumidores. Con el pan tipo champurrada no fue aceptada ninguna muestra con banano como sustituto debido a la textura que le dio una textura más dura a las muestras. La prueba de preferencia es complementaria a la prueba de aceptabilidad y se pudo observar que las muestras que prefirieron los consumidores fueron del pan tipo conchita con 70% de sustitución con inulina y del pan tipo champurrada con el 20% y el 70% de

sustitución utilizando inulina. Se puede observar una relación entre los resultados obtenidos para la prueba de aceptabilidad y la de preferencia en cuanto a las muestras elegidas por los consumidores. Las muestras más aceptadas pasaron a la siguiente fase.

El siguiente paso fue el análisis físico donde se midió la textura de las tres recetas más aceptadas y de las dos recetas originales de conchita y champurrada. Los resultados de dureza para el pan tipo champurrada muestran que la receta que contenía sustitución con inulina tuvo una mayor dureza que la receta normal, esto se relaciona con los resultados obtenidos para la fracturabilidad donde la receta sin sustitución tuvo una mayor fracturabilidad que la otra muestra. Conforme pasaron los tres días se observó que la dureza no fue cambiando drásticamente por día para ninguna de las dos muestras. En los resultados del pan tipo conchita se observó que el pan con sustitución de banano obtuvo la mayor dureza de todas las muestras pero no tuvo un aumento tan grande como la muestra sin sustitución o la muestra con sustitución de inulina. Por lo que se puede decir que el pan tipo conchita con sustitución del 50% de banano obtuvo la mejor textura en cuanto a dureza de las muestras. En cuanto a la adhesividad la receta sin ninguna sustitución y la receta con sustitución de banano tuvieron una adhesividad muy parecida debido a que el banano ayuda a darle ese tipo de textura al pan, mientras que la receta con sustitución de inulina tuvo una adhesividad mucho menor.

Las mismas recetas en las que se evaluó la textura fueron evaluadas químicamente a través de un análisis proximal para obtener la cantidad de nutrientes que contenía cada una y poder compararla. En los resultados obtenidos se puede observar que sí se encontraron diferencias sobre todo en cuanto a grasa, el cual era el objetivo del estudio. Para el pan tipo conchita se puede observar que de las dos sustituciones la que tuvo un menor porcentaje de grasa comparado con la receta sin sustitución fue la del 50% de banano. Se puede decir que la sustitución del 50% con banano fue más efectiva que la del 70% con inulina debido a que tuvieron una cantidad de grasa muy parecida a pesar de que la sustitución con banano tenía un menor porcentaje que la de inulina. En el caso del pan tipo champurrada la receta con 20% de sustitución no puede ser comparada con otra sustitución pero se observó que si tuvo una disminución del porcentaje de grasa. Para poder evaluar la significancia de las diferencias se realizó un ANOVA donde se observó que ningún atributo tuvo una diferencia significativa, excepto la grasa. En el ANOVA para el porcentaje de grasa para los dos tipos de pan se observa que el valor F obtenido fue mayor al valor F crítico, lo cual muestra una diferencia significativa entre las muestras. El hecho que exista una diferencia significativa del porcentaje de grasa entre las muestras demuestra que el estudio fue efectivo y que al realizar una sustitución de grasa, ya sea utilizando banano o inulina, se bajan los porcentajes de esta misma de una manera significativa.

Con los resultados obtenidos en el análisis proximal se llevó a cabo el último paso, la elaboración del etiquetado nutricional de cada una de las recetas, incluyendo las recetas originales. Para poder llevar a cabo esta tarea se utilizaron los valores de referencia para el porcentaje del valor diario

(%VD) para el etiquetado nutricional. El etiquetado nutricional de los productos es de gran ayuda para el consumidor para poder ver la cantidad de nutrientes que están consumiendo y poder comparar con los demás productos y escoger el mejor. Por este motivo se crearon las etiquetas nutricionales de todas las recetas para así poder comparar de una manera más fácil que producto es el mejor nutricionalmente hablando.

IX. CONCLUSIONES

1. El análisis sensorial demostró que las sustituciones del 50% con banano, 70% con inulina para pan tipo conchita y 20% con inulina para pan tipo champurrada fueron las muestras más aceptadas y preferidas por los consumidores, lo cual demuestra que existen diferencias significativas entre las muestras.
2. El análisis de textura concluye que la inulina como sustituto proporciona más dureza a los dos tipos de pan, debido que el pan tipo conchita con 50% de sustitución utilizando banano tuvo la mejor textura y pan tipo champurrada la receta original obtuvo la mejor textura.
3. El análisis proximal demostró que para el pan tipo conchita el mejor sustituto de grasa es el banano, mientras que para el pan tipo champurrada se observó una disminución de la cantidad de grasa a pesar de que solamente era el 20% de sustitución.
4. El banano y la inulina como sustitutos de grasa disminuyen de manera significativa el porcentaje de grasa en los dos tipos de pan.
5. El mejor sustituto de grasa para el pan tipo conchita es el banano, debido que le da una mejor textura y le proporciona un porcentaje menor de grasa que al utilizar inulina.

X. RECOMENDACIONES

1. Mejorar la textura del pan tipo conchita con 50% de sustitución con banano agregando más agente leudante para que de esta forma crezca más el pan y le dé una mayor esponjosidad.
2. Mejorar la textura del pan tipo champurrada con 20% de sustitución con banano haciendo que sea más delgada la presentación para evitar la dureza y que tenga una mayor fracturabilidad para el gusto del consumidor.
3. Se recomienda llevar a cabo un análisis de micronutrientes para obtener los valores y poder reportarlos en el etiquetado nutricional y así ver si también existe una diferencia entre las recetas.
4. Medir la fibra dietética de los productos para poder dar un mejor resultado.
5. Hacer una formulación diferente utilizando polvo de hornear en vez de levadura para la sustitución del 100% de azúcar.

XI. BIBLIOGRAFÍA

- Academia del área de plantas piloto de alimentos. 2004. «*Introducción a la tecnología de alimentos*». 2ª Edición. Limusa Noreiga Editores. México. 141pp.
- Association of official analytical chemists (AOAC). 2000. «Official methods of analysis of the association of official analytical chemists» 18ª Edición. Editorial K. Helrich.
- Bannach, G. *et al.* 2009. «Thermal stability and thermal decomposition of sucralose». *Eclética Química* 34(4): 21-26.
- Calle, Domínguez, J. 2012. «*Tendencias actuales en galletas funcionales: reducción de calorías*». Instituto de investigaciones para la industria alimentaria. Habana, Cuba. 40pp.
- Cauvain, Stanley. y L. Young. 2007. «*Technology of breadmaking*». 2a Edición. Springer Science & Business Media, LLC. 301pp.
- Crowe, Tammy. Y P. White. 2001. «Adaptation of the AOCS official method for measuring hydroperoxides from small-scale oil samples» *JAACS* 78(12):1267-1269.
- De León, Arturo. 2006. «*Los estudios de geografía*». Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. 62pp.
- Dewettnick, K., *et al.* 2008. «Nutritional value of bread: influence of processing, food interaction and Consumer perception». *Journal of Cereal Science*. 48(2): 243-257.
- Enríquez, L. y L. Almazán. 2014. «Efecto de inulina en productos de panificación adicionado como sustituto de grasa y fuente de fibra». *Mar del Norte* 5: 10-15.
- FAO. 1993. «Directrices del CODEX sobre etiquetado nutricional». Enlace: <http://www.fao.org/docrep/w8612s/w8612s05.htm> [consultado el 07/06/2015].
- Fiset, José. Y E. Blais. 2007. «*El libro del pan*». 2ª Edición. Ediciones Robinbook, Barcelona. 145pp.
- Gil, Ángel y S. Majem. 2010. «*Libro blanco del pan*». Editorial medica panamericana, S. A. 215pp.
- Gironi, Gabriel. 2009. «*La panadería: manual práctica de la fabricación de toda clase de pan*». Editorial Maxtor. 143pp.
- González, Ricardo. 2004. «*Actualización de la composición proximal del pan de consumo popular en Guatemala*». Tesis Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de CCQQ y Farmacia. 76pp.
- Grüer, Hermann.; R. Metz y A. Gil Martínez. «*Procesos de cocina*». 28ª Edición. Ediciones Akal, S. A. Madrid. 283pp.
- Harris, Daniel. 2003. «*Análisis químico cuantitativo*». 3ª Edición. Editorial Reverté, S.A. 709pp.
- INCAP. 2015. «*La evolución de la nutrición en Centroamérica y Republica Dominicana: temas de la agenda pendiente y problemas emergentes*». Guatemala. 93pp
- INE. 2014. «*Índice de precios al consumidores*». Recuperado el 20/11/2014. Enlace: ine.gob.gt

- Karp, Gerald. 2009. «*Cell and molecular biology: concepts and experiments*» 6th Edition. John Wiley & Sons, Inc. 832pp.
- León, María Elena y M. Villacorta. 2010. «Valor nutritivo de pan con sustitución parcial de harina de trigo (*Triticum aestivum*) por arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* Bancroft), fortificado». *Revista venezolana de ciencia y tecnología de alimentos*. 1(2):244-261.
- Linares, Heidy. «*Panadería y galletería*» Programa desarrollo económico sostenible en Centroamérica (DESCA).Unión Europea. Guatemala. 4pp.
- Llamas, Francisca. Y S. Zamora. 2002. «*Nutrición y alimentación humana*». Aula de mayores, Universidad de Murica. 305pp.
- López Donado, Lorena. *Et al.* 2009. «Estudios sobre estilos de vida y riesgo de desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles en poblaciones adultas de áreas urbanas de la ciudad de Guatemala». *Revista Universidad del Valle de Guatemala*. 20: 63 – 68.
- Madrigal, L. y E. Sangronis. 2007. «La inulina y derivados como ingredientes clave en alimentos funcionales». *Archivos latinoamericanos de nutrición* 57 (4): 387-396.
- Magaña, Elisa. *Et al.* 2011. «Efecto del contenido de proteína, grasa y levadura en las propiedades viscoelásticas de la masa y la calidad de pan tipo francés». *Interciencia*. 36(4): 248-255.
- Mckee, Trudy y J. Mckee. 2013. «*Bioquímica*» 4^a Edición. McGraw Hill. 674pp.
- Martínez, S. 2013. «*Reemplazo de grasa y azúcar en magdalenas. Efecto sobre las propiedades reológicas, térmicas, de textura y sensoriales*». Tesis doctoral. Universitat Politècnica de Valencia. 187pp.
- Nelson, David. Y M. Cox. 2008. «*Principles of biochemistry*» 5th Edition. W. H, Freeman and compay New York. 1302pp.
- Palmieri, M. *et al.* 2015. «*La evolución de la nutrición en Centroamérica y republica dominicana: temas de la agenda pendiente y problemas emergentes*». INCAP. Guatemala. 95pp.
- Patiño, J. F. 2006. «*Metabolismo, nutrición y shock*». 4^a Edición. Editorial medica panamericana. Colombia. 783pp.
- Paz, J. J. 2014. «*Entrega de insumos del Programa Conjunto Qahkamanih reh qawa´ (Trabajamos por nuestra alimentación)*. » Retrieved from PNUD: <http://www.gt.undp.org/content/guatemala/es/home/presscenter/articles/2014/05/07/entrega-de-insumos-del-programa-conjunto-qahkamanih-reh-qawa-trabajamos-por-nuestra-alimentaci-n/>
- Ramírez, J. 2012. «*Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor*». Universidad del Valle, Colombia. 102pp.
- Reyes, Mamerto. 2010. «Impactos alimentarios de los precios de los cereales al alza: el caso del consumo de tortilla y pan francés en Guatemala, 2006-2008». *Región y sociedad* 22(48): 179-209.
- Reyes, María Belén. *et al.* «*Determinación de los cambios organolépticos y la disminución de aditivos empleando masa madre en la formulación de pan artesanal campestre*». Escuela Politécnica del Litoral, Ecuador. Enlace: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/15908/1/Determinaci%C3%B3n%20>

[de%20los%20Cambios%20Organol%C3%A9pticos%20y%20la%20Disminuci%C3%B3n%20de%20Aditivos%20empleando%20Masa%20Madre%20en%20la%20Formulaci%C3%B3n%20de%20Pan%20Artesanal%20Campestre.pdf](#) [consultado el 1/9/2014].

- Rodríguez, V. M. 2008. «*Bases de la alimentación humana*» Netbiblo, S. L. 565pp.
- Ross, Michael. y W. Pawlina. 2010. «*Histology: A text and atlas, with correlated cell and molecular biology*» 6th Edition. Wolters Kluwer. 974pp.
- Sancho, J. et al. 1999. «*Introducción al análisis sensorial de alimentos*». Ediciones Universitat de Barcelona. 329pp.
- Tinoco, Cecilia. 2009. «*Desarrollo y evaluación física-química y sensorial de un pan usando salvado de trigo y harina integral*». Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Zamorano, Honduras. 20pp. Enlace: <http://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/302/1/T2846.pdf> [consultado el 1/9/2014].
- Uribe, Liz. 2007. «*Caracterización fisiológica de levaduras aisladas de la filósfera de mora*». Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de ciencias, Microbiología industrial. Bogotá, D.C. 154pp.
- Valenzuela, A. y J. Sanhueza. 2008. «Estructuración de lípidos y sustitutos de grasa». Centro de lípidos, Instituto de Nutrición y Tecnología de Alimentos. Universidad de Chile. *Revista chilena de nutrición* 35(4): 394-405.
- Vázquez, C.; A. de Cos y C. López. 2005. «*Alimentación y nutrición*». 2a Edición. Ediciones Díaz de Santos. 477pp.
- Watts, et al. 1995. «*Métodos sensoriales básicos para la evaluación de alimentos*». Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo Oficina Regional para América Latina y el Caribe, Montevideo, Uruguay. 170pp.

XII. ANEXO

A. Consentimiento informado impartido a participantes de la prueba sensorial

Consentimiento informado estudio: Formulación de dos diferentes tipos de pan dulce con menor porcentaje de grasa y azúcar

1. **Introducción y propósito del estudio.** En Guatemala, los índices de obesidad en la población adulta han ido en el alza, mayormente debido a la ingesta de alimentos con altos contenidos de azúcar y grasa que realmente no proveen de nutrientes de calidad. Esto se ve reflejado en los alimentos de preferencia popular, como la repostería típica, especialmente, en el consumo de pan dulce. Es una costumbre muy frecuente tomar una taza de café por la tarde y acompañarla con un pan dulce. Por lo tanto, el fin de este estudio es reformular uno de los panes dulces más consumidos: el pan dulce, y hacerlo más saludable para el consumidor. Esto se alcanzará al sustituir la manteca y el azúcar que incorpora la receta tradicional, con sustitutos de una mejor calidad nutricional.

2. **Descripción.** Se propondrán 14 recetas, siete de champurrada y siete de conchita. Existirá un control que será la receta original, y esta se comparará con seis recetas en las que se varía la cantidad de sustitutos de grasa y azúcar. Estas se pasarán a un análisis sensorial en donde se determinará las muestras de mejor sabor, estabilidad y textura. Las mejores recetas pasarán a un análisis físico de textura donde se evaluará su crujencia y dureza. Por último, las recetas con mejores resultados pasarán a un análisis químico proximal y se generará su etiquetado nutricional. Este producto estará listo para comercializarse.

3. **Riesgos y beneficios.** No existe ningún riesgo al participar en este estudio. Todos los ingredientes son inocuos, a menos que usted tenga alguna alergia al gluten que contiene la harina. Entre los beneficios que pueden obtenerse del estudio es la contribución a generar un pan dulce más saludable, que podría estar disponible para su consumo en un futuro.

4. **Confidencialidad.** La información de este estudio será confidencial, su nombre no se tomara en cuenta ya que se utilizaran números para identificar a cada uno de los participantes. La información que usted nos dé será de tipo confidencial y únicamente será utilizada para fines de este estudio.

5. **Costo/Pago.** La participación en el estudio es gratuita. Su participación se agradecerá con una refacción.

6. **Derecho a retirarse.** Su participación en el estudio es completamente voluntaria. Tiene el derecho a retirarse del estudio en cualquier momento, incluso luego de haber firmado este consentimiento informado. Su firma en el presente documento no tiene ligaduras legales ni puede utilizarse para violar ninguno de sus derechos ni puede usarse para forzarlo a hacer algo con lo que no está de acuerdo

7. **Contactos.** Si usted tiene más preguntas acerca del proyecto, puede contactar a la licenciada Ana Silvia de Colmenares asesora principal del estudio cuyo correo es asruiz@uvg.edu.gt. Así

mismo, puede contactarse con mi persona, Andrea Marroquín Martínez co-investigadora del estudio, mi correo es andre_marroquin@hotmail.com y con mucho gusto todas sus dudas serán resueltas.

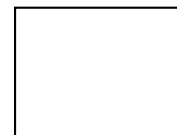
Convenio de participación. He leído la explicación anterior del estudio y cualquier duda que tuve o cualquier pregunta que realice me fue debidamente respondida. Por lo tanto, decido participar voluntariamente en este proyecto.

Firma: _____

Fecha: _____

Nombre del investigador/tesista: _____

Firma: _____



A. Boleta de aceptabilidad y preferencia de producto final

Fecha: _____

Boleta para prueba de aceptabilidad con escala hedónica en pan dulce

A continuación se le presentarán tres tipos de pan dulce diferentes. De estas muestras se le solicita que evalúe la apariencia, sabor y textura empezando por la que tiene a su izquierda. Indique el grado en que le gusta o le disgusta cada una de las muestras seleccionando el puntaje en el Cuadro 1 y colocándolo en el Cuadro 2 para cada uno de los atributos indicados.

Cuadro 1. Escala hedónica

| Puntaje | Descripción |
|---------|-----------------------------|
| 9 | Me gusta muchísimo |
| 8 | Me gusta mucho |
| 7 | Me gusta un poco |
| 6 | Me gusta levemente |
| 5 | Ni me gusta, ni me disgusta |
| 4 | Me disgusta levemente |
| 3 | Me disgusta un poco |
| 2 | Me disgusta mucho |
| 1 | Me disgusta muchísimo |

Cuadro 2. Evaluación

| Atributo | Código | Código | Código | Código | Código | Código |
|------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| APARIENCIA | | | | | | |
| SABOR | | | | | | |
| TEXTURA | | | | | | |

Comentario:

(La evaluación continua en la parte posterior de la boleta)

Fecha: _____

Boleta para prueba de preferencia en pan dulce

Indique cuál de las dos muestras de pan dulce presentadas a continuación prefiere circulando el código que la identifique. Luego indique el porqué de su elección.

¿Por qué?

| Código | Código |
|--------|--------|
| | |

¿Por qué?

| Código | Código |
|--------|--------|
| | |

¿Por qué?

| Código | Código |
|--------|--------|
| | |

¡Gracias!

B. Cuadro de prueba binomial de dos extremos

TABLA 7.2
Prueba Binomial de Dos Extremos
Probabilidad de X o más juicios concordantes en n pruebas (p = 1/2)

| X | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 | 37 | | | | | | |
|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|--|
| 6 | 676 | 312 | 062 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 7 | | 608 | 219 | 031 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | | | 463 | 126 | 016 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | | | | 308 | 070 | 008 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | | | | | 160 | 038 | 004 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | | | | | | 108 | 021 | 002 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 12 | | | | | | | 066 | 011 | 001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 13 | | | | | | | | 039 | 006 | 003 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 14 | | | | | | | | | 022 | 013 | 002 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | | | | | | | | | | 007 | 022 | 007 | 001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 16 | | | | | | | | | | | 012 | 035 | 007 | 004 | 001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17 | | | | | | | | | | | | 019 | 048 | 013 | 002 | 001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 18 | | | | | | | | | | | | | 028 | 064 | 019 | 008 | 001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 19 | | | | | | | | | | | | | | 039 | 082 | 027 | 004 | 001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | | | | | | | | | | | | | | | 052 | 101 | 033 | 004 | 001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 21 | | | | | | | | | | | | | | | | 066 | 124 | 043 | 004 | 001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | 081 | 151 | 053 | 004 | 001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 23 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 097 | 181 | 062 | 004 | 001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 24 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 114 | 214 | 071 | 004 | 001 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 133 | 248 | 079 | 004 | 001 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 26 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 153 | 294 | 086 | 004 | 001 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 174 | 351 | 092 | 004 | 001 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 28 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 196 | 418 | 097 | 004 | 001 | | | | | | | | | | | | | | |
| 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 219 | 495 | 101 | 004 | 001 | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 243 | 582 | 104 | 004 | 001 | | | | | | | | | | | | |
| 31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 268 | 679 | 106 | 004 | 001 | | | | | | | | | | | |
| 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 294 | 785 | 107 | 004 | 001 | | | | | | | | | | |
| 33 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 321 | 900 | 107 | 004 | 001 | | | | | | | | | |
| 34 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 349 | 1023 | 106 | 004 | 001 | | | | | | | | |
| 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 378 | 1154 | 104 | 004 | 001 | | | | | | | |
| 36 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 407 | 1293 | 101 | 004 | 001 | | | | | | |
| 37 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 143 | 1440 | 096 | 004 | 001 | | | | | |
| 38 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 160 | 1604 | 091 | 004 | 001 | | | | |
| 39 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 178 | 1785 | 085 | 004 | 001 | | | |
| 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 197 | 1983 | 078 | 004 | 001 | | |
| 41 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 217 | 2198 | 070 | 004 | 001 | |
| 42 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 238 | 2440 | 061 | 004 | 001 | |
| 43 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 260 | 2710 | 051 | 004 | 001 | |
| 44 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 283 | 3009 | 040 | 004 | 001 | |
| 45 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 307 | 3337 | 029 | 004 | 001 | |
| 46 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 332 | 3705 | 017 | 004 | 001 | |
| 47 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 358 | 4113 | 005 | 004 | 001 | |
| 48 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 385 | 4571 | 003 | 004 | 001 | |
| 49 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 413 | 5089 | 001 | 004 | 001 | |
| 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 442 | 5667 | 001 | 004 | 001 | |

Nota: Se ha omitido la coma del decimal inicial.

B. Metodología de análisis proximal

a. Humedad

1. Pesar cápsula de aluminio en el que se depositara la muestra.
2. Pesar 2 gramos de muestra previamente homogenizada.
3. Colocar muestra en horno por 4 horas a 105°C.
4. Dejar enfriar la muestra por 2 horas.
5. Pesar nuevamente muestra más capsula de aluminio.

Cálculo de contenido de humedad

Ecuación 1. Cálculo del porcentaje de humedad en muestra

$$\left(\frac{B - C}{A}\right) * 100 = \% \text{ de Humedad}$$

- A= Peso de la muestra inicial (g)
- B= Peso de capsula + muestra húmeda (g)
- C= Peso de capsula + muestra seca (g)

b. Cenizas

1. Pesar crisol de porcelana.
2. Agregar al crisol previamente pesado 2g de muestra.
3. Quemar muestra en estufa bajo campana de extracción para evitar humo dentro de la mufla.
4. Colocar el crisol con muestra quemada en mufla a 600°C por 2 horas.
5. Dejar enfriar.
6. Pesar nuevamente el crisol conteniendo la ceniza.

Cálculo de contenido de ceniza

Ecuación 2. Cálculo del porcentaje de ceniza en muestra

$$\left(\frac{B - C}{A}\right) * 100 = \% \text{ de ceniza}$$

- A= Peso de la muestra inicial (g)
- B= Peso del crisol + ceniza(g)
- C= Peso del crisol (g)

c. Grasa

1. Pesar 8g de muestra en papel aluminio.
2. Trasladar los 8g de muestra a servilletas de papel para envolver la muestra para montar en el equipo soxhlet.
3. Pesar beaker de equipo soxhlet.
4. Agregar solvente Hexano al beaker y sumergir la muestra (Fase de inmersión).
5. Dejar en fase Inmersión por 90 minutos.
6. Pasar a fase de lavado y dejar por 90 minutos más.
7. Una vez terminado el lavado pasar a fase de recuperación por 90 minutos más.
8. Pesar beaker con la grasa recuperada hasta que el solvente este totalmente evaporado.
9. No desechar la muestra desgrasada ya que puede utilizarle luego para la determinación de fibra cruda.

*Cálculo de contenido de grasa

Ecuación 3. Cálculo del porcentaje de lípidos crudos en muestra

$$\left(\frac{B - A}{C}\right) * 100 = \% \text{ de Lípidos}$$

- A= Peso del matraz sin muestra (g)
- B= Peso del matraz con grasa (g)
- C= Peso de la muestra inicial (g)

d. Fibra cruda

1. Pesar 1g de muestra desgrasada y seca.
2. Colocar muestra en matraz y adicionar 200ml de solución de ácido sulfúrico y llevar a ebullición.
3. Llevar a ebullición por 30 minutos manteniendo constante el volumen con agua destilada y moviendo periódicamente el matraz para remover partículas adheridas a las paredes de matraz.
4. Instalar embudo con manta y realizar lavados con agua destilada.
5. Recuperar toda la muestra de la manta y agregarla al matraz nuevamente.

6. Agregar 200ml de solución de NaOH al 1.25% y dejar ebullición.
7. Llevar a ebullición por 30 minutos y moviendo periódicamente el matraz para remover partículas adheridas a las paredes de matraz.
8. Instalar embudo con manta y realizar lavados con agua destilada.
9. Recuperar toda la muestra de la manta y agregarla a crisoles previamente pesados.
10. Dejar secar la muestra en el horno.
11. Pesar crisoles más muestra seca.
12. Dejar crisoles en la mufla por 2 horas a 550°C.
13. Dejar enfriar.
14. Pesaje final de muestra.

Cálculo de contenido de fibra cruda

Ecuación 4. Cálculo del porcentaje de fibra cruda en muestra

$$\left(\frac{A - B}{C}\right) * 100 = \% \text{ de fibra cruda}$$

- A= Peso del crisol con residuo seco (g)
- B= Peso del crisol con ceniza (g)
- C= Peso de la muestra inicial (g)

e. Análisis de proteínas Kjeldahl

Preparación de la muestra:

1. Homogenizar adecuadamente la muestra
2. Pesar 0.25 gramos de muestra.

Procedimiento:

1. Añadir a un balón la muestra.
2. Al balón agregarle 6mL de ácido sulfúrico al 97% y media pastilla del catalizador Kjeldahl, poner en el equipo para que se realice la digestión, la muestra se pondrá de primero de color café, luego amarillo verdoso, y luego transparente. Cuando se encuentre transparente se retira. Dejar enfriar.
3. Agregar a Erlenmeyer 10ml de ácido bórico al 4% con indicador de rojo de metil.
4. Agregar al balón 20mL de NaOH y realizar una destilación por 20 min. Caerá en el Erlenmeyer anteriormente preparado.

5. Luego de destilar, lo que quedó en el ácido bórico titularlo con HCl, es importante saber la normalidad de la solución de HCL ya que será utilizada en el cálculo.

Cálculo de Nitrógeno en la muestra

Ecuación 5. Determinación de gramos de nitrógeno en 100g de muestra

$$g \text{ de } N_2 = [(V * 0,014) * N] * 100 = \frac{x}{P_0}$$

N = Normalidad del ácido de valoración

V = Volumen de ácido consumido

0.014 = Peso atómico del nitrógeno

P0: Peso de la muestra (g)

Cálculo de porcentaje de proteína en la muestra

Ecuación 6. Determinación de porcentaje de proteína a partir de gramos de nitrógeno.

$$N_2 * F = \% \text{ de proteína}$$

P2: Nitrógeno (g).

F: Factor proteínico 6.25