

UNIVERSIDAD DEL VALLE
DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Formulación de un producto de panificación tipo champurrada
por medio de sustitución parcial de harina de trigo por
harina de maíz de alta calidad proteica (QPM) y de maíz duro

Aura Regina Matheu Estrada

Guatemala
2007

Formulación de un producto de panificación tipo champurrada
por medio de sustitución parcial de harina de trigo por
harina de maíz de alta calidad proteica (QPM) y de maíz duro

UNIVERSIDAD DEL VALLE
DE GUATEMALA

Facultad de Ciencias y Humanidades



Formulación de un producto de panificación tipo champurrada
por medio de sustitución parcial de harina de trigo por
harina de maíz de alta calidad proteica (QPM) y de maíz duro

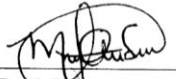
Trabajo de investigación presentado
por Aura Regina Matheu Estrada
para optar al grado académico de
Licenciada en Nutrición


Guatemala
2007


Vo. Bo.

(f.) 
Dr. Ricardo Bressani Castignoli
Asesor

Tribunal:

(f.) 
MSc. María Andrea Specher

(f.) 
MA. Lucía Castellanos de Rodríguez

(f.) 
Dr. Ricardo Bressani Castignoli

Fecha de Aprobación: 08/06/2007.

TABLA DE CONTENIDO

| | Pág. |
|---|------|
| Lista de cuadros | viii |
| Lista de gráficas | ix |
| Resumen | x |
| I. Introducción | 1 |
| II. Antecedentes | 2 |
| A. Descripción del consumo alimentario de la población Guatemalteca | 2 |
| 1. Situación económica de la población | 2 |
| 2. Disponibilidad de alimentos | 3 |
| 3. Consumo de alimentos | 6 |
| B. Características del maíz | 7 |
| 1. Tipos | 8 |
| 2. Composición química | 9 |
| a. Composición química de las partes del grano | 9 |
| b. Composición general del maíz | 9 |
| 1) Almidón | 9 |
| 2) Proteínas | 9 |
| 3) Aceites y ácidos grasos | 9 |
| 4) Fibra dietética | 10 |
| 5) Otros carbohidratos | 10 |
| 6) Minerales | 10 |
| 7) Vitaminas Liposolubles | 10 |
| 8) Vitaminas Hidrosolubles | 10 |
| 3. Valor nutritivo | 10 |
| 4. Formas de consumo | 11 |
| 5. Nixtamalización del maíz | 12 |
| C. Características del trigo | 12 |
| 1. Clasificación | 12 |
| 2. Composición química del trigo | 12 |
| a. Carbohidratos | 13 |
| b. Proteínas | 13 |
| c. Lípidos | 13 |
| d. Minerales | 13 |
| e. Vitaminas | 14 |
| D. Industria de panificación | 14 |
| 1. Harina de trigo | 15 |
| 2. Harina de maíz | 17 |
| 3. Harinas compuestas | 17 |
| 4. Otros ingredientes | 18 |
| a. Grasas | 18 |
| b. Lácteos | 18 |
| c. Azúcar | 18 |
| d. Huevos | 19 |
| e. Polvo de hornear | 19 |
| f. Sal | 19 |
| 5. Metodología básica para prepara pan dulce | 20 |
| a. Formación de masa | 20 |
| b. Fermentación | 21 |
| c. Cocción | 21 |
| 6. Champurradas | 22 |
| E. Evaluación del producto | 22 |
| 1. Evaluación nutricional | 22 |
| a. Calidad proteica del producto | 22 |
| 1) Digestibilidad proteica | 23 |
| 2) Utilidad biológica | 23 |
| 3) Puntaje químico | 23 |
| b. Evaluación de la calidad proteica en animales experimentales | 23 |
| 1) Métodos basados en el cambio de peso corporal | 24 |
| 2) Métodos basados en la retención de nitrógeno | 24 |

| | |
|--|----|
| 3) Métodos analíticos para la determinación de nitrógeno | 25 |
| c. Calidad proteica del producto | 27 |
| 2. Evaluación sensorial | 28 |
| a. Pruebas orientadas al consumidor | 29 |
| 1) Pruebas afectivas cualitativas | 29 |
| 2) Pruebas afectivas cuantitativas | 30 |
| a) Pruebas de aceptabilidad | 30 |
| b) Pruebas hedónicas | 30 |
| III. Justificación | 32 |
| IV. Objetivos | 33 |
| V. Hipótesis | 34 |
| VI. Metodología | 35 |
| VII. Resultados y discusión | 40 |
| A. Caracterización del maíz | 40 |
| B. Formulación de la harina de maíz | 41 |
| C. Análisis químico proximal de la harina de maíz | 42 |
| D. Formulación del producto | 43 |
| E. Análisis físico | 44 |
| F. Análisis sensorial | 49 |
| 1. Grupo focal | 50 |
| 2. Prueba hedónica | 51 |
| G. Análisis químico proximal de las champurradas | 52 |
| H. Análisis biológico | 53 |
| VIII. Conclusiones | 56 |
| IX. Recomendaciones | 57 |
| X. Bibliografía | 58 |
| XI. Apéndices | 58 |
| Apéndice No. 1: Análisis sensorial | 61 |
| Apéndice No. 2: Mediciones químicas | 63 |
| Apéndice No. 3: Análisis biológico | 67 |
| Apéndice No. 4: Gráficas del análisis químico proximal de las harinas | 68 |
| Apéndice No. 5: Receta modificada | 69 |
| Apéndice No. 6: Comentarios del grupo focal | 70 |
| Apéndice No. 7: Gráficas del análisis químico proximal de las champurradas | 73 |
| Apéndice No. 8: Datos intermedios | 74 |

LISTA DE CUADROS

| Nombre del cuadro | Pág. |
|---|------|
| 1. Composición química de las partes principales de los granos de maíz (%) | 9 |
| 2. Contenido de vitaminas en granos del trigo | 14 |
| 3. Composición de 100g de pan | 15 |
| 4. Composición de las harinas utilizadas en panificación | 16 |
| 5. Características y ventajas de los diferentes tipos de harina de trigo | 16 |
| 6. Porcentajes recomendados para grasa | 18 |
| 7. Porcentajes recomendados para azúcar | 19 |
| 8. Composición de 100 g de pan blanco | 27 |
| 9. Composición media en aminoácidos esenciales de la proteína del pan y del huevo | 27 |
| 10. Composición en aminoácidos esenciales de las fracciones proteicas del pan | 28 |
| 11. Niveles de sustitución de harina de trigo con harina de maíz | 36 |
| 12. Champurradas a elaborar, según grano de maíz, sustitución y tratamiento de la harina | 36 |
| 13. Resumen para la elección de cada champurrada | 38 |
| 14. Resultados de peso de 1000granos, porcentaje de flotadores y peso específico | 40 |
| 15. Pérdidas de cada tipo de maíz, según tratamiento | 41 |
| 16. Composición nutricional de la harina de maíz (100g. de muestra) | 42 |
| 17. Ingredientes para la elaboración de champurradas | 43 |
| 18. Observaciones realizadas durante la elaboración de las champurradas | 44 |
| 19. Promedios de las mediciones de diámetro, altura y peso de 10 muestras | 45 |
| 20. Resultados del análisis de varianza (95% nivel de confianza) entre todos los tipos de tratamiento y sustitución | 45 |
| 21. Resultados del análisis de varianza (95% nivel de confianza) para diámetro entre las champurradas y los diferentes tratamientos y sustituciones de harina respecto al control | 46 |
| 22. Resultados del análisis de varianza (95% nivel de confianza) para altura entre las champurradas y los diferentes tratamientos y sustituciones de harina respecto al control | 46 |
| 23. Resultados del análisis de varianza (95% nivel de confianza) para peso entre las champurradas y los diferentes tratamientos y sustituciones de harina respecto al control | 47 |
| 24. Resultados de la prueba de Tukey para diámetro | 48 |
| 25. Resultados de la prueba de Tukey para altura | 49 |
| 26. Resultados de la prueba de Tukey para peso | 49 |
| 27. Edades de los panelistas que participaron en la prueba | 51 |
| 28. Resultados de prueba hedónica por características evaluadas | 51 |
| 29. Prueba hedónica de nueve puntos para cada tipo de champurrada | 52 |
| 30. Composición nutricional de las champurradas (100g. de muestra) | 52 |
| 31. Composición de las dietas utilizadas en el análisis biológico | 54 |
| 32. Datos promedios determinados en ratas experimentales | 54 |
| 33. Razón proteica neta (NPR) en ratas experimentales | 55 |
| 34. Comentarios del grupo focal acerca de los diferentes tipos de champurradas | 70 |
| 35. Diámetro de las muestras | 74 |
| 36. Altura de las muestras | 74 |
| 37. Peso de las muestras | 75 |
| 38. Análisis de los datos obtenidos de la prueba hedónica para trigo | 75 |
| 39. Análisis de los datos obtenidos de la prueba hedónica para DCR 80/20 | 76 |
| 40. Análisis de los datos obtenidos de la prueba hedónica para PCO 60/40 | 76 |
| 41. Registro del crecimiento de ratas experimentales durante 14 días (peso en gramos) | 76 |
| 42. Registro del consumo total de alimento de ratas experimentales durante 14 días | 77 |

LISTA DE GRÁFICAS

| Gráficas | Pág. |
|---|------|
| 1. Tendencias del suministro de energía alimentaria | 4 |
| 2. Disponibilidad de los principales grupos de alimentos | 4 |
| 3. Procedencia de la energía según grupos de alimentos | 5 |
| 4. Resultados de macronutrientes, según tratamiento | 68 |
| 5. Resultados de energía, según tratamiento | 68 |
| 6. Resultados de macronutrientes, según tipo de champurrada | 73 |
| 7. Resultados de energía, según tipo de champurrada | 73 |

RESUMEN

El propósito de este estudio es elaborar un producto alimenticio con una mejor calidad nutricional por medio de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz duro y H-B Protracta y evaluar tanto el aspecto físico, sensorial y nutricional, como el efecto de la sustitución de harina de trigo por harinas procesadas de maíz duro y QPM en la champurrada. Las harinas de ambos tipos de maíz se usaron crudas, cocidas y nixtamalizadas, y se utilizaron cuatro niveles de sustitución de la harina de trigo, 0, 20, 40 y 60%.

A partir del análisis químico proximal se determinó qué tipo de harina de maíz presenta mejor calidad nutricional como materia prima. Las harinas de maíz HB-Protracta fueron mejores en contenido de proteína y valor energético que las harinas de maíz duro y trigo.

El alimento seleccionado para el estudio fue la galleta conocida como champurrada, la cual para este estudio fue constituida por 52% de harina, 28% de azúcar y 21% de grasa. Las champurradas fueron preparadas por un panadero con experiencia en la preparación de este tipo de producto.

Primero se realizó un análisis físico que consistió en medir el peso, diámetro y altura de la champurrada. De esto se pudo determinar que la utilización de harina de maíz duro afectó más la característica de diámetro, mientras que la utilización de harina de maíz HB-Protracta afectó más en el caso de la altura. No se observó relación directa entre el tipo de sustitución o tratamiento realizado a la harina de maíz y la característica de peso.

Se realizaron dos tipos de pruebas para el análisis sensorial, un grupo focal y una prueba hedónica. La primera consistió en determinar cuál de las 19 formulaciones elaboradas presenta propiedades organolépticas más agradables al consumidor. La champurrada DCR 80/20 y PCO 60/40 fueron las seleccionadas por el grupo focal como la formulación con mejores características sensoriales. A partir de los resultados del grupo focal, se realizó la prueba hedónica, que permitió determinar el grado de aceptabilidad de la formulación seleccionada por el grupo focal. En donde se pudo observar que la champurrada de PCO 60/40 fue casi tan aceptada como la de trigo.

Las champurradas de trigo y las compuestas por DCR 80/20 y PCO 60/40 fueron analizadas por su contenido de macro nutrientes. De esto se determinó que la sustitución de harina de trigo por harina de maíz redujo el contenido de proteína de la champurrada; en cuanto al contenido de grasa se observó un rango de 22 a 26%. En lo que respecta a contenido energético las champurradas de DCR y PCO fueron más altas que la de trigo.

Se evaluó la calidad proteica, utilizando el método NPR midiendo el cambio de peso de animales de laboratorio, asociado con la ingesta de una proteína específica. Se concluyó que la calidad proteica de la champurrada parcialmente sustituida es mejor al control, y es aún mejor la PCO 60/40 que la DCR 80/20.

A partir de los resultados obtenidos en el desarrollo de esta tesis se puede concluir que es posible elaborar un producto como la champurrada con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz duro a un nivel de sustitución 80/20 y sin realizar ningún tratamiento (crudo) y por harina de maíz HB-Protracta a un nivel de sustitución 60/40 con el tratamiento de cocción. Sin embargo, se recomienda realizar cambios a la formulación para mejorar aún más los atributos sensoriales.

I. INTRODUCCIÓN

En Guatemala existen grandes deficiencias de proteínas y energía en la población, sobre todo de escasos recursos. Es por esto que se han desarrollado productos diferentes como los nuevos genotipos de maíz con mejor calidad de proteína (QPM) como es el HB-Proticta. El propósito de esto es elaborar productos alimenticios con un contenido de proteínas superior en cantidad y calidad. En este caso, se escogió la champurrada ya que es un producto que es consumido por la mayoría de la población.

Se decidió elaborar un producto de panificación con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz duro y HB-Proticta para mejorar la calidad nutricional del producto. Aunque se encontró en la literatura que la sustitución no debe sobrepasar el 25% se decidió trabajar con tres sustituciones diferentes para determinar su efecto en las champurradas 80% trigo/20% maíz, 60% trigo/40% maíz y 40% trigo/60% maíz. También se realizaron tres tipos de tratamientos al maíz (crudo, cocido y nixtamalizado) para obtener harinas diferentes y observar su comportamiento. Se elaboró una champurrada con 100% harina de trigo para tener una muestra control que permite realizar la comparación de las muestras. Es importante mencionar que se trabajaron dos tesis sobre el mismo tema, una que permite comparar los resultados de champurradas con maíz duro y un QPM y otra para comparar un maíz suave y un QPM.

El propósito de este estudio fue desarrollar un producto nutricionalmente mejorado por medio de sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz QPM y maíz duro que tuviera características sensoriales aceptables para el consumidor.

II. ANTECEDENTES

A. Descripción del consumo alimentario de la población guatemalteca

1. Situación económica de la población La situación socioeconómica actual en Guatemala es realmente alarmante y los niveles de pobreza en el país no han disminuido. A partir de la década de los 80's, esta situación se ha ido agudizando al grado que se estima que alrededor de un millón de familias se encuentran en pobreza extrema, medio millón de familias en pobreza no extrema y sólo medio millón se consideran, en términos generales, no pobres.

Para finales de 1989, se registraron niveles del 79.9% de la población total del país por debajo de la línea de la pobreza. Para el área rural había crecido en niveles del 86.8% y en el área urbana al 65%. A nivel de la República se encontraban en extrema pobreza el 59% en el área rural el 71% y en el área urbana el 36.4% (Laure, 1994). En 1991, la región nor occidental que incluye los departamentos de Huehuetenango y El Quiché, fueron los que presentaban el más alto porcentaje de población con pobreza extrema, 80%; seguido por la región norte, 75.6%.

Según la Encuesta de Condiciones de Vida (ENCOVI 2000), el 56.19% de la población guatemalteca es pobre y el consumo total anual de estas personas está por debajo de la línea general de pobreza, estimada en Q4,318.00 anual. Además el 15.69% de guatemaltecos subsiste en condiciones de extrema pobreza. No tienen los recursos para satisfacer las necesidades mínimas de alimentación, estimadas en Q1 mil 911 al año.

Por otro lado, según el Informe de la Situación de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Guatemala, el suministro global de alimentos es insuficiente para cubrir las necesidades mínimas de la población (OPS/INCAP, 2003).

Factores como salarios muy bajos y el mínimo aumento que se ha dado a éste en los últimos años, el incremento considerable de los precios especialmente los precios de algunos bienes de la canasta básica, el aumento del desempleo y subempleo, entre otros, son factores muy importantes que han contribuido a esta situación.

El problema alimentario nutricional en Guatemala es multicausal. Son muchos los factores condicionantes sociales y biológicos que se interrelacionan entre sí y agudizan aún más el problema de la subalimentación. Se identifican como factores responsables directos del estado nutricional dos elementos de naturaleza estrictamente biológica, como el consumo de alimentos (aporte de energía y nutrientes) y la utilización biológica de estos alimentos por el organismo (Del Canto, 1982).

Con respecto al consumo de alimentos, se puede concluir que la población guatemalteca no logra satisfacer las necesidades energéticas ni las de vitaminas A ni hierro. Se considera suficiente el abastecimiento alimentario nutricional, expresado en energía, cuando se supera entre un 10-20% la cantidad requerida a nivel nacional. Así se logra compensar la desigualdad de la distribución de los alimentos y las pérdidas que se dan antes de consumirlos. Tomando en cuenta este criterio, existe un déficit alimentario a nivel nacional, lo cual provoca que se reduzca la ingesta energética de la población (Laure, 1994).

El INE y SEGEPLAN, 1991, estiman que el consumo aparente de energía *per cápita* a nivel nacional, es de 2074 kilocalorías, siendo el 94% del requerimiento energético promedio estimado para el país. Sin embargo, hay que tomar en cuenta que en Guatemala, existe un déficit alimentario bastante considerable ya que este promedio no toma en cuenta el comportamiento de los sectores de la población menos favorecida. La gravedad de los problemas alimentario-nutricionales es más aguda en las poblaciones en estado de pobreza, la cual es considerada como aquella «población carente de capacidades, derechos individuales y colectivos, con ausencia o inaccesibilidad a bienes y servicios, especialmente los de salud y educación». Dentro de esta pobreza son más vulnerables los grupos que dependen de la economía campesina, entendida como la pequeña producción destinada a autoconsumo y/o para el mercado interno local (García, 1989).

Las encuestas nacionales y los estudios realizados en Guatemala, a partir de 1965 hasta la actualidad, señalan los siguientes problemas de carácter nutricional: desnutrición proteico energética en niños menores de 5 años, y especialmente los menores de 3 años, los cuales integran el grupo de mayor vulnerabilidad nutricional y riesgo de enfermar. En este grupo de edad se presentan las tasas más elevadas de desnutrición proteico-energética. El retardo en crecimiento físico en escolares, se ha estudiado a través de los censos de talla en niños entre 7 y 9 años de edad, se considera un reflejo del impacto de situaciones socioeconómicas desfavorables sobre la salud, alimentación y nutrición de la población. Además se ha encontrado deficiencias de nutrimentos específicos: deficiencia de vitamina A, Yodo y Hierro.

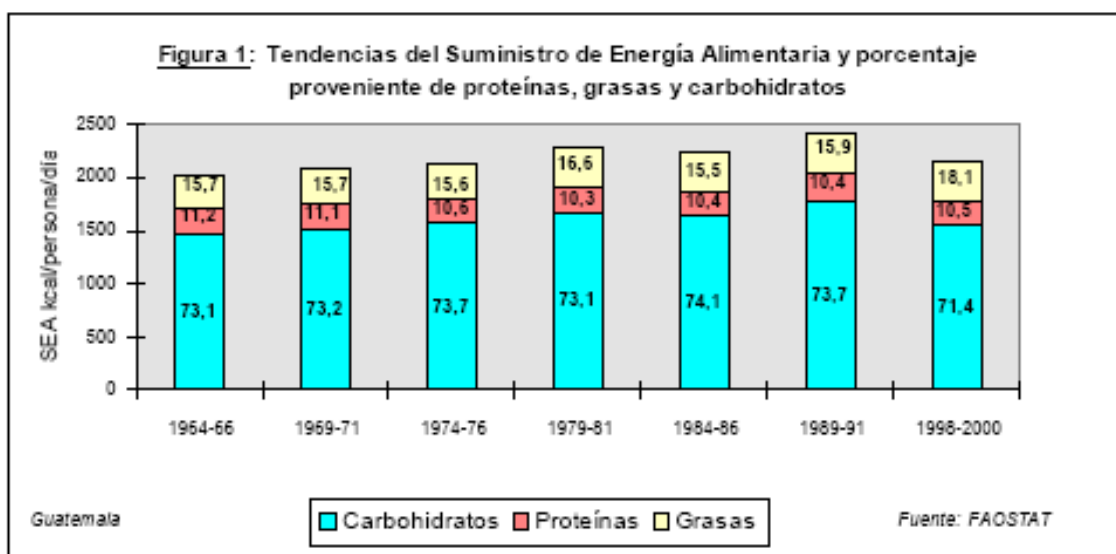
Lo anterior da una idea de los condicionantes de la situación de alimentación y nutrición de la población guatemalteca lo cual tiene grandes repercusiones en su desarrollo y calidad de vida, ya que una población desnutrida, inevitablemente tendrá baja capacidad de trabajo y mayor pobreza, creándose un círculo vicioso de pobreza-desnutrición, especialmente en áreas rurales y urbano-marginales.

2. Disponibilidad de alimentos. Según el Perfil Nutricional de Guatemala, de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), 2003, la disponibilidad de alimentos en Guatemala ha sido afectada principalmente por los eventos naturales y las políticas económicas agrarias inadecuadas. Estas limitaciones explican porque el comportamiento del Suministro de Energía Alimentaria (SEA) en los últimos años ha sido inestable. Además el SEA está por debajo de las necesidades nutricionales, lo que representa un riesgo de insuficiencia si, además, se considera la distribución desigual de estos suministros en la población.

En la Tendencia del Suministro de Energía Alimentaria se pueden observar variaciones durante los años, hay una disminución en la proporción de energía proveniente de los carbohidratos, mientras que la contribución de proteínas y grasas se ha incrementado levemente. La contribución porcentual de carbohidratos, proteínas y grasas a esta energía alimentaria se ajusta a lo recomendado en las Metas Nutricionales para América Latina en el caso de las proteínas, pero no así en el caso de grasas (contribución deficiente) y de carbohidratos (contribución levemente superior) (FAO, 2003). Como se puede observar en la siguiente gráfica, a pesar de que ha habido ciertos cambios en el consumo de los

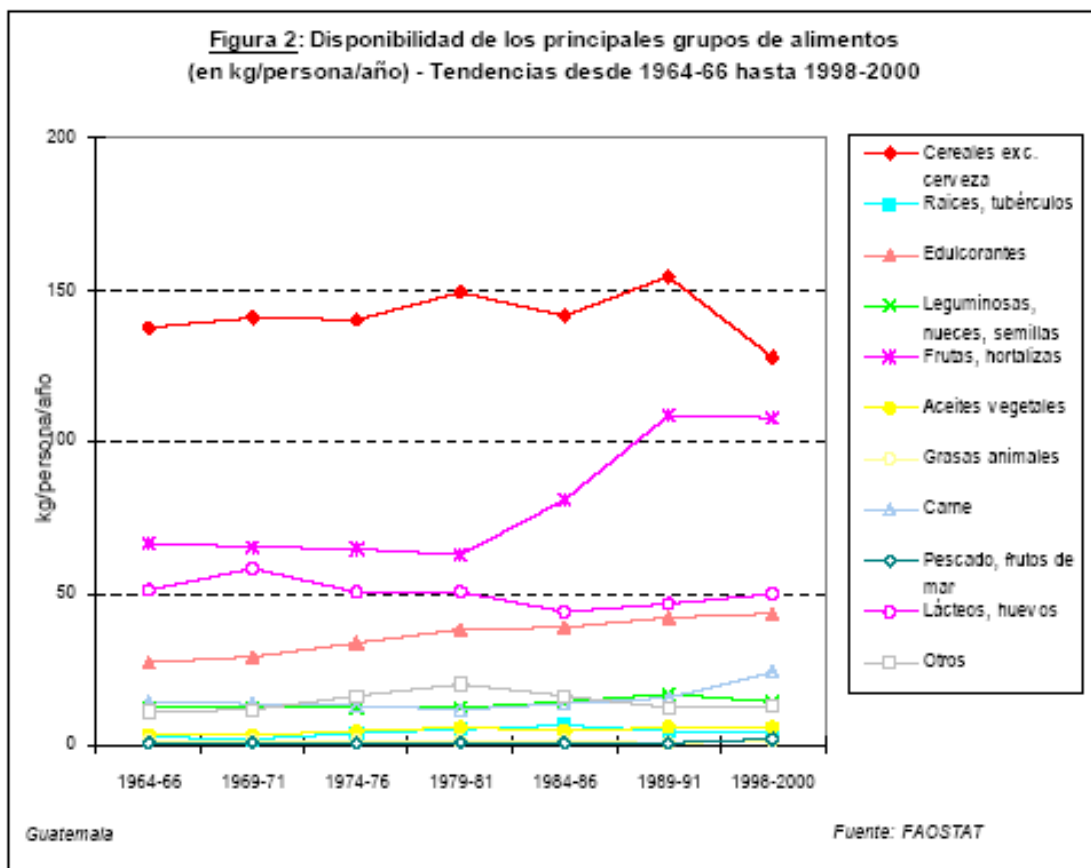
macronutrientes durante los últimos años, los carbohidratos siguen siendo la base de la alimentación de la población guatemalteca.

Gráfica No. 1: Tendencias del suministro de energía alimentaria



(FAOSTAT, 2003)

Gráfica No. 2: Disponibilidad de los principales grupos de alimentos

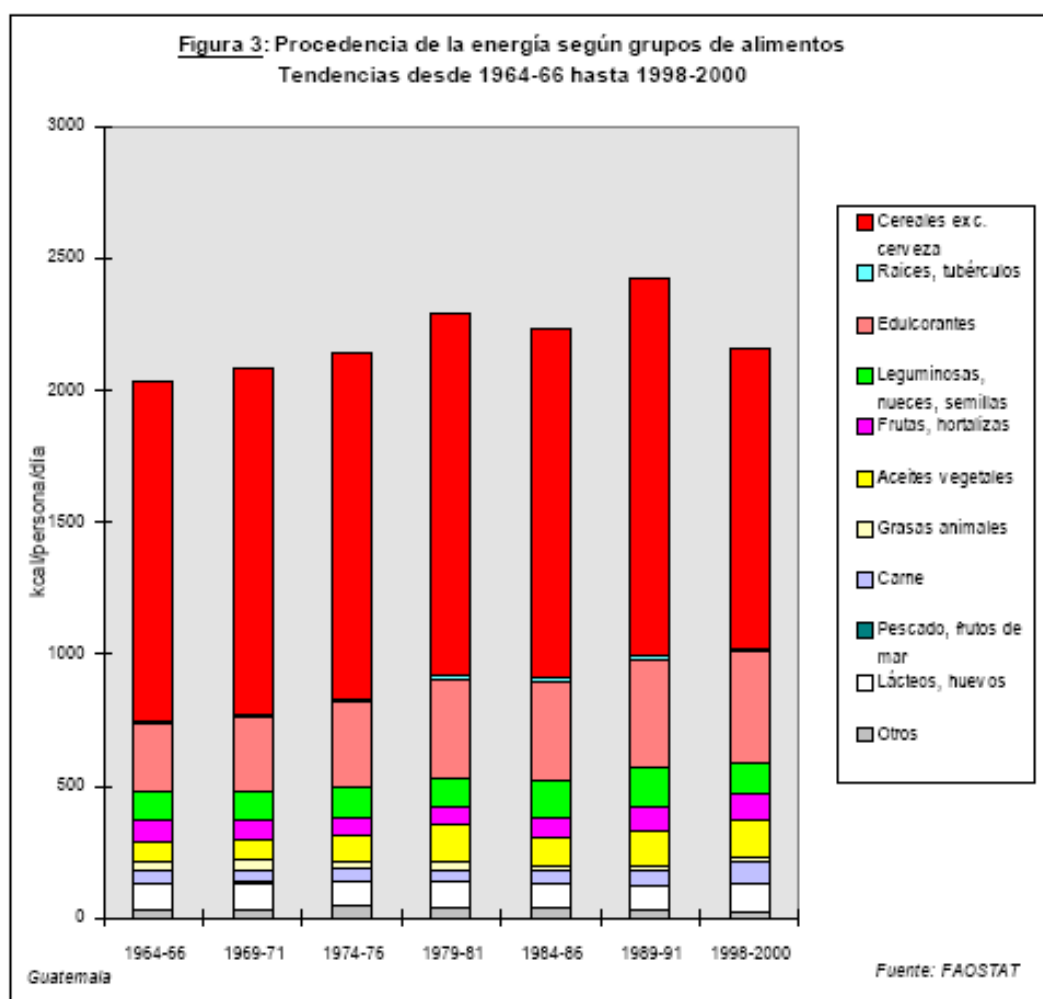


(FAOSTAT, 2003)

Los cambios descritos en el SEA se pueden explicar por los cambios registrados en las disponibilidades de los principales grupos de alimentos durante el mismo período. Las disminuciones en el SEA en el último período 1989-91 y 1998-2000 se pueden explicar a una caída en las disponibilidades de cereales y por una disminución en las disponibilidades de hortalizas y frutas. Este descenso se vio compensado por un aumento discreto en las disponibilidades de lácteos, huevos y carnes y un estancamiento en las disponibilidades de edulcorantes y de leguminosas, nueces y semillas (FAO, 2003). Sin embargo, hay que considerar que no se refiere al consumo real de todos los sectores ya que la distribución es bastante desigual en la población, además a la fecha no se cuenta con datos de consumo real de alimentos a nivel de hogar y con representación para el país (OPS/INCAP, 2003). Esto quiere decir que aunque la disponibilidad de lácteos, huevos y carnes fue mayor en los últimos años, la mayoría de personas no tienen el poder adquisitivo para incluirlas en su alimentación diaria.

Según el informe sobre la Situación de Seguridad Alimentaria y Nutricional de Guatemala, la variabilidad en las disponibilidades de cereales da una idea de que éste es uno de los grupos de alimentos que más dinamiza el comportamiento de SEA en el país. Estas tendencias en las disponibilidades, al ser expresadas en términos de alimentos específicos muestran que, en 1995, solo la disponibilidad de maíz fue suficiente para cubrir las necesidades de la población (OPS/INCAP, 1999).

Gráfica No. 3: Procedencia de la energía según grupos de alimentos



(FAOSTAT, 2003)

En la gráfica anterior se puede observar la procedencia de la energía según los grupos de alimentos. Esta figura muestra que la mayor cantidad de kilocalorías proviene de los cereales a pesar de que ésta cantidad ha ido disminuyendo en los últimos años. Los alimentos de origen vegetal aportan en todos los períodos promediados el 90% o más del total de los SEA. Dentro de estos, los cereales aportan la mayor proporción de energía (cerca del 60% en todo el período), seguidos de los edulcorantes, leguminosas, nueces y semillas, aceites vegetales, frutas y hortalizas y, por último, con una contribución marginal el grupo de raíces y tubérculos.

Los productos de origen animal hacen una contribución al SEA menor del 10% en todo el período analizado, pero con una tendencia sostenida al aumento en los últimos dos períodos analizados (FAO, 2003).

Con base a lo anterior, se puede concluir que en Guatemala se necesitan alimentos de alto valor biológico, que estén disponibles, sean aceptados y que tengan un costo adecuado al poder adquisitivo de la población.

3. Consumo de alimentos. La dieta básica del guatemalteco se mantiene desde hace varios años por una asociación de cereal y leguminosa y bajas cantidades de proteína de alto valor biológico y grasas.

La Encuesta Nacional de Consumo Aparente de Alimentos, ENCA 1991, observa los mismos alimentos principales del patrón alimentario que los observados por la Encuesta Nacional de Nutrición de 1965. En 1991 siguen figurando los cereales como el fundamento de la dieta de los guatemaltecos, principalmente el maíz y sus derivados. El trigo bajo la forma de pan y pastas ha cobrado importancia (15% de los cereales consumidos) y el arroz aún muestra niveles de consumo marginales.

Durante el período de 1972 a 1987 el maíz fue considerado el cereal de mayor consumo, constituyendo el alimento primordial de la alimentación (OPS/INCAP, 2003). Según Bressani, en Guatemala el maíz y sus derivados proveen un promedio del 65% de las calorías diarias y 53% de la ingesta proteica, además el 69% de calcio, 51% del hierro, 15% de la vitamina A, 62% de tiamina, 36% de riboflavina y 54% de la niacina (Bressani, 1991).

En la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos Familiares, ENIGFAM 1998-1999, se describe el consumo por grupos de alimentos, en este se puede observar, que con relación al consumo de cereales y sus derivados, los utilizados por más del 20% de la población son: pan dulce y francés común, arroz, tortillas, pastas, maíz y galletas (OPS/INCAP, 2003).

Por otro lado, entre las leguminosas, el frijol figura como el más importante, pasando a ser junto al maíz la base fundamental del patrón alimentario de Guatemala. En 1991 su consumo era reportado por el 97% de los hogares (SEGEPLAN, 1991). Según los últimos datos disponibles (ENIGFAM 1998-1999), a excepción de la región metropolitana donde solamente el 52% informaron el consumo de esta leguminosa, el resto de regiones registró el consumo en más del 75% de los hogares, demostrando estos datos la importancia actual que mantiene el frijol en la dieta nacional, especialmente como complemento del maíz (OPS/INCAP, 2003).

Después de los cereales, las hortalizas y frutas representan, en términos de la cantidad consumida, los productos de mayor consumo en el país. Entre los alimentos fuente de proteínas de origen animal

destaca el consumo de huevo a niveles mucho más altos que el de derivados lácteos y carnes. Estos dos últimos grupos muestran niveles bajos de consumos, especialmente en el área rural, en las regiones más pobres y en los estratos de más bajos ingresos (SEGEPLAN, 1991).

El consumo *per cápita* de proteínas a nivel nacional es de 55 g/día, de los cuales aproximadamente el 23% es de origen animal, lo que representa una proporción especialmente baja (SEGEPLAN, 1991). En la encuesta Nacional de Nutrición de 1965, Guatemala mostraba los niveles más bajos de consumo de proteínas de buena calidad de todo el istmo.

El nivel de consumo de proteínas entre el área urbana y rural y entre los niveles de ingreso no muestra mayores diferencias, lo cual podría explicarse por el alto consumo de proteínas provenientes de cereales y leguminosas entre las familias de menores ingresos (FAO, 2003).

El análisis de aportes y adecuaciones nutricionales muestra, tanto para las diferentes áreas de residencia, para todas las categorías de ingreso o por región, que el grupo maíz y frijol destaca en importancia, tanto en la estructura proteica, como en la estructura energética de la dieta en toda Guatemala (FAO, 2003).

Como en encuestas anteriores, el consumo promedio de grasas se registra en cifras muy bajas. Este resultado desfavorece la adecuación energética de la dieta en general y del aprovechamiento biológico de otros nutrientes, en especial de carotenos y otras vitaminas liposolubles. La población rural, las regiones más pobres y los hogares con más bajos ingresos muestran los niveles de consumo más bajos. El azúcar blanca es otro de los alimentos de consumo generalizado, resultado este favorecedor si se considera su fortificación con Vitamina A (SEGEPLAN, 1991).

Con relación a las diferencias en el consumo por lugar de residencia se tiene que, con la excepción del maíz y el frijol, el consumo de todos los productos es mayor en el área urbana y en las categorías de ingresos más altas (SEGEPLAN, 1991).

Es por esto que se da la importancia de mejorar la calidad proteica de los cereales que son la base de la alimentación de la población guatemalteca.

B. Características del Maíz

Maíz es una palabra de origen indio caribeño que significa «lo que sustenta la vida». El maíz se conoce botánicamente como *Zea mays* y pertenece a la familia de las gramíneas. Se reproduce por polinización cruzada y la flor femenina (elote, mazorca, choclo o espiga) y la masculina (espiguilla) se hallan en distintos lugares de la planta. Las panojas son las estructuras donde se desarrolla el grano, produciendo de 300 a 1000 granos, que pesan entre 190 y 300g por cada 1000 granos. El peso depende de las distintas prácticas genéticas, ambientales y de cultivo (FAO, 1993).

El maíz, que es junto con el trigo y el arroz uno de los cereales más importantes del mundo, suministra elementos nutritivos a los seres humanos y a los animales y es una materia prima básica de la industria de transformación, con la que se producen almidón, aceite y proteínas, bebidas alcohólicas, edulcorantes alimenticios y, desde hace poco, combustible (FAO, 1993).

Según la FAO, el cultivo del maíz tuvo su origen en América Central, especialmente en México, de donde se difundió hacia el norte hasta el Canadá y hacia el sur hasta la Argentina. La evidencia más antigua de la existencia del maíz es de unos 7,000 años de antigüedad. La supervivencia del maíz más

antiguo y su difusión se debió a la plantación de las semillas. A finales del siglo XV, el grano fue introducido en Europa a través de España. Este cereal era un artículo esencial en las civilizaciones maya y azteca y tuvo un importante papel en sus creencias religiosas, festividades y nutrición.

Datos proporcionados por la FAO indican que el maíz se cultiva en todas las regiones del mundo aptas para actividades agrícolas y que se recoge en algún lugar del planeta todos los meses del año. La mayoría de las variedades modernas del maíz proceden de material obtenido en el sur de los Estados Unidos, México y América Central y del Sur. En Guatemala el cultivo de maíz se concentra en zonas del altiplano y zonas de la costa sur occidental y nor oriental.

1. Tipos de maíz. El maíz es a menudo de color blanco o amarillo, aunque también hay variedades de color negro, rojo y jaspeado. Hay varios tipos de grano, que se distinguen por las diferencias de los compuestos químicos depositados o almacenados en él (FAO, 1993).

La mayoría de las variedades del maíz son: maíz de vaina, flint, dentado, dulce, para poporopo, maíz harinoso, y maíz ceroso. Las características distinguibles entre cada variedad usualmente son diferencias en el endospermo (Aldrich, 1970).

Las variedades cultivadas fundamentalmente para alimentación comprenden el maíz dulce y el reventador, aunque también se usan en buena medida el maíz dentado, el amilácea o harinoso y el cristalino; este último también se utiliza para pienso (FAO, 1993).

El maíz harinoso es un grano con endospermo blando, los granos son grandes y suaves, y el endospermo es muy friable. Estas características son muy útiles en la preparación de alimentos (Matz, 1991). Es el que mas se cultiva en centro y sur América y se emplea mucho como alimento en México, Guatemala y los países andinos.

El maíz de tipo dentado tiene un endospermo calloso y vítreo a los lados y en la parte posterior del grano, en tanto que el núcleo central es blando. Según la FAO, es el maíz que mas se cultiva en los Estados Unidos. En el maíz dentado, la corona de los granos expone una concavidad pronunciada en la madurez, debido al encogimiento del endospermo mediante la humedad perdida. Aunque el grano es duro, no es tan duro como el del maíz flint.

El maíz flint tiene una semilla muy dura, esto se debe a que tiene una capa dura de almidón duro y de proteína debajo de la cáscara. La mayoría del maíz flint madura rápidamente (Matz, 1991).

El maíz ceroso no contiene cera como tal, pero su textura se debe a la presencia de grandes cantidades de amilopectina. Este maíz tiene un papel muy importante en la industria alimentaria (Matz, 1991).

El maíz de tipo cristalino posee un endospermo grueso, duro y vítreo, que encierra un centro pequeño, granuloso y amilácea (FAO, 1993).

El maíz Proticta es muy adaptable a distintas características agronómicas, es tolerante a enfermedades foliares y del fruto. Es un grano duro, con mejor peso por volumen y con un aspecto superior. Este maíz tiene el doble de calidad proteínica comparado con un maíz común y equivale al 90% de la calidad proteínica en relación con la que tiene la leche. Tiene más cantidad de lisina y triptófano comparado con otros maíces (Fuentes, *et. al.*, sin año).

2. Composición química del maíz:

a. Composición química de las partes del grano. Según Burge y Duensing, 1989, la cubierta seminal o pericarpio presenta un alto contenido de fibra cruda (87%), lo que a su vez está formado por hemicelulosa (67%), celulosa (23%) y lignina (0.1%). Por otro lado, el endospermo tiene niveles elevados de almidón (87%), proteínas (8%) y un contenido bajo de grasas crudas. El germen presenta un alto contenido de grasas crudas (33%) y un nivel elevado de proteínas (20%) y minerales (FAO, 1993).

Cuadro No.1 Composición química de las partes principales de los granos de maíz (%)

| Componente químico | Pericarpio | Endospermo | Germen |
|--------------------|------------|------------|--------|
| Proteínas | 3,7 | 8,0 | 18,4 |
| Extracto etéreo | 1,0 | 0,8 | 33,2 |
| Fibra cruda | 86,7 | 2,7 | 8,8 |
| Cenizas | 0,8 | 0,3 | 10,5 |
| Almidón | 7,3 | 87,6 | 8,3 |
| Azúcar | 0,34 | 0,62 | 10,8 |

(Watson, 1987)

El contenido de carbohidratos y proteínas de los granos de maíz depende del endospermo; el de grasas crudas y, en menor medida, proteínas y minerales, del germen. La fibra cruda del grano se encuentra fundamentalmente en la cubierta seminal (FAO, 1993).

El aceite de germen suministra niveles relativamente elevados de ácidos grasos (Bressani, 1990). Las proteínas del germen proporcionan una cantidad relativamente alta de determinados aminoácidos. El germen aporta pequeñas cantidades de lisina y triptófano, los dos aminoácidos esenciales limitantes en las proteínas del maíz. Las proteínas del endospermo tienen un bajo contenido de lisina y triptófano, al igual que las proteínas de todo el grano (Bressani, 1991).

b. Composición general del maíz

1.) Almidón: El almidón es el componente principal del maíz. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilasa y amilopectina que constituyen el 25-30% y el 70-75% del almidón respectivamente. La amilasa es una molécula esencialmente lineal de unidades de glucosa, mientras que la amilopectina son unidades de glucosa en forma ramificada. La composición del almidón viene determinada genéticamente (Boyer y Shannon, 1987).

2.) Proteínas: Después del almidón, las proteínas constituyen el siguiente componente químico del grano. En las variedades comunes, el contenido de proteína se encuentra entre 8 y 11% del peso del grano y se encuentra en el endospermo. La calidad nutritiva del maíz como alimento viene determinada por la composición de aminoácidos de sus proteínas. En el maíz común hay deficiencias de lisina y triptófano; aunque tiene alto contenido de leucina (FAO, 1993).

3.) Aceite y ácidos grasos: El aceite del grano de maíz está principalmente en el germen. El aceite de maíz tiene bajos niveles de ácidos grasos saturados (ácido palmítico y esteárico) y tiene niveles elevados de ácidos grasos poliinsaturados (ácido linoléico y oléico); el ácido linolénico y araquidónico sólo se ha encontrado en raras ocasiones (Bressani, 1990).

4.) Fibra dietética: Después del almidón, las proteínas, y las grasas, la fibra dietética es el componente que se encuentra en mayores cantidades. Se encuentran en el pericarpio y la piloriza y en menores cantidades en las paredes celulares del endospermo y del germen. En cuanto al salvado de maíz, éste está formado por un 75% de hemicelulosa, un 25% de celulosa y 0,1% de lignina, en peso en seco (Bressani *et al.*, 1989).

5.) Otros carbohidratos: El grano maduro contiene otros carbohidratos además de almidón. El total de azúcares varía entre el 1 y el 3%. La sucrosa es el elemento más importante y se encuentra principalmente en el germen. En los granos en vías de maduración hay niveles más altos de monosacáridos, disacáridos, y trisacáridos. Conforme va madurando el grano, disminuyen los azúcares y aumenta el almidón (Bressani *et al.*, 1989).

6.) Minerales: La concentración de cenizas en el grano de maíz es de aproximadamente, 1.3%. El germen es más rico en minerales que el endospermo ya que proporciona el 78% de todos los minerales del grano. El maíz contiene en su mayoría fósforo y tiene bajos niveles de calcio y de oligoelementos (FAO, 1993).

7.) Vitaminas liposolubles: El maíz tiene dos vitaminas liposolubles, la provitamina A o carotenoide y la vitamina E. Los carotenoides se encuentran principalmente en el maíz amarillo. La mayoría de los carotenoides están en el endospermo del grano y en pequeñas cantidades en el germen. La vitamina E se encuentra principalmente en el germen (FAO, 1993).

8.) Vitaminas hidrosolubles: Las vitaminas hidrosolubles se encuentran en la capa aleurona del grano de maíz y en menor medida en el germen y en el endospermo. El grano de maíz tiene cantidades variables de tiamina y riboflavina y su contenido está determinado por el medio ambiente y por las prácticas de cultivo. La niacina en el maíz se ha estudiado por su relación con la pelagra (Christianson *et al.*, 1968).

La asociación de la ingesta de maíz con la pelagra se debe a los bajos niveles de niacina del grano, aunque se ha demostrado experimentalmente que también son importantes los desequilibrios de aminoácidos, por ejemplo la proporción entre la leucina y la isoleucina, y la cantidad de triptófano asimilable. El contenido de niacina es distinto según la variedad de maíz. La niacina en el maíz está ligada, por lo que el organismo animal no se puede asimilar. El grano de maíz tiene bajos niveles de niacina, por lo que la ingesta de maíz está asociada con la pelagra (Gopalan y Rao, 1975; Patterson *et al.*, 1980).

El maíz no tiene vitamina B12, y en algunas ocasiones pequeñas cantidades de ácido ascórbico. La colina, el ácido fólico y el ácido pantoténico, se encuentran en concentraciones pequeñísimas (FAO/OMS, 1993).

3. Valor nutritivo del maíz: Los cereales tienen una gran importancia en la nutrición de millones de personas de todo el mundo. No sólo se les considerara fuente de energía, sino que, debido a su ingesta relativamente elevada en los países en desarrollo, éstos suministran cantidades notables de proteínas (FAO, 1993).

Según Bressani, en Guatemala el maíz y sus derivados proveen un promedio del 65% de las calorías diarias y 53% de la ingesta proteica, además el 69% de calcio, 51% del hierro, 15% de la vitamina A, 62% de tiamina, 36% de riboflavina y 54% de la niacina (Bressani, 1991).

Los granos de cereal tienen una baja concentración de proteínas y la calidad de éstas se halla limitada por la deficiencia de algunos aminoácidos esenciales, sobre todo lisina. Algunos cereales contienen un exceso de ciertos aminoácidos esenciales que influye en la eficiencia de la asimilación de las proteínas, como el maíz.

Todos los investigadores han coincidido, en que la adición simultánea de lisina y triptófano mejora considerablemente la calidad de las proteínas del maíz, como se ha demostrado experimentalmente con animales (FAO, 1993).

4. Formas de consumo de maíz: El maíz tiene tres aplicaciones posibles: alimento, forraje y materia prima para la industria.

Como alimento, el maíz se puede utilizar como todo el grano, maduro o no, o bien se puede elaborar con técnicas de molienda en seco para obtener un número relativamente amplio de productos intermedios. Entre estos productos encontramos la sémola de partículas de diferentes tamaños, sémola en escamas, harina y harina fina, que a su vez tienen un gran número de aplicaciones en una amplia variedad de alimentos (FAO, 1993).

El maíz cultivado en la agricultura de subsistencia continúa siendo utilizado como cultivo alimentario básico. El maíz es un importante alimento para muchos habitantes de países en vías de desarrollo, por lo que suministra una gran cantidad de nutrientes, más que todo calorías y proteínas.

En Guatemala el consumo de alimentos es limitado por el poder adquisitivo y la disponibilidad de alimentos. La dieta del guatemalteco está basada en la relación cereal/leguminosa, en donde el maíz y el frijol son la base. En el caso del maíz, se consume de muchas formas, desde la sémola para polenta y pan de maíz, maíz para poporopo, etc. (FAO, 1993).

El proceso de cocción del maíz en agua de cal es propio de México y América Central (Bressani, 1990), aunque actualmente se ha exportado la tecnología a otros países como los Estados Unidos. A partir del maíz cocido en agua de cal, se prepara una masa que es el ingrediente principal de muchos platos populares como el atole, y los tamalitos, pues se confeccionan envolviendo la masa en espaldas de maíz y cociéndola al vapor durante 20 a 30 minutos, para gelatinizar el almidón.

Habitualmente la masa se mezcla con hojas tiernas de chipilín, flores de loroco o frijoles cocidos, lo que mejora la calidad nutritiva del producto y su sabor (Bressani, 1990). La masa también se emplea para hacer tamales, una preparación más compleja por el número de ingredientes que contiene, la mayor parte de las veces carne de pollo o de cerdo añadida a la masa gelatinizada. También se utiliza como base de las enchiladas, los tacos (tortillas plegadas rellenas de carne, etc.) y las pupusas, que se hacen con queso fresco colocado entre dos capas de masa y que se hornean como las tortillas. Cuando la masa se fríe y condimenta, da alimentos como hojuelas de maíz y chilaquiles. Si se deja fermentar la masa durante dos días, envuelta en hojas de banano o plátano, da un alimento llamado pozol, a partir del cual se pueden fabricar diversas bebidas. Se ha afirmado que esa preparación tiene una elevada calidad nutritiva.

5. **Nixtamalización del maíz.** El proceso de nixtamalización se realiza cociendo el maíz en agua y cal. Este proceso contribuye a suavizar y desprender la cáscara del maíz, controla la actividad microbiana, además mejora la absorción de agua lo que aumenta la gelatinización de los gránulos de almidón. Esto hace más digeribles las proteínas del maíz (aumenta la biodisponibilidad de aminoácidos) y permite disponer de la niacina que se encuentra en el grano, además de agregar calcio y aumentar el contenido de fósforo, fibra soluble y almidón resistente. Por otro lado, disminuye el contenido de ácido fítico lo que permite la absorción de minerales. También distribuye la humedad y la cal en todo el grano, lo cual proporciona un sabor característico. Sin embargo, este proceso disminuye ligeramente el contenido de vitaminas presentes.

C. Características del trigo

El trigo (*Triticum* spp) es el término que designa al conjunto de cereales, tanto cultivados como silvestres, pertenecientes al género *Triticum*, que son plantas anuales de la familia de las gramíneas, ampliamente cultivadas en todo el mundo. La palabra trigo designa tanto a la planta como a sus semillas comestibles (Scade, 1975).

El trigo es uno de los tres cereales más producidos globalmente junto al maíz y el arroz, y el más consumido por el hombre en la civilización occidental desde la antigüedad. El grano del trigo es utilizado para hacer harina, harina integral, sémola, cerveza y una gran variedad de productos alimenticios.

La palabra «trigo» proviene del vocablo latino *triticum*, que significa ‘quebrado’, ‘triturado’ o ‘trillado’, haciendo referencia a la actividad que se debe realizar para separar el grano de trigo de la cascarilla que lo recubre (Scade, 1975).

El trigo se cultiva en todo el mundo, desde los límites del Ártico hasta cerca del Ecuador. Es adaptable a condiciones diversas, desde las xerofíticas, hasta las de la costa. Las variedades cultivadas que son de muy diferente genealogía y crecen bajo condiciones de suelo y clima muy variados, muestran características muy diversas.

El trigo que crece en la Tierra puede incluso superar la cantidad de todas las demás especies productoras de semillas, silvestres o domesticadas. Es la cosecha más importante de los Estados Unidos y el Canadá y crece en extensas zonas en casi todos los países de América Latina, Europa y Asia (Scade, 1975).

1. Clasificación. Según Stenvert, 1977, el trigo se puede clasificar según lo siguiente

- Por cosecha
- Según la textura del endospermo
- Según la dureza del endospermo
- Según su fuerza

2. **Composición química del trigo.** El grano maduro del trigo está formado por: hidratos de carbono, (fibra cruda, almidón, maltosa, sucrosa, glucosa, melibiosa, pentosanos, galactosa, rafinosa),

compuestos nitrogenados (principalmente proteínas: albúmina, globulina, prolamina, residuo y glutelinas), lípidos (ácidos grasos: mirístico, palmítico, esteárico, palmitooleico, oléico, linoléico, linolénico), sustancias minerales (K, P, S, Cl) y agua junto con pequeñas cantidades de vitaminas (inositol, colina y vitaminas del complejo B), enzimas (B-amilasa, celulasa, glucosidasas) y otras sustancias como pigmentos (Muller y Tobin, 1986).

Según Muller y Tobin, 1986, estos nutrientes se encuentran distribuidos en las diversas áreas del grano de trigo, y algunos se concentran en regiones determinadas. El almidón está presente únicamente en el endospermo, la fibra cruda está reducida, casi exclusivamente al salvado y la proteína se encuentra por todo el grano. Aproximadamente la mitad de los lípidos totales se encuentran en el endospermo, la quinta parte en el germen y el resto en el salvado, pero la aleurona es más rica que el pericarpio y testa. Más de la mitad de las sustancias minerales totales están presentes en el pericarpio, testa y aleurona.

a. Carbohidratos. El almidón es el carbohidrato más importante de todos los cereales, constituyendo aproximadamente el 64 % de la materia seca del grano completo de trigo y un 70 % de su endospermo. Forma 70% del grano de trigo en forma natural. Los carbohidratos presentes en los cereales incluye al almidón (que predomina), celulosa, hemicelulosas, pentosanos, dextrinas y azúcares.

El almidón está formado por dos componentes principales: amilosa en 25 a 27% y amilopectina (Muller y Tobin, 1986).

b. Proteínas. En las proteínas de los cereales se encuentran unos 18 aminoácidos diferentes. Las proporciones en que se encuentran y su orden en las cadenas, determinan las propiedades de cada proteína. Los alimentos preparados con trigo son fuentes de proteínas incompletas. Esto significa que pudiera contener los 8 aminoácidos esenciales pero no todos ellos en niveles adecuados, así que la combinación del trigo con otros alimentos proporcionaría una proteína completa. Sin embargo si se compara con otros cereales como el arroz y el maíz llegaríamos a la conclusión que tiene más proteínas.

La porción proteica del grano de trigo está localizada en el endospermo, embrión y escutelo en mayor abundancia.

c. Lípidos. El trigo está constituido de un 2 a un 23% de lípidos, el lípido predominante es el linoléico, el cual es esencial, seguido del oléico y del palmítico. La porción lipídica se encuentran de manera más abundante en el germen de trigo (Muller y Tobin, 1986).

d. Minerales. El trigo cuenta entre sus componentes con diversos minerales, la mayoría en proporciones no representativas, pero cabe mencionar el contenido de potasio, así como de magnesio, fósforo y azufre (Muller y Tobin, 1986).

e. Vitaminas. Entre los componentes del trigo se encuentran también las vitaminas, principalmente las del complejo B. En el siguiente figura aparecen los contenidos de vitaminas aporta el grano de trigo de la variedad dura.

Cuadro No. 2: Contenido de vitaminas en los granos del trigo

| | | | |
|-----------------|----------|----------------------|-----------|
| Tiamina | 4.3 Ug/g | Piridoxina | 4.5 Ug/g |
| Riboflavina | 1.3 Ug/g | Ac. Fólico | 0.5 Ug/g |
| Niacina | 54 Ug/g | Colina | 1100 Ug/g |
| Ac. Pantoténico | 10 Ug/g | Inositol | 2800 Ug/g |
| Biotina | 0.1 Ug/g | Ac. P-amino benzóico | 2.4 Ug/g |

(Muller y Tobin, 1986)

D. Industria de panificación

Bollería se denomina a una serie de productos alimenticios elaborados a base de harina, azúcar, materias grasas y otros alimentos. Las harinas se clasifican de acuerdo al tipo de trigo del que se obtiene de las cuales se obtienen diferentes tipos de pan. Existen dos divisiones de harinas según el trigo del que provienen: harinas duras y harinas blandas o suaves (Charley, 1987) (Morales, 1994).

Las harinas suaves, se utilizan para hacer panes más simples, según Morales existen aproximadamente 12 formas de pan dulce, como panes de manteca, panes tostados y champurradas; también para hacer galletas y pasteles. En la población guatemalteca las formas de pan dulce más conocidas son conchas, molletes, cachos y batidas. Los panes que provienen de harinas duras son los que casi siempre acompañan las comidas de la población guatemalteca. Entre los panes preparados con harinas duras están el pan de rodaja, pan de leche, pan desabrido y pan francés (Arévalos, 1994).

Aunque la composición es muy variable, puede considerarse como aproximada, la siguiente: carbohidratos (70-85%), proteínas (5-7%) y lípidos (7-25%). Son alimentos pobres en minerales y vitaminas. Otro aspecto importante es que los panes elaborados con harinas suaves poseen un nivel proteínico inferior a un producto elaborado con harina dura (Morales, 1994).

El pan se consume principalmente como una fuente de energía de bajo costo, al igual que la mayoría de cereales. El pan contiene alrededor de 40-45% de carbohidratos disponibles y tiene un valor energético de 900-1000kJ/100g. Debido a que se consumen cantidades considerables de pan, sus otros constituyentes contribuyen también en forma notable a la diaria ingestión de nutrientes. El pan contiene entre 8-9% de proteínas y cantidades significativas de minerales y vitaminas (Fox, *et.al*, 2002).

Los nutrientes que se encuentran en los granos de trigo no están presentes en la misma proporción en todas las partes del grano, y así, un cambio en el índice de extracción de la harina produce cambios en la composición. En general, la harina sin modificar (a la que no se le añade ningún nutriente) de bajo índice de extracción contiene menores cantidades de Vitaminas B (tiamina, riboflavina y niacina) y hierro que la harina de un índice más alto de extracción (Fox, *et.al*, 2002).

A continuación se muestra la composición del pan preparado. Debido a que la composición del pan es algo variable, los valores dados no deben considerarse como constantes sino más bien como valores representativos:

Cuadro No.3: Composición de 100g de pan

| Nutriente | Pan Blanco | Pan moreno | Pan integral | Pan dulce de Guatemala |
|--------------|------------|------------|--------------|------------------------|
| Proteínas | 7.8 g | 8.9 g | 8 g | 6.2 g |
| Grasas | 1.7 g | 2.2 g | 2.7 g | 17.2 g |
| Azúcares | 1.8 g | 1.8 g | 2.1 g | 65.2g |
| Almidón | 43 g | 9 g | 36 g | |
| Fibra | 2.7 g | 5.1 g | 8.5 g | 1.1 g |
| Acido Fólico | 4 mg | 202 mg | 360 mg | -- |
| Calcio | 100 mg | 100 mg | 23 mg | 51 mg |
| Hierro | 1.7 mg | 2.5 mg | 2.5 mg | 3.2 mg |
| Tiamina | 0.18 mg | 0.24 mg | 0.26 mg | 0.13 mg |
| Riboflavina | 0.03 mg | 0.06 mg | 0.06 mg | 0.04 mg |
| Niacina | 1.76 mg | 1.86 mg | 1.7 mg | 0.42 mg |
| Energía | 990 kJ | 950 kJ | 920 kJ | 438 Kcal |

(Fox, *et.al*, 2002)

La cantidad de pan consumido varía grandemente entre las diferentes personas. El consumo total de pan por persona es mayor en las familias de bajos ingresos y con cuatro o más niños (Fox, *et.al*, 2002).

El pan es una importante fuente de proteína, desafortunadamente la proteína es de baja calidad y sólo contiene aproximadamente 3% de aminoácido esencial, lisina.

Los ingredientes para la elaboración de pan pueden ser divididos en: esenciales y opcionales. Los ingredientes esenciales son harina, levadura o polvo de hornear, sal y agua. Los ingredientes opcionales son azúcar, leche, margarina, enzimas, etc. (Charley, 2004).

1. Harina de trigo: El trigo generalmente es molido como harina para su utilización. Un gran porcentaje de la producción total de trigo es utilizada para el consumo humano en la elaboración de pan, galletas, tortas y pastas, otro tanto es destinado a alimentación animal y el restante se utiliza en la industria o como simiente (semilla); también se utiliza para la preparación de aditivos para la cerveza y otros licores (Prera, 2001).

Con el término harina se designa al producto de la molienda del grano de trigo, generalmente el blando, sin impurezas. Es el producto más importante derivado de la molienda de los cereales, especialmente del trigo maduro (Prera, 2001).

La harina es el ingrediente más importante en la panadería y se denomina el cuerpo del pan, sin ésta es imposible elaborarlo, por lo que es su componente más importante (Kira y Othmer, 1962).

La harina se obtiene moliendo los granos entre piedras de molino o ruedas de acero. En la actualidad se muele con maquinaria eléctrica. En el proceso de la molienda se separa el salvado y por lo tanto, la harina de trigo se hace más fácilmente digerible y más pobre en fibra, además se separa la aleurona y el embrión por lo que se pierden proteínas y lípidos, principales causantes del enranciamiento de la harina (Aykrod, 1970).

La harina de trigo es una buena fuente de hierro, tiamina, riboflavina, niacina, y excelente fuente de ácido fólico. En Guatemala hay programas de fortificación de la harina de trigo con hierro, vitaminas del complejo B y ácido fólico (Guamuch, sin año).

Las harinas que se utilizan para panificación están compuestas de varios elementos importantes, los cuales se presentan a continuación

Cuadro No. 4 Composición de las harinas utilizadas en panificación

| Componente | Composición |
|--------------------------------|-------------|
| Almidón | 69% |
| Proteína de gluten (insoluble) | 11% |
| Proteína soluble | 1% |
| Grasa | 1% |
| Azúcares | 2.5% |
| Sales minerales (cenizas) | 0.5% |
| Humedad | 15% |

(Prera, 2001)

Una harina especial para panificación debe tener las siguientes características (Charley, 1987):

- Color blanco-crema
- Producción de volumen
- Alto poder de absorción
- Uniformidad

Las propiedades de la harina de trigo, según INTECAP 2001 son las siguientes:

- Color: Esta característica depende de la naturaleza del trigo donde proceda, de la eficacia del sistema de limpieza del trigo, del grado de extracción, de finura y de la utilización de tratamientos químicos de decoloración.
- Extracción: Es la cantidad de harina que se obtienen después de la molienda; se puede obtener 72 a 76 Kg. de harina por cada 100 Kg. de trigo.
- Fuerza: Es la medida de la capacidad de una harina para producir una pieza de pan bien crecida y de gran volumen.
- Blanqueo: Se define como el grado de blancura de la harina.
- Tolerancia a la fermentación: Se define como la capacidad de una harina para soportar un proceso de fermentación durante un periodo de tiempo superior al que normalmente es necesario para alcanzar el grado correcto de maduración donde se obtiene un pan satisfactorio.
- Absorción: Se puede definir como la capacidad de absorber la mayor cantidad de agua dando un producto de características aceptables. En general, las harinas elaboradas a partir de trigo de buena calidad proteínica son las que tienen mayor absorción.
- Enriquecimiento: Esta característica depende de la utilización de harinas enriquecidas para la elaboración del pan.

Cuadro No. 5: Características y ventajas de los diferentes tipos de harina de trigo

| Tipo de harina | Características | Ventajas en panificación |
|------------------------|--|--|
| Harina de trigo duro | <ul style="list-style-type: none"> - Elevado grado de proteína - Color crema - Gran poder de absorción - Bajo contenido de cenizas - Proteínas gluténicas de calidad superior | <ul style="list-style-type: none"> - Mayor volumen - Proporciona una miga más firme - Mayor tolerancia a la fermentación - Mayor valor nutritivo |
| Harina de trigo blando | <ul style="list-style-type: none"> - Bajo porcentaje de proteínas - Bajo poder de absorción - Color más claro - Sedosas al tacto | <ul style="list-style-type: none"> - Proporciona mayor economía - Pan con miga más compacta - Menor valor proteínico |

(Prera, 2001)

2. **Harina de maíz.** La harina de maíz se utiliza en panificación para panes especiales y galletería. En la fabricación de pan, se debe mezclar la harina de este cereal con la de trigo, sin superar el 25% de la cantidad total (Prera, 2001).

En algunos países la harina de maíz se utiliza pura o mezclada con la de trigo para la elaboración de pan; al ser más pobre en gluten, resulta que tiene cualidades panificables inferiores respecto a la del trigo, y el pan que se obtiene es de deficientes características organolépticas. Una de las prácticas que se ha propuesto para abordar este problema es la adición de ácido ascórbico como mejorante, a razón de 5 mg/g, con lo que es posible obtener un producto terminado aceptable cuando el maíz no supera el 25% de la mezcla. El valor nutritivo del producto obtenido uniendo los dos cereales es mejor que el de cada uno por sí solo (Quaglia, 1991).

3. **Harinas compuestas.** La FAO define las harinas compuestas como mezclas elaboradas para producir alimentos a base de trigo, como pan, pastas y galletas. Las harinas compuestas pueden prepararse a base de otros cereales que no sea el trigo y de otras fuentes de origen vegetal, y pueden o no contener harina de trigo (Elías, L. Sin año).

Las investigaciones sobre molienda y horneado han demostrado que es técnicamente posible sustituir, por lo menos en parte, las harinas de cultivos como el maíz, el sorgo, el mijo o la yuca con harina de trigo.

En América Latina varios países han llevado a cabo investigaciones sobre harinas compuestas, pero solo Brasil utiliza una mezcla de harina de maíz y yuca. Una forma de obtener productos alimenticios con una textura consiste en hacer una harina compuesta de maíz y trigo.

La inclusión de harina de maíz en el pan de trigo se limita a un máximo de 10 o 20%, de lo contrario la calidad del pan sería inaceptable para los consumidores. Se ha demostrado la posibilidad de sustituir la harina de maíz por hasta 10% de harina de trigo sin cambios apreciables en la calidad del pan hecho de harinas compuestas. En el caso de los bizcochos, la sustitución puede ser mayor, hasta de un 30% (Elías, L. Sin año).

Debido a la diferencia en la composición proteínica del maíz comparado con el trigo, características como el volumen, estructura, miga, rendimiento y sabor del pan son inferiores al prepararse por combinaciones de ambos cereales. Los principales problemas durante la preparación se deben al menor poder de absorción afectando la formación del gluten y por consiguiente el volumen final del producto.

La planificación y el desarrollo de alimentos elaborados de harinas compuestas deben tomar en cuenta ciertos aspectos, los cuales son:

- Materia prima: Debe de ser local, si es posible, pues al importarla crea una dependencia, y se incrementa el costo final del producto (Elias, sin año).
- Evaluación de calidad: Esto comprende procedimientos de orden tecnológico (aceptabilidad y estabilidad del producto), nutricional (calidad y digestibilidad de la proteína y tolerancia por el consumidor, así como su efecto sobre la dieta), toxicológico y sanitario (Elias, sin año).
- Procesamiento y comercialización: Esto comprende el sistema de producción con respecto a la disponibilidad y características de la materia prima, así como la adición de suplementos y sabores.

La comercialización se refiere a la presentación, precio, estabilidad, envase y distribución (Elias, sin año).

4. Otros ingredientes

a. Grasas. Las grasas son una de las sustancias que con más frecuencia se emplean en panadería y pastelería. Entre las grasas utilizadas se encuentran: mantequilla, margarina, grasas vegetales y aceite. Las buenas grasas no solamente enriquecen al pan, sino que también cubren la miga con una especie de película que retiene la humedad, aumentando la vida útil del pan (Prera, 2001).

Las funciones de la grasa en panadería, según Charley, 1987, son las siguientes:

- Mejora la apariencia, la grasa se reparte entre los hilos del gluten en la masa produciendo un efecto lubricante, obteniendo una masa suave y agradable y la uniformidad de la masa es más pronunciada.
- Aumenta el valor nutritivo del producto.
- Mejora la conservación, la grasa disminuye la pérdida de humedad y ayuda a mantener fresco el pan.
- Mejora la corteza, la suaviza y la hace más tierna.
- Mejora el volumen, en cantidades superiores al 3% aumenta el volumen del pan.

El exceso de grasa puede traer efectos no deseados como:

- pérdida de volumen
- textura grasosa
- gusto grasoso
- facilidad a la rancidez.

Cuadro No. 6: Porcentajes recomendados para grasa

| Tipo de pan | Porcentaje |
|--------------|------------|
| Pan francés | 1-3% |
| Pan de molde | 4-6% |
| Pan integral | 1-2% |
| Pan dulce | 25-28% |
| Pan blando | 6-8% |

(Prera, 2001)

b. Lácteos. Según Prera 20001, las funciones desempeñadas por la leche en la panadería son:

- Mejorar el aspecto y color del pan, ya que la lactosa se carameliza.
- Ayuda a que se forme una corteza firme, ya que la leche capta humedad y la retiene, lo que evita que la humedad se vaya de la corteza del pan al medio ambiente.
- Aumenta el valor nutritivo del pan, gracias a la caseína, proteína que se encuentra en la leche.
- Mejora la conservación del pan.
- Mejora el sabor y el aroma del pan.

c. Azúcar. En panadería, se pueden clasificar las azúcares en dos categorías principales: azúcares simples y dobles. Las simples son provenientes de jarabes naturales como la miel, melazas,

maple y son fermentables mediante la levadura cuando se usan en masas. Las azúcares dobles son elaboradas a partir de remolacha azucarada y caña de azúcar (Prera, 2001).

Las funciones principales de los azúcares añadidos a las masas para pan son:

- Alimento para la levadura: el azúcar añadido es rápidamente consumido por la levadura, mientras tanto, las enzimas convierten el azúcar complejo en mono y disacáridos, los cuales pueden ser consumidos por la levadura, de esta manera se tiene una fermentación más uniforme.
- Colorante del pan: su color café característico, proviene de la caramelización de los azúcares residuales que se encuentran en la corteza de la masa, después de que la misma se ha fermentado.
- Actúa acentuando la formación del aroma y del color de la superficie.
- Aumenta el rango de conservación, ya que permite una mejor retención de la humedad, manteniendo más tiempo su blandura inicial y retrasando el proceso de endurecimiento (Prera, 2001).

Cuadro No. 7: Porcentajes recomendados para azúcar

| Tipo de pan | Porcentaje |
|--------------|------------|
| Pan de molde | 4-6% |
| Pan francés | 0-1% |
| Pan integral | 0-1% |
| Pan dulce | 25-28% |

(Prera, 2001).

d. Huevos. Los huevos batidos sirven como medio de incorporación de aire en los batidos y masas. Los huevos contienen proteína, la cual contribuye a la elasticidad del batido y a la estructura de productos horneados como muffins, panecillos y bollos de crema. La yema de huevo contiene un material graso que puede unir o emulsificar dos líquidos incompatibles, el agua y la grasa derretida (Charley, 1987).

e. Polvo de hornear. Según Charley, 1987, el polvo de hornear es una mezcla de distintos compuestos que tienen la propiedad de generar gas cuando se ponen en contacto con agua y se utiliza en lugar de la fermentación con levaduras.

El polvo para hornear sirve para realizar fermentaciones químicas en los productos. La fermentación química se realiza gracias a los compuestos químicos, que expanden y esponjan la masa en presencia de calor. Con ello se evita el tiempo de reposo para la fermentación biológica (Prera, 2001).

f. Sal. La sal ha sido un ingrediente importante en la panificación ya que mejora las propiedades de manejo de la masa y aumenta el volumen del pan. Basado en el peso de la harina, la cantidad de sal agregada a un producto de panificación debe ser del 1-2% (Charley, 2004).

En el caso de las masas fermentadas azucaradas debe de ser el 1.2%, en el pan elaborado por el método clásico de amasado, el 1.8%; y en el pan y pan de molde obtenidos por amasado directo entre el 2-2.2% (Quaglia, 1991).

La sal utilizada para la panificación debe responder las siguientes características:

- bajo costo por lo que se usa sal gorda, y no sal refinada o molida.

- su solución acuosa debe ser limpia y sin sustancias insolubles depositadas en el fondo
- debe contener pequeñas cantidades de sales de calcio y de magnesio
- debe ser salada no amarga (Quaglia, 1991).

La sal actúa sobre la formación del gluten, ya que la gliadina, uno de sus dos componentes, tiene menor solubilidad en el agua con sal, lo que da lugar a una masa con mayor formación de gluten. También aumenta la compacticidad de la masa, haciéndola más fácil de trabajar. Por sus propiedades antisépticas, la sal actúa durante la fermentación, retardando las fermentaciones secundarias de los microorganismos productores de ácidos. Favorece la coloración de la superficie del pan, lo hace más crujiente y le da un aroma más intenso. También influye en la duración y en el estado de conservación del producto, debido a su higroscopicidad.

5. Metodología básica para preparar pan dulce. La panadería o panificación es una de las ocupaciones más antiguas, pero su desarrollo como industria moderna data de fines del siglo pasado. El pan se hace con una masa fermentada de harina, levadura, sal y agua. Según Morales, 1994, el procedimiento general para la elaboración de pan dulce conlleva los siguientes pasos esenciales:

- Pesado de los ingredientes
- Mezcla de los ingredientes
- Afinado de la masa
- Formación de bolas de masa
- Figuración y decoración
- Reposado
- Horneado

El procedimiento tiene variaciones según el tipo de pan dulce que se desee elaborar. Sin embargo, siempre debe tomarse en cuenta ciertos puntos críticos en la elaboración de pan dulce como el batido, que es la incorporación de aire a la mezcla de grasa con azúcar. Dicha incorporación ayuda a que la grasa quede uniformemente repartida en la mezcla, por lo que al hacerla debe agitarse muy rápidamente y en forma continua hasta que la mezcla vaya adquiriendo una consistencia muy fina. Otro punto de consideración es durante el afinado de la masa, ya que este tipo de masas no necesita mucho tiempo de amasado, sino solamente hasta formar una mezcla homogénea de ingredientes (Morales, 1994).

En el proceso de la elaboración de pan se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos:

a. Formación de la masa. La primera fase de elaboración es el mezclar el agua y la harina y los demás ingredientes previstos, que varían según el tipo de elaboración y el producto que se quiera obtener (Quaglia, 1991).

Durante el amasado, la harina absorbe agua; la calidad de agua absorbida depende de factores como granulometría, contenido proteínico, calidad, humedad de la harina, y la presencia simultánea de otras sustancias, el grado higrométrico del ambiente y del grado de consistencia que se quiera dar a la masa (Quaglia, 1991).

Durante la fase de amasado tienen lugar otros fenómenos no menos importantes que la hidratación, como son los procesos óxido-reductores debidos a la absorción de aire. Durante este proceso se expulsa parte del bióxido de carbono y se aprieta la masa (Quaglia, 1991), (Fox, *et.al*, 2002).

b. Fermentación. La fermentación se puede dividir en dos fases las cuales son: reposo y apresto. El reposo es el periodo de fermentación que transcurre entre el final del amasado y el pesado de la masa, durante el cual la pasta sufre una serie de transformaciones que le dan propiedades físicas que permiten cortarla y volverla. El apresto es el intervalo de tiempo comprendido desde que se le da vuelta o gira hasta la cocción (Quaglia, 1991).

c. Cocción del pan. Durante la cocción se lleva a cabo una serie de transformaciones físicas, químicas y biológicas, que permiten obtener al final un producto comestible y de excelentes características organolépticas y nutritivas (Quaglia, 1991).

La temperatura del horno y la duración de la cocción varían según el tamaño y el tipo del pan; la temperatura oscila entre 220-275°C, mientras que el tiempo de cocción varía según lo siguiente:

- 45-50 minutos para panes de 2000g
- 30-40 minutos para panes de 900g
- 20-30 minutos para panes de 500g
- 13-18 minutos para panes de tamaño pequeño

Una vez metida la pieza de masa en el horno, el calor se propaga del ambiente hasta el interior, atravesando la superficie superior y lateral (transmisión de calor por convección y conducción) y desde la base del horno atraviesa la superficie inferior; en el producto se establece un gradiente de temperatura con un máximo, inicialmente de 100°C (Quaglia, 1991).

En esta fase ocurre un movimiento (del interior al exterior) de moléculas de agua que, al llegar a la superficie se evaporan, por lo que la temperatura que se instaura en el producto tiende a disminuir hacia el interior (Quaglia, 1991).

Durante el desarrollo de la cocción existe una disminución de las moléculas de agua que alcanzan la superficie y se evaporan, y por ello existe un gradual aumento de la temperatura sobre la superficie externa que provoca la formación de la corteza, tanto más gruesa cuanto más dura esta fase de la cocción. Conforme aumenta la temperatura, el agua presente hace que los gránulos de almidón se hinchen y gelatinicen, y durante este periodo es probable que el almidón extraiga algo de agua del gluten. El gluten caliente es blando y carente de elasticidad, y el almidón gelatinizado sirve de soporte a la estructura de la hogaza. El gluten empieza a coagularse alrededor de los 74°C y la coagulación continua lentamente hasta el final del periodo de horneado (Quaglia, 1991).

La temperatura del interior de la hogaza nunca excede a la temperatura de ebullición del agua, a pesar de la elevada temperatura del horno. El agua y gran parte del bióxido de carbono y el alcohol que se forman en la fermentación escapan durante el horneado. Como resultado de la acción del calor y del vapor de agua sobre el almidón tiene lugar una formación considerable de dextrina en el exterior de la hogaza, los azúcares formados se convierten en caramelo, lo que le da el atractivo color moreno a la

corteza. Al final, en caso de que el flujo de agua cese completamente, se llega al punto de carbonización (Fox, *et.al*, 2002).

6. **Champurradas.** La champurrada es un tipo de galleta consumida por la mayoría de la población guatemalteca. Es un alimento que generalmente se consume a diario por varios sectores de la población (sectores económicos altos y bajos y área rural y urbana) también es consumida tanto por personas adultos como por niños.

Los ingredientes que se utilizan para su preparación son:

- harina de trigo
- azúcar, manteca
- leche
- sal
- polvo de hornear (INTECAP, 2001).

La preparación consiste en mezclar los ingredientes secos con los húmedos, sin amasar. Después se bolean y se colocan en bandejas las bolas y se hornean a 350° por 12 minutos.

E. Evaluación del producto

1. **Evaluación nutricional.** La evaluación nutricional que se realizará del producto será principalmente sobre su calidad proteica. Se realizarán mediciones químicas como métodos analíticos para la determinación de nitrógeno y biológicas como digestibilidad y utilización proteica.

Los requerimientos de proteína, están determinados por las necesidades de nitrógeno total y aminoácidos esenciales, necesarios para mantener la integridad de los tejidos y compensar las pérdidas de nitrógeno corporal. Las proteínas de los alimentos son indispensables para la vida y la salud. Sirven como fuente de aminoácidos y nitrógeno necesarios para la síntesis de compuestos tales como proteínas y péptidos, ácidos nucleicos y creatinina. Algunas proteínas y péptidos tienen funciones específicas importantes como enzimas, hormonas y proteínas transportadoras de diversas sustancias. Las proteínas también proveen energía para el organismo, cuando la dieta no contiene cantidades adecuadas de energía la síntesis proteica se reduce, hay mayor oxidación tisular de aminoácidos para generar energía y consecuentemente aumentan los requerimientos de proteína (Torún, 1994).

a. **Calidad nutricional de las proteínas.** La calidad nutricional de las proteínas de los alimentos depende de su digestibilidad por una parte y de la utilización biológica de las mismas una vez digeridas y absorbidas.

La utilización biológica depende primordialmente de la proporción relativa de los aminoácidos esenciales de la proteína, ya que el organismo requiere de éstos en cantidades y proporciones específicas conocidas determinando el llamado patrón ideal de requerimientos de aminoácidos. Una proteína es completa o tiene un patrón ideal cuando tiene todos los aminoácidos esenciales en proporciones adecuadas. Tal es el caso de las proteínas de la leche o del huevo. Entre más se acerca el contenido de aminoácidos de una proteína dada al patrón ideal, más alto es su índice de utilización. La

utilización de una proteína que tiene un patrón igual al ideal tiene una utilización biológica de 100% (Torún, 1994).

Si una proteína tiene déficit de uno o más aminoácidos esenciales en relación con el patrón ideal, su calidad biológica será más baja. El aminoácido esencial que esté en mayor déficit (aminoácido limitante) determina el valor de utilización de la proteína. Por ejemplo, si ésta contiene sólo 50% del contenido de lisina del patrón y 60% del triptófano, su valor de utilización será 50.

Las proteínas de los alimentos de origen animal son en general de alto puntaje de aminoácidos (cerca de 90% o más); además, son de alta digestibilidad. Las de origen vegetal, tales como los cereales y de semillas leguminosas, tienen en general puntajes significativamente más bajos, y su digestibilidad es también menor (Torún, 1994).

1) Digestibilidad proteica: Se le llama digestibilidad proteica a la proporción de las proteínas alimentarias cuyos aminoácidos son absorbidos en el intestino. La digestibilidad proteica se expresa como:

$$\text{Digestibilidad proteica} = \frac{(\text{N ingerido} - \text{N fecal})}{\text{N ingerido}} \times 100$$

2) Utilización biológica: Se refiere a las condiciones en que se encuentra el cuerpo que le permiten utilizar al máximo todas las sustancias nutritivas que está consumiendo. Esto dependerá del estado de salud de la persona, que está determinado, entre otras cosas por la higiene y saneamiento del medio ambiente y por la atención en salud (/OPSINCAP, 1991).

3) Puntaje químico: Se le llama así a la razón entre el contenido del aminoácido limitante de una proteína y el contenido en el patrón ideal.

$$\text{Puntaje químico} = \frac{\text{mg de aminoácido esencial / g de proteína en estudio}}{\text{mg de aminoácido esencial / g de proteína de referencia}} \times 100$$

El indicador que realmente representa la calidad nutricional de una proteína es el puntaje multiplicado por la digestibilidad. Este indicador coincide bien con indicadores biológicos determinados en animales experimentales, como el NPU o utilización neta proteica (Torún, 1996).

b. Evaluación de la calidad proteica en animales experimentales. El propósito de los ensayos con animales u otras metodologías para evaluar la calidad de la proteína es cuantificar la calidad nutricional como una característica de la proteína bajo prueba.

Todos los métodos usados comúnmente para evaluar la calidad de la proteína en animales de experimentación tratan de medir el cambio en la proteína corporal asociado con la ingesta de una proteína específica. A pesar de que no se ha demostrado que la composición corporal de ratas jóvenes alimentadas con varias dietas por un período limitado de tiempo sea consistente, es seguro que el porcentaje de la proteína corporal no sufre grandes variaciones y, por lo tanto, los cambios significativos en el peso total generalmente reflejan los cambios en la proteína corporal (Pellet y Young, 1980).

La razón agua y proteína en el cuerpo es probablemente una medida más constante que la proteína corporal expresada como porcentaje del peso corporal. Estimaciones de la proteína, del agua y del peso corporales, sin embargo, pueden por lo general, considerarse como medidas de los mismos cambios, y

pueden usarse más o menos alternadamente, aunque existen argumentos sobre la validez o utilidad de estas tres mediciones (Pellet y Young, 1980).

Existen dos métodos para determinar la calidad de la proteína:

1) Métodos basados en el cambio de peso corporal. Para determinar qué proporción entre cereal y leguminosa es la adecuada para obtener la mejor calidad de proteína se realizan experimentos biológicos alimentando a los animales con diferentes proporciones de los alimentos en estudio de modo que el organismo del animal determinará, por medio del aumento de peso y el Índice de Eficiencia Proteica (aumento de peso / peso de proteína consumida), cuál es la combinación óptima en términos de calidad proteica (Elías, 1969).

Este es el método más simple para determinar el valor nutritivo y consiste en medir la tasa de crecimiento de animales jóvenes alimentados con la dieta sometida a prueba. El Índice de Eficiencia Proteica (PER) varía con el nivel de proteína en la dieta.

Según Elías, 1969, las respuestas de los animales se han clasificado en cuatro tipos:

- Tipo I y II: la combinación no permite la complementación de aminoácidos. Esto sucede cuando se combina un alimento deficiente en cierto aminoácido con otro que también es deficiente en el mismo aminoácido.
- Tipo III: la combinación permite complementación proteica. Un alimento deficiente en determinado aminoácido es compensado con otro alimento que posee una adecuada cantidad de dicho aminoácido.
- Tipo IV: una de las dos fuentes de proteína es de valor proteico superior que la otra.

Según Pellet y Young, 1980, se deben tomar ciertas consideraciones cuando se trabaja con este método: el PER no estipula ningún margen de tolerancia en lo referente a la proteína para mantenimiento y, en consecuencia, los valores obtenidos no son proporcionales. Por lo tanto, el PER no es apropiado para estimar la calidad de la proteína en un sistema de clasificación, donde el múltiplo de calidad por cantidad se considera como proteína utilizable. Se conoce que el resultado es dependiente de la dosis, pero no se puede aplicar ninguna corrección porque es un método que utiliza un solo nivel, y no se puede utilizar ninguna prueba interna para rectificar su validez.

Dentro de los métodos basados en el cambio de peso corporal también se encuentra el método de Razón Proteica Neta (NPR). Este método representa una mejora sobre el PER en el sentido de que se usa un grupo control alimentado con una dieta libre de proteína. En la práctica, el NPR es comparable al Utilización Proteica Neta (NPU), método ampliamente conocido y utilizado, que se basa en la retención de nitrógeno. Difiere en el sentido en que el primero se estima a partir de los cambios en peso corporal, mientras que el segundo mide los cambios en nitrógeno corporal (Pellet y Young, 1980).

2) Métodos basados en retención de nitrógeno. Según Bender y Millar, 1953, el método más simple de los que usan la retención de nitrógeno como variable dependiente en un ensayo de evaluación de la calidad proteica, es el NPU. Este método mide la diferencia entre el nitrógeno del carcás (heces) de ratas alimentadas con una proteína de prueba y aquellas alimentadas con una dieta libre de proteína. El método que utiliza el análisis del carcás ha sido abreviado, determinando el

contenido de agua corporal y derivando la cantidad de nitrógeno a partir de la razón nitrógeno/agua de los animales previamente determinada.

$$\text{NPU} = \frac{\text{N retenido}}{\text{N ingerido}} = \frac{(\text{N ingerido}) - (\text{N fecal}) - (\text{N urinario})}{(\text{N ingerido}) - (\text{N fecal})} = \text{VB aparente}$$

El valor biológico representa el valor de aminoácidos absorbidos que son retenidos en el organismo (Brody, 1994).

El otro método es el de Balance de Nitrógeno, que determina el nitrógeno ingerido y el excretado por ratas alimentadas con dietas que contienen una proteína de prueba o una dieta libre de proteína, de manera que la retención de nitrógeno se estima indirectamente. Se obtiene mediante la diferencia entre el nitrógeno ingerido (I) y el nitrógeno excretado por orina (U), heces (F) y pérdidas por la piel (S).

$$\text{Balance de nitrógeno} = I - U - F - S$$

Esto también permite determinar la excreción de nitrógeno fecal y urinario de origen endógeno y metabólico. Por lo tanto, permite la determinación de la Digestibilidad Aparente (DA), Digestibilidad Verdadera (DV), Utilización Proteínica Neta (NPU) y Valor Biológico (VB) (Pellet y Young, 1980).

Según Pellet y Young, 1980, existen ciertas limitaciones de los procedimientos biológicos, a pesar de que éstos han sido ampliamente utilizados para evaluar la calidad proteínica:

- El resultado obtenido depende de los aminoácidos limitantes, de su disponibilidad y balance, y de la presencia o ausencia de otros materiales que pueden interferir con la evaluación. No suministra información acerca de otros aminoácidos esenciales y no esenciales de la proteína. Otros aminoácidos esenciales pueden estar presentes en concentraciones tan bajas como el aminoácido limitante, o en exceso relativo.
- Se obtiene un solo índice de evaluación que se aplica para una variedad de funciones de la proteína.
- Un ensayo en el laboratorio se lleva a cabo bajo condiciones estandarizadas que pueden ser distintas de aquellas que se encuentran en situaciones no experimentales. Se ha establecido que la utilización de la proteína varía con la cantidad de proteína y la historia dietética previa.
- Los resultados generalmente se extrapolan de los animales al hombre. Este es un problema ampliamente reconocido en los trabajos nutricionales. Aun cuando existe evidencia de que los resultados de muchos experimentos en ratas concuerdan con los obtenidos en humanos, la extrapolación no es necesariamente válida.
- Existe evidencia de estudios con ratas indicativos de que el exceso de un aminoácido puede afectar la utilización de la proteína. Por lo tanto, puede que exista diferencias entre los valores encontrados en el laboratorio y los que se obtienen en circunstancias prácticas de alimentación del hombre.

3) Métodos analíticos para la determinación de nitrógeno. La mayoría de los métodos biológicos para evaluar la calidad proteínica de los alimentos son evaluaciones de nitrógeno, pero se expresan como proteína cruda (N*6.25) (FAO/OMS, 1973).

El contenido proteínico de los alimentos se estima convencionalmente a partir de la cantidad de nitrógeno determinada por el método de Kjeldahl. El método macro Kjeldahl es para muestras difíciles

de homogenizar y el tamaño de la muestra puede ser de 1 a 3 g; la determinación semimicro está diseñada para cantidades pequeñas, menores a 300 mg. de material homogéneo (Pellet y Young, 1980).

Método de Kjeldahl (determinación del contenido en nitrógeno). En el análisis de alimentos, el método de Kjeldahl es el que ha alcanzado mayor importancia. Como consecuencia de su estructura a base de aminoácidos individuales, el contenido de nitrógeno de las proteínas varía sólo entre unos límites muy estrechos (15 a 18% y como promedio 16%). Para la determinación analítica del contenido en proteína total o "proteína bruta", se determina por lo general el contenido de nitrógeno tras eliminar la materia orgánica con ácido sulfúrico (método de Kjeldahl que data de 1883), calculándose finalmente el contenido de proteína con ayuda de un factor (en general 6,25). Se asume que el trióxido de azufre que se forma durante el tratamiento a altas temperaturas se adiciona como ácido de Lewis al grupo NH del enlace peptídico (base de Lewis) de la proteína, formándose el correspondiente ácido amidosulfónico. El ácido amidosulfónico es resistente a una posterior oxidación y se transforma en sulfato amónico por degradación. El sulfato amónico se determina a continuación, tras liberación del NH₃ y destilación, por medio de una valoración ácido-base (Lehninger, 1993).

La degradación oxidativa acelerada catalíticamente de compuestos orgánicos con ácido sulfúrico a temperaturas comprendidas entre 360 y 410°C se denomina tratamiento Kjeldahl. La degradación de grupos nitrogenados orgánicos funcionales tiene lugar dependiendo del compuesto que forme el nitrógeno a través de muchas etapas intermedias a sulfato amónico, ácido nítrico o nitrógeno elemental. En el tratamiento Kjeldahl de alimentos no se determinan sólo proteínas o aminoácidos libres, sino también ácidos nucleicos y sales de amonio. También se determina el nitrógeno ligado de compuestos aromáticos, como pirazina, ciclopentapirazina, pirrol y oxazol, así como el nitrógeno orgánico ligado de las vitaminas, tales como la B1 (tiamina), la B2 (riboflavina) y la nicotinamida. No obstante, como por lo general los alimentos sólo contienen cantidades traza de compuestos aromáticos nitrogenados y de vitaminas, el error así cometido se considera despreciable. Además, por este método no se determinan el nitrógeno nítrico, el cianhídrico, el de la hidracina, ni el del grupo azo, por lo cual el método es particularmente interesante y relativamente específico para la determinación de las proteínas (Lehninger, 1993).

Este método presenta varias ventajas:

- Es aplicable a todo tipo de alimento en general.
- Es el método más común, permite comparar fácilmente resultados con otros laboratorios.
- Determina todo el contenido de nitrógeno del alimento.
- El nitrógeno no proteínico puede ser analizado después de precipitar la proteína con ácido tricloroacético (Badui, 1997).

Según Badui, 1997, pueden haber varias limitaciones entre las cuales se encuentran las siguientes: pueden haber pérdidas de nitrógeno debido a la temperatura de digestión y al catalizador. El contenido de nitrógeno en la proteína puede variar considerablemente y por lo tanto el factor usado para convertir nitrógeno a proteína. El nitrógeno no proteico se debe tomar en cuenta ya que éste se mide junto con el proteico. Otra de las limitaciones es que se usan reactivos y condiciones peligrosas y es un proceso es largo.

c. Calidad proteica del producto. El pan es uno de los alimentos más completos y aporta cierta cantidad de todos los macronutrientes: proteína, grasa y carbohidratos, por ello es utilizado como complemento en la alimentación la mayoría de la población. El contenido de estos nutrientes variará dependiendo del tipo de pan.

Cuadro No. 8 Composición de 100 g de pan blanco.

| Componente | Cantidad |
|---------------|----------|
| Agua | 30.0 g |
| Proteína | 9.0 g |
| Lípidos | 20.0 g |
| Carbohidratos | 58.5 g |
| Calorías | 279 Kcal |

(Quaglia, 1991)

Según Quaglia, 1991, entre los carbohidratos, el almidón se encuentra en mayor porcentaje, pero están también presentes las dextrinas, disacáridos como maltosa y monosacáridos como la glucosa. Estas moléculas más simples de carbohidratos proceden de la degradación enzimática del almidón que se produce durante la fermentación de la masa y durante la cocción, confiriendo además a la parte superficial del producto, un aspecto tostado, olor característico y una apetecible corteza crujiente.

Con respecto a las proteínas, es importante determinar la cantidad y el tipo de éstas y la cantidad de aminoácidos presentes.

Cuadro No. 9: Composición media en aminoácidos esenciales de la proteína del pan y del huevo (g/100 g de proteína).

| Aminoácido | Huevo | Pan |
|----------------------|-------|-------------|
| Lisina | 6.83 | 1.99 (0.20) |
| Treonina | 4.54 | 2.51 (0.55) |
| Valina | 1.59 | 1.08 (0.68) |
| Metionina | 3.07 | 1.38 (0.45) |
| Isoleucina | 5.19 | 3.90 (0.75) |
| Leucina | 8.21 | 7.16 (0.87) |
| Fenilalanina | 5.05 | 4.78 (0.95) |
| Índice de AAE | 100 | 58 |
| Aminoácido limitante | | LISINA |

(Quaglia, 1991)

El Cuadro No. 9 hace referencia a la composición en 100 g de proteína del pan y 100 g de éstas en el huevo, información entre paréntesis, en éste, se indica la relación entre el contenido de los distintos aminoácidos presentes en los dos tipos de proteínas: el valor más bajo de tal relación determina el aminoácido limitante, la media de las relaciones relativas a todos los aminoácidos esenciales definen el Índice de Aminoácidos Esenciales (AAE).

De lo anterior se puede establecer que el aminoácido limitante es la lisina y que el índice de AAE es igual al 58%, siendo éste un valor inferior al de los alimentos de origen animal (mayor del 80%), pero comparable con otros alimentos de origen vegetal, entre los cuales está la cebada, el maíz y algunas hortalizas.

Las proteínas del pan no entran dentro del grupo de las de elevado valor biológico, sin embargo, hay que considerar que el pan difícilmente se consume solo, sino que normalmente se ingiere con alimentos de origen animal. Esta integración provee un aumento notable en el valor biológico.

El pan, aún siendo rico en algunos nutrientes presenta carencias especialmente en lo referente a aminoácidos esenciales, lo cual constituye una amenaza para la salud y nutrición de las personas con un alto consumo de este producto acompañado de un bajo consumo de productos de origen animal, ya que no logran llenar su requerimiento diario de proteína.

Según Matz, 1991, la composición en aminoácidos de las fracciones proteínicas influye en el índice químico que caracteriza el valor biológico de las mismas; más alto en la albúmina y globulina, y más bajo en la glutenina y gliadina. Las proteínas presentes en el pan en mayor cantidad son aquellas con menor valor biológico, confiriéndole características negativas al pan en cuanto a su valor biológico. En los últimos años se han realizado investigaciones sobre la selección genética de variedades de trigo con un mayor contenido de proteínas hidrosolubles o de lisina, es decir, el aminoácido limitante del trigo.

Cuadro No. 10: Composición en aminoácidos esenciales de las fracciones proteicas del pan (g/100 g de proteína)

| Aminoácido | Huevo | Albúmina | Globulina | Gliadina | Gluteina |
|----------------|-------|----------|-----------|----------|----------|
| Lisina | 7.03 | 3.60 | 3.84 | 0.56 | 1.67 |
| Treonina | 4.74 | 3.61 | 3.43 | 1.80 | 2.39 |
| Valina | 6.61 | 5.33 | 4.39 | 3.13 | 3.46 |
| Metionina | 3.12 | 1.88 | 1.22 | 0.95 | 1.29 |
| Isoleucina | 5.41 | 3.50 | 3.26 | 3.43 | 3.22 |
| Leucina | 8.56 | 6.39 | 6.36 | 5.73 | 6.15 |
| Fenilalanina | 5.22 | 3.51 | 3.72 | 4.88 | 4.13 |
| Índice Químico | 100 | 51 | 39 | 8 | 24 |
| AA limitante | | Lisina | Metionina | Lisina | Lisina |

(Quaglia, 1991)

En el cuadro anterior se puede observar que existen diferencias en la composición aminoacídica de la gliadina, la glutenina, la albúmina y la globulina. La gliadina resulta muy pobre en algunos aminoácidos esenciales, entre los cuales la lisina y la metionina son en ese orden sus aminoácidos limitantes. La glutenina, aun presentando un contenido más elevado de estos aminoácidos respecto a la gliadina, no alcanzan los valores de la albúmina y de la globulina (Quaglia, 1991).

En cuanto a los elementos inorgánicos, son tres los principales en el pan: calcio, fósforo y hierro. El fósforo presente, aproximadamente 150 mg/100 g de pan, no se puede utilizar completamente a causa del bajo contenido de calcio (13 mg en 100 g de pan). En los alimentos es fundamental no solo la presencia de calcio y fósforo, sino también su relación. Alimentos con un valor bajo en este índice, como el pan, en el cual el valor oscila entre 0.1 y 0.2 no son idóneos para la formación de huesos. Para obviar tal desequilibrio, en algunos países se procede al enriquecimiento de la harina (Quaglia, 1991).

2. Evaluación sensorial. La evaluación sensorial es la metodología más utilizada para evaluar, por medio de los sentidos, las características de un alimento. También es conocido con el nombre de *análisis sensorial*. Esta es una disciplina científica que se utiliza para evocar, medir, estudiar e

interpretar las respuestas a las propiedades de materias tal y como son percibidas por los sentidos del gusto, olfato y tacto al evaluarse características como: sabor, olor y textura, respectivamente.

La industria alimentaria moderna aprovecha la información obtenida mediante el análisis sensorial para el diseño y desarrollo de nuevos productos, reformulación por reducción de costos o cambio de ingredientes o equipo y control de calidad (Castellanos, 2003).

Las pruebas sensoriales se dividen en dos, según el objeto de estudio. Las pruebas empleadas para evaluar la preferencia, aceptabilidad o grado en que gustan los productos alimentarios, se conocen como pruebas orientadas al consumidor (pruebas afectivas). Las pruebas empleadas para determinar las diferencias entre productos o para medir características sensoriales se conocen como pruebas orientadas al producto (pruebas analíticas) (Witting, 1999).

En este caso nos enfocaremos en las pruebas orientadas al consumidor, específicamente se trabajará con grupos focales y pruebas hedónicas.

a. Pruebas orientadas al consumidor (pruebas afectivas). Son empleadas para evaluar o determinar la posible aceptación o preferencia del consumidor hacia un producto alimentario. Este tipo de test no requiere la participación de un panel entrenado, están enfocados a medir el gusto de las personas hacia un producto. Generalmente se utiliza un número ilimitado de personas que actuarán como jueces para predecir actitudes de una población determinada (Witting, 1999).

El principal propósito de las pruebas afectivas es valorar la respuesta personal (preferencia y/o aceptabilidad) del consumidor hacia un producto, un prototipo de producto o características específicas del producto (Meilgaard, 1999).

1) Pruebas afectivas cualitativas. Estas pruebas se refieren a aquellas que miden subjetivamente las respuestas de una muestra de consumidores hacia las propiedades sensoriales de un producto. Las pruebas cualitativas son utilizadas en las siguientes situaciones (Meilgaard, 1999):

- Para descubrir y entender las necesidades de los consumidores.
- Para valorar la respuesta inicial de los consumidores hacia un concepto de producto o un prototipo de producto.
- Para aprender la terminología de los consumidores al describir los atributos sensoriales de un concepto, prototipo o producto comercial. Las pruebas cualitativas afectivas permiten a los consumidores discutir los atributos del producto abiertamente.
- Para aprender acerca del conocimiento de los consumidores referente al uso particular de un producto.

Entre los métodos utilizados para realizar pruebas afectivas cualitativas se encuentran los grupos focales, panel focal y entrevistas.

En la prueba de grupo focal se utiliza un grupo de 10 a 12 panelistas, seleccionados con base en un criterio específico (usuario del producto, consumo demográfico, etc.) reunidos por 1 a 2 horas con un moderador de grupo. El moderador presenta el sujeto de interés (producto) y lleva la discusión utilizando un grupo de técnicas y dinámicas para descubrir tanta información como sea posible de los panelistas (Guía para grupos focales, 2001).

Para dirigir esta prueba es necesario un moderador, quien realiza las preguntas y un relator que anota las respuestas y comentarios que provengan de los miembros del panel. Aunque los comentarios y sugerencias puedan parecer subjetivos, se ha comprobado que contribuyen a la formulación de nuevos productos (Castellanos, 2003).

El investigador no participa en la producción de las ideas, ni evalúa, aprueba o desaprueba el contenido de lo que va apareciendo; sólo guiará la reunión dando la palabra, si ello es necesario, trayendo la conversación hacia la temática en cuestión si hay interrupciones serias, pidiendo que concreten o integren sus ideas si hay dispersión, etc. (Guía para grupos focales, 2001).

Es importante la elección del espacio físico para realizar la reunión. Es preferible un local neutro, pero, al mismo tiempo, que no los aleje demasiado del ambiente natural donde desarrollan sus vidas, pues ello crearía un factor de artificialidad inconveniente. Es aconsejable que la mesa sea redonda, pues facilita espacialmente la comunicación; si la mesa es rectangular, no conviene que el investigador se sienta en un frente como quien preside con autoridad (Guía para grupos focales, 2001).

Comúnmente dos o tres sesiones son necesarias para poder llegar a saber todo sobre el producto que se está estudiando. Se utiliza un resumen de estas sesiones, junto con videos y cintas de audio. Para presentar los resultados se debe hacer una interpretación de lo dicho por los panelistas y además se deben incluir todos los comentarios que hayan sido diferentes, agregando un conteo de aquellos que hayan sido iguales o muy parecidos (Castellanos, 2003).

Esta técnica puede utilizarse antes, durante y después de un proyecto de investigación para obtener la percepción y creencias que el grupo tiene sobre determinados servicios (Guía para grupos focales, 2001).

2) Pruebas afectivas cuantitativas. Estas pruebas son aquellas que determinan la respuesta de un grupo grande (50 ó varios cientos) de consumidores para un grupo de preguntas con respecto a preferencia, gusto, atributos sensoriales, etc. (Meilgaard, 1999). En estas se incluyen pruebas de preferencia, aceptabilidad y hedónicas.

a) Pruebas de aceptabilidad. La aceptabilidad es la expresión del grado de gusto o disgusto, cuando se pregunta acerca de un alimento o muestra preparada y consumida. En las pruebas de aceptabilidad, el producto es comparado con uno semejante (misma compañía) o el producto de la competencia, y se utiliza una escala hedónica para indicar el grado de aceptabilidad o inaceptabilidad, gusto o disgusto (Meilgaard, 1999).

Estas pruebas se emplean para determinar el grado de aceptación de un producto por parte de los consumidores. La aceptabilidad de un producto generalmente indica el uso real del producto (compra y consumo) (Castellanos, 2003). La aceptabilidad de un producto puede verse influenciada por una serie de factores entre los cuales están los factores fisiológicos internos que regulan el hambre y la sed.

b) Pruebas hedónicas. Se trata de averiguar el grado de satisfacción que el consumidor obtiene en un producto determinado, independientemente de que producto prefiera. Se utiliza para estudiar la posible aceptación del alimento.

Se pide al juez que luego de su primera impresión responda cuánto le agrada o desagradó el producto, de acuerdo a una escala verbal numérica que se encuentra impresa en una ficha. La escala

consta de 9 puntos, sin embargo, a veces es demasiado extensa por lo que se acorta a 7 ó 5 puntos (Wittig, 1999):

- 1= me disgusta extremadamente
- 2= me disgusta mucho
- 3= me disgusta moderadamente
- 4= me disgusta levemente
- 5= no me gusta ni me disgusta
- 6= me gusta levemente
- 7= me gusta moderadamente
- 8= me gusta mucho
- 9= me gusta extremadamente

Los resultados del panel se analizan por varianza, pero también pueden transformarse en puntaje y analizarse por cómputo.

III. JUSTIFICACIÓN

En Guatemala, la mayoría de la población vive en estado de pobreza y de pobreza extrema, los porcentajes más optimista hacen relación al 60 %. Esta situación agrava los problemas nutricionales de la población ya que ésta no tiene acceso a alimentos con alto valor nutritivo por la falta de poder adquisitivo, disponibilidad en los mercados locales o porque estos productos no son atractivos al consumidor.

Por otro lado, la población guatemalteca consume principalmente alimentos ricos en carbohidratos y presenta un consumo deficiente de otros nutrientes como proteínas de alto valor biológico. Entre los alimentos más consumidos por la población encontramos el maíz, en sus diversas preparaciones. Este cereal está incluido en la dieta de casi toda la población guatemalteca y en algunas poblaciones es el alimento en el cual se basa la alimentación diaria. Además, la mayoría de guatemaltecos consume una gran cantidad de productos de panificación, casi siempre estos acompañan las comidas. En el caso de la champurrada es un alimento consumido, tanto por adultos como niños y personas de bajos recursos.

Con base a lo anterior, se puede concluir que en Guatemala se necesitan alimentos de alto valor biológico, que estén disponibles, sean aceptados y que tengan un costo adecuado al poder adquisitivo de la población. Por lo que las champurradas es un alimento nutricional adecuado para este trabajo de tesis.

Con este trabajo de tesis se tratará de elaborar un alimento a base de maíz que sea nutricionalmente adecuado en base a la calidad proteica que se evaluará por medio de mediciones químicas y biológicas y que además presente propiedades sensoriales adecuadas para que sea agradable para la población. Se elaborarán dos tipos de champurradas con harina de trigo y sustitución parcial de harina de maíz.

IV. OBJETIVOS

A. General

Desarrollar un producto de panificación tipo champurrada por medio de la sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz.

B. Específicos

1. Establecer la sustitución parcial adecuada de harina de trigo por harina de maíz de alta calidad proteica (QPM) o maíz duro para la elaboración del producto
2. Determinar las características físicas, químicas y sensoriales del producto.
3. Determinar la utilización biológica del producto.
4. Determinar la aceptabilidad del producto por el consumidor.

V. HIPÓTESIS

La calidad proteica de las champurradas elaboradas por sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz de alta calidad proteica (QPM) y maíz duro es mayor a la champurrada elaborada con 100% harina de trigo.

El producto obtenido por sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz de alta calidad proteica (QPM) y maíz duro es aceptado por el consumidor.

VI. METODOLOGÍA

A. Diseño experimental

1. **Objeto de estudio:** champurradas elaboradas con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz de alta calidad proteica (QPM) o de maíz duro, cruda, cocida o nixtamalizada.
2. **Variables dependientes:** calidad proteica y propiedades sensoriales
3. **Variable independiente:** cantidad de harina de maíz de QPM o maíz duro que sustituye la harina de trigo.
4. **Objeto de comparación:** champurrada elaborada con 100% trigo.
5. **Parámetros de medición:**
 - a. **Físicos:** caracterización del maíz y peso, altura y ancho de las champurradas.
 - b. **Químicos:** humedad, cenizas, fibra, proteínas, carbohidratos y grasas
 - c. **Biológica:** Razón Proteica Neta
 - d. **Sensorial:** apariencia, olor, color y sabor y aceptabilidad general

B. Caracterización física de la muestra de maíz.

Se realizarán las siguientes pruebas a los granos de maíz que se van a utilizar.

1. **Peso de 1000 granos:** El peso de 1000 granos se estima según el número de granos en 50 gramos de maíz.
2. **Porcentaje de Flotadores:** El porcentaje de flotadores se obtiene poniendo 100 granos en un recipiente de vidrio conteniendo una solución de nitrato de sodio a 1.4%, y midiendo el número de granos que flotan.
3. **Peso Específico:** Poner 10 gramos de maíz previamente pesados en un cilindro con 50cc de etanol y medir el aumento en volumen, expresando la densidad en g/ml.

C. Elaboración de la harina de maíz.

Se trabajará con tres tipos de harinas de maíz, con distintos tratamientos:

1. **Cruda:** se utiliza maíz crudo, sin procesamiento.
2. **Cocida:** Se colocan 1000g de maíz en 4000cc de agua. Cocer por 60 minutos a ebullición. Lavar y dejar por la noche a reposo y separación. Lavar y colocar el maíz en un deshidratador de gabinete a una temperatura de 65°C hasta que se deshidrate completamente (2 días).
3. **Nixtamalizada:** Se colocan 1000g de maíz en 4000cc de agua con 10g de cal (1% de cal). Cocer por 60 minutos a ebullición. Lavar y dejar por la noche a reposo y separación. Lavar y colocar en un deshidratador de gabinete a 65°C hasta que se deshidrate completamente.

Moler el grano en un molino de discos. Mantener en refrigeración hasta que se utilice.

D. Formulación del producto.

Para la formulación de la champurrada se va a trabajar en la Panadería “Pan de Antaño”, la receta a utilizar será una receta tradicional guatemalteca, la cual se presenta a continuación:

1. Ingredientes de las champurradas:

- 3 libras de harina suave
- 24 onzas de azúcar
- 12 onzas de manteca
- 17 onzas de leche líquida
- ½ onza de sal
- 1 cucharada de vainilla
- 1 onza de polvo de hornear

2. Preparación

- a. Pesar correctamente los ingredientes
- b. Hacer pileta con los ingredientes secos
- c. En el centro colocar leche, azúcar y vainilla
- d. Incorporar la grasa e incorporar poco a poco harina hasta que quede una masa pareja. No amasar.
- e. Bolear de dos onzas el par.
- f. Colocar en bandejas engrasadas y apachar.
- g. Hornear a 350°F por 12 minutos aproximadamente

Cuadro No. 11: Niveles de sustitución de harina de trigo con harina de maíz:

| Harina de trigo (%) | Harina de maíz (%) |
|---------------------|--------------------|
| 100 | 0 |
| 80 | 20 |
| 60 | 40 |
| 40 | 60 |

En total se trabajará con 19 muestras de champurradas, según el grado de sustitución parcial, el tipo de grano, y el tratamiento de la harina: cruda, cocida y nixtamalizada.

Cuadro No. 12: Champurradas a elaborar, según tipo de maíz, sustitución y tratamiento de la harina

| Harina de maíz | 80/20 | 60/40 | 40/60 |
|--|--|-------|-------|
| Harina de maíz HB-Proticta cruda (PCR) | 1 | 1 | 1 |
| Harina de maíz HB-Proticta cocida (PCO) | 1 | 1 | 1 |
| Harina de maíz HB-Proticta nixtamalizada (PNI) | 1 | 1 | 1 |
| Harina de maíz duro cruda (DCR) | 1 | 1 | 1 |
| Harina de maíz duro cocida (DCO) | 1 | 1 | 1 |
| Harina de maíz duro nixtamalizada (DNI) | 1 | 1 | 1 |
| Total | 18 + Control (champurrada sin maíz) = 19 | | |

Se decidió elaborar un producto de panificación con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz duro y H-B Proticta para mejorar la calidad nutricional del producto. Aunque se encontró en la

literatura que la sustitución no debe sobrepasar el 25% se decidió trabajar con tres sustituciones diferentes para determinar su efecto en las champurradas.

E. Mediciones físicas

1. **Peso:** Se realizará la medición a 10 muestras del grupo control y de cada una de las combinaciones elegidas al azar con una balanza analítica con precisión de ± 0.005 . Luego se calculará el promedio y se determinará una diferencia significativa entre muestras por medio de un análisis de varianza.
2. **Diámetro:** Se medirán 10 muestras al azar del grupo control y de cada una de las combinaciones utilizando una regla con precisión de ± 0.005 cm. Se calculará el promedio y se determinará una diferencia significativa entre muestras por medio de un análisis de varianza.
3. **Grosor:** Se medirán 10 muestras al azar del grupo control y de cada una de las combinaciones utilizando una regla con precisión de ± 0.005 cm. Luego se calculará el promedio y se determinará una diferencia significativa entre muestras por medio de un análisis de varianza.

F. Metodología para análisis sensorial. Ver Apéndice No. 1

1. **Grupo focal.** Se va a realizar un grupo focal para determinar cuál combinación de harina de trigo con harina de maíz tiene mejor aceptabilidad por parte de los consumidores. Según los comentarios de los consumidores se mejorará la formulación de la champurrada.

a. Recursos:

- 1) Locación: Universidad del Valle de Guatemala, laboratorio de análisis sensorial.
- 2) Características de los panelistas: grupo de 6 panelistas, de ambos sexos, con edades entre 18 a 30 años de edad, entrenados previamente como panel sensorial.

b. Materiales y equipo:

- 1) 6 champurradas en combinación 80/20 de ambas sustituciones
- 2) 6 champurradas en combinación 60/40 de ambas sustituciones
- 3) 6 champurradas en combinación 40/60 de ambas sustituciones
- 4) 36 platos desechables pequeños
- 5) 36 vasos desechables pequeños
- 6) Servilletas
- 7) Agua pura
- 8) Cámara y Cassette de video

c. Procedimiento:

- 1) Introducción y presentación del moderador (a). Se notifica a los panelistas que la reunión sería grabada.
- 2) Discusión, utilizando la guía para grupo focal presentada en el Apéndice No. 1.
- 3) Cierre, agradecimiento por la participación, resumen de la discusión grupal y despedida.

- 4) Tabulación e interpretación de resultados: Interpretación de los comentarios realizados por los panelistas, conteo de comentarios parecidos o iguales.
- 5) Elección de la fórmula que haya tenido menos comentarios negativos y/o más positivos.

Según los resultados obtenidos en la medición de peso, grosor, diámetro y del grupo focal, se elegirá una champurrada de cada grano de maíz (HB-Proticta y duro), como se muestra a continuación:

Cuadro No. 13: Resumen para la elección de cada champurrada

| Harina de maíz | 80/20 | 60/40 | 40/60 |
|--|--|-------|-------|
| Harina de maíz HB-Proticta cruda | Se va a elegir solo una champurrada | | |
| Harina de maíz HB-Proticta cocida | | | |
| Harina de maíz HB-Proticta nixtamalizada | | | |
| Harina de maíz duro cruda | Se va a elegir solo una champurrada | | |
| Harina de maíz duro cocida | | | |
| Harina de maíz duro nixtamalizada | | | |
| Total | 2 + Control (champurrada sin maíz) = 3 | | |

A las 3 champurradas, se le realizarán una prueba hedónica, análisis proximal y análisis biológico.

2. Prueba hedónica. Se va a evaluar el grado de aceptabilidad de la apariencia, aroma y sabor de la champurrada con la sustitución aceptada en el grupo focal.

a. Recursos

- 1) Lugar: Universidad del Valle de Guatemala, laboratorio de análisis sensorial.
- 2) Panelistas: grupo de 25 panelistas, de ambos sexos, con edades entre 18 a 50 años de edad.

b. Materiales y equipo:

- 1) 50 champurradas en la combinación elegida por grupo focal
- 2) 50 platos desechables pequeños
- 3) 50 vasos desechables pequeños
- 4) Servilletas
- 5) Agua pura

c. Procedimiento:

- 1) Se les solicitará evaluar la muestra, indicando cuanto les agradaba en una escala hedónica de 9 puntos.
- 2) Se utilizará la boleta para prueba hedónica, presentada en el Apéndice No. 1

d. Análisis de datos:

- 1) Las categorías se convertirán en puntajes numéricos del 1 al 9.
- 2) Se suma el número de panelistas con la misma respuesta, el resultado se multiplica por el puntaje numérico asignado a cada categoría y se suman todos los resultados.

G. Mediciones químicas. Se utilizará el análisis químico proximal por los métodos oficiales de la Association of Analytical Communities (AOAC). Ver Apéndice No .2

1. Determinación de humedad

2. Determinación de cenizas
3. Determinación de fibra cruda
4. Determinación de carbohidratos totales: Método de diferencia
5. Determinación de proteínas: Método de Kjeldahl:
6. Determinación de grasa: Método de Soxhlet

H. Metodología biológica. Ver Apéndice No. 3

1. Lugar del ensayo: bioterio del Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), sede Guatemala.
2. Duración del ensayo: 14 días para NPR y 4 días para DV.
3. Animales de experimentación: ratas machos destetadas, de 20 a 23 días de edad, 8 ratas por cada dieta.
4. Elaboración de la dieta control y experimental
5. Jaulas y distribución: se utilizaron jaulas individuales provistas de recipientes para alimentación. Para distribuir las ratas se realizó una distribución al azar para las dietas y las jaulas.
6. Composición de las dietas: se utilizaron tres grupos de animales para tres dietas diferentes
7. Registros: se llevaron registros del consumo de alimentos y el peso corporal de los animales semanalmente.
8. Método de Razón Proteínica Neta (NPR): a los 14 días, se calcula el NPR

$$\text{NPR} = \frac{\text{ganancia del animal bajo prueba} - \text{pérdida del animal control}}{\text{Proteína consumida por el animal bajo prueba}}$$

VII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se presentan los resultados obtenidos con base a la metodología antes explicada, así como la discusión de éstos.

A. Caracterización física del maíz.

A pesar del alto consumo de maíz en Guatemala, éste no provee los requerimientos que necesita el humano para su nutrición debido a su baja calidad proteica. Es por esto que se ha visto la importancia de producir nuevos genotipos de maíz con mejor calidad de proteína e introducir éstos como materia prima en la elaboración de alimentos de alto consumo nacional, como lo son las champurradas.

El maíz QPM es un tipo de maíz que tiene un gen mutante recesivo *o2* que contiene cerca del doble de dos aminoácidos esenciales, lisina y triptófano, en su endospermo. Esto mejora la calidad de las proteínas del maíz, el cual normalmente es uno de los cereales con calidad proteica más baja. Tiene un contenido de proteínas no solamente superior al del maíz común sino también considerablemente superior al de los demás cereales. Ésta es una variedad cristalina disponible en Guatemala.

El Maíz HB-Proticta es un tipo de maíz con alta calidad de proteína (QPM), que según el INCAP, tiene un valor de proteína que equivale al 90% del valor proteínico de la leche en calidad y digestibilidad. Así pues la producción y consumo de éste tipo de maíz influiría favorablemente en el estado nutricional de la población. Por otro lado, el maíz duro es un tipo de grano redondo, duro y suave al tacto, son preferidos para alimento humano y para hacer fécula de maíz. Es por éstas diferencias en los dos tipos de maíz (maíz duro y maíz QPM tipo HB-Proticta) que se decidieron utilizar para la sustitución parcial de harina de trigo en la elaboración de champurradas.

Como parte de la caracterización del maíz se realizaron tres pruebas: peso de 1000 granos, porcentaje de flotadores y peso específico. Estas pruebas se realizaron tanto para el maíz duro como para el maíz (QPM) HB-Proticta. A continuación se presentan los resultados de las tres pruebas.

Cuadro No. 14: Resultados de peso de 1000granos, porcentaje de flotadores y peso específico

| Muestra | Caracterización del maíz | | |
|------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------|
| | Peso en 1000 granos | Porcentaje de flotadores | Peso específico |
| Maíz duro | 452.4g ± 0.05 | 1.5% | 1.25g/mL ± 0.5 |
| Maíz HB-Proticta | 248.15g ± 0.05 | 1% | 1.22g/mL ± 0.5 |

El peso de 1000 granos se estimó del número de granos en 50 gramos de maíz. Éste sugiere el tamaño del grano de la variedad. Un peso de 1,000 granos bajo corresponde a una muestra con gran porcentaje de granos pequeños como el maíz HB-Proticta, y por el contrario un peso alto, se obtiene cuando los granos son grandes como en el caso del maíz duro.

El porcentaje de flotadores se obtuvo poniendo 100 gramos de maíz en un recipiente conteniendo una solución de nitrato de sodio al 1.4% y midiendo el número de granos que flotaban. Por medio del porcentaje de flotadores se puede determinar si el grano es suave (arriba de 80%), semi duro (40-80%), duro (25-48%) o muy duro (abajo de 25%). En éste caso se pudo determinar que tanto el maíz duro como el HB-Proticta son granos muy duros.

El peso específico se determinó poniendo 10 gramos de maíz previamente pesados en un cilindro con 50 cc de etanol y midiendo el aumento en volumen. Esto mostró que el grano de maíz duro tiene un peso mayor por unidad de volumen, mientras que el grano de maíz HB-Proticta tiene menor peso por unidad de volumen.

B. Formulación de la harina de maíz

El maíz utilizado fue dividido en tres para obtener harinas con diferentes tratamientos para la preparación de las champurradas, una parte se utilizó cruda, otra cocida y otra nixtamalizada. Este proceso se realizó para determinar qué tipo de tratamiento nos proporciona una harina de mejor calidad nutricional y funcional.

El maíz crudo se molió sin realizar ningún proceso previo. Por otra parte se realizaron dos tratamientos al maíz, una parte se coció en agua y la otra se nixtamalizó, ambas a presión atmosférica. La cocción se realizó en agua, hasta llegar a ebullición por una hora. La nixtamalización se realizó disolviendo 1% de cal en agua y cociendo hasta llegar a ebullición por una hora.

Como se explicó anteriormente, la nixtamalización influye en las características nutricionales y funcionales del maíz, como en la digestión de proteínas, aumento de fibra soluble, distribución de humedad, sabor y aroma del producto final, por lo que se espera observar diferencias significativas en el aspecto nutricional de las harinas de éste tipo.

Luego de este proceso se realizó el lavado explicado en la metodología, éste procedimiento facilitó la remoción de la cal residual y del pericarpio.

Durante todo el proceso existieron pérdidas del producto, esto se describe a continuación. En el Cuadro No. 15 se puede observar que se obtuvo menor pérdida del maíz crudo, esto se debe a que éste no llevó ningún tratamiento. Por otro lado, en el caso del maíz duro se obtuvo mayores pérdidas durante la nixtamalización, y en el maíz HB-Proticta fue durante el cocimiento, esto pudo deberse a que algunos granos se quemaron y otros se quedaron pegados en la olla donde se realizó el tratamiento. Además, el proceso de nixtamalización contribuye a suavizar y desprender la cáscara de maíz, por lo que era de esperarse que existieran ciertas pérdidas.

Cuadro No.15: Pérdidas de cada tipo de maíz, según tratamiento

| Tipo de Maíz | Tratamiento | Pérdida (g) |
|--------------|---------------|----------------|
| Duro | Crudo | 0 ± 0.5 |
| | Cocido | 1.0 ± 0.5 |
| | Nixtamalizado | 1.75 ± 0.5 |
| HB-Proticta | Crudo | 0.25 ± 0.5 |
| | Cocido | 1.25 ± 0.5 |
| | Nixtamalizado | 0.75 ± 0.5 |

Durante la elaboración de las harinas se observaron algunas diferencias, principalmente en el color causado por el tipo de tratamiento, las harinas de maíz nixtamalizado fueron las más oscuras, seguidas por las harinas de maíz cocido, y por último, las más claras fueron las de maíz crudo. Esto sucedió en los dos tipos de maíz.

C. Análisis químico proximal de la harina de maíz

Para determinar qué tipo de harina de maíz presenta mejor calidad nutricional como materia prima se realizó un análisis químico proximal para comparar los dos tipos de maíz (duro y HB-Proticta) y los tres tipos de tratamiento (crudo, cocido y nixtamalizado) y la harina de trigo. Este análisis se realizó en duplicado y se reportó el promedio.

Los resultados del análisis proximal se presentan en el Cuadro No. 16, en los cuales se observa la distribución de cada harina por 100g.

Cuadro No. 16: Composición nutricional de la harina de maíz (100g. de muestra)

| | DCR | DCO | DNI | PCR | PCO | PNI | Trigo |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------|
| Proteína (g) | 8.93±0.035 | 9.97±0.035 | 9.07±0.502 | 9.86±0.035 | 11.36±0.056 | 11.87±0.049 | 10.50 |
| Grasa (g) | 5.52±0.021 | 4.85±0.141 | 4.83±0.071 | 5.95±0.000 | 4.07±0.085 | 5.04±0.064 | 1.00 |
| Carbohidratos (g) | 65.81±0.240 | 67.24±0.163 | 71.63±0.728 | 71.55±0.148 | 67.79±0.056 | 69.35±0.120 | 76.10 |
| Humedad | 12.57±0.247 | 10.22±0.134 | 9.99±0.003 | 9.98±0.014 | 10.98±0.247 | 11.37±0.021 | -- |
| Cenizas (g) | 1.31±0.021 | 1.31±0.169 | 1.27±0.071 | 1.29±0.106 | 2.23±0.056 | 0.67±0.014 | 0.40 |
| Fibra (g) | 5.86±0.035 | 6.41±0.049 | 3.21±0.085 | 1.37±0.021 | 3.57±0.106 | 1.70±0.127 | -- |
| Energía (Kcal) | 349 | 352 | 366 | 379 | 353 | 370 | 364 |

DCR: Maíz duro crudo

DCO: Maíz duro cocido

DNI: Maíz duro nixtamalizado

PCR: Maíz HB-Proticta crudo

PCO: Maíz HB-Proticta cocido

PNI: Maíz HB-Proticta nixtamalizado

Para facilitar su comprensión, en el Anexo No. 4 se pueden observar dos gráficas, en la primera se agruparon los tres macronutrientes y en la otra se pueden observar los resultados de energía.

Existen varias diferencias en los promedios de los tres macronutrientes de los seis tipos de harinas. En el caso de las proteínas, se puede observar que la harina que más aporta este nutriente es la de PNI y la que menos aporta es la de DCR. Cabe resaltar que tanto para la harina nixtamalizada como para la cocida y la cruda, los valores de proteína fueron mayores en la harina de HB-Proticta que en la de maíz duro, estos resultados fueron los esperados ya que el maíz HB-Proticta es un tipo de maíz de alta calidad de proteína (QPM). Otro aspecto importante es que las harinas de HB-Proticta cocidas y nixtamalizadas tuvieron valores superiores a la harina de trigo por lo que se podría decir que estos tratamientos permiten obtener un mayor valor proteico. Los valores obtenidos para todas las harinas estuvieron dentro del rango esperado de 8 a 11g, en el caso de las harinas PCO y PNI fue mayor. Hay que recordar que la calidad de la proteína del maíz HB-Proticta es superior específicamente por su contenido de lisina y triptófano.

En cuanto al contenido de grasa, las harinas que más aportan este nutriente son las de PCR y DCR y las que menos son las de PCO y trigo. Se puede notar que no existe mucha diferencia entre los valores de las harinas de maíz, sin embargo, cabe mencionar que los valores más altos se obtuvieron de las harinas crudas, para los dos tipos de maíz, por lo que se podría decir que durante el tratamiento de cocción y nixtamalización se pierde una mayor cantidad de este nutriente. La grasa de la harina de trigo fue mucho menor a la de las harinas de maíz, y está constituida principalmente por carotenos los cuales le otorgan el color amarillento a la harina. Los valores obtenidos para todas las harinas estuvieron dentro del rango esperado de 3 a 18g. Es importante mencionar que la grasa contenida en este tipo de maíz tiene un bajo nivel de ácidos grasos saturados y niveles altos de ácidos grasos poliinsaturados.

Por último, el mayor aporte se encontró en los carbohidratos ya que es una harina, para lo cuál se observó que el mayor aporte lo da la harina de trigo y el menor lo da la harina de DCR. El contenido de carbohidratos fue determinado por diferencia. No se observó ninguna relación entre la cantidad de carbohidratos y el tipo de maíz o tratamiento.

Con respecto a la humedad, el mayor contenido lo obtuvo la harina de DCR y PNI y las de menor contenido de humedad fueron la de PCR y DNI. A partir de éstos resultados se esperaría que las harinas DCR y PNI tengan el menor tiempo de vida útil, es decir su deterioro será más rápido y que las harinas PCR y DNI tengan el mayor tiempo de vida útil, es decir que serán menos susceptibles al deterioro debido a su bajo contenido de humedad.

Por último, se obtuvo niveles variados de fibra, siendo la más alta la de DCO y la menor la de PCR. Estos resultados fueron los esperados, ya que durante los tratamientos se perdió gran parte de la cubierta del grano, como ocurre en la nixtamalización, y esto disminuye la cantidad de fibra del producto. Además se observó que las variedades de maíz duro presentaron mayor cantidad de fibra que las de maíz HB-Proticta.

A partir de los resultados de macronutrientes, se obtuvo el contenido de energía que proveen estas harinas. Esto se determinó multiplicando el valor de cada macronutriente en gramos por el valor energético que aporta cada uno: proteínas = 4Kcal., grasas = 9 Kcal. y carbohidratos = 4 Kcal.

Se puede observar que el contenido de energía es mayor en la harina de PCR con 379Kcal y es menor en la harina de DCR con 349Kcal. También se determinó que tanto para la harina nixtamalizada como para la cocida y la cruda, los valores de energía fueron mayores en la harina de HB-Proticta que en la de maíz duro.

Estos resultados respaldan lo encontrado en la teoría, ya que todas las harinas de maíz HB-Proticta fueron mejores en contenido de proteína y valor energético que las harinas de maíz duro.

D. Formulación del producto.

La formulación de las champurradas se realizó en la Panadería El Antaño, con la colaboración de uno de sus panaderos. La receta planteada en la metodología fue diferente a la utilizada, ya que de esta manera se obtendría un mejor producto. La receta modificada se encuentra en el Apéndice No. 5.

Para la elaboración de éstas se realizaron ciertos cambios, a continuación se encuentra una descripción de los ingredientes utilizados y la explicación de porqué se agregaron o eliminaron:

Cuadro No. 17: Ingredientes para la elaboración de champurradas

| Ingrediente | Receta original | Receta modificada | Explicación |
|------------------|-----------------|-------------------|---------------------------|
| Harinas de trigo | X | X | Base de la champurrada |
| Harina de maíz | X | X | Sustitución parcial |
| Margarina | | X | Sabor y textura |
| Manteca | X | X | Sabor y textura |
| Azúcar | X | X | Color y sabor |
| Sal | X | X | Formación de gluten |
| Royal | X | X | Fermentación y suavidad |
| Leche | X | | Modifica calidad proteica |
| Agua | | X | Formación de masa |

Estos ingredientes se mezclaron hasta que formaron una masa uniforme, evitando amasarla ya que esto afectaría las características de las champurradas. Durante la preparación de las masas, se observaron varias diferencias, esto se resume en la siguiente tabla.

Cuadro No. 18: Observaciones realizadas durante la elaboración de las champurradas

| Característica | Tipo de harina | Observación |
|----------------|-------------------------------------|---|
| Textura | Sustitución 40/60 | Las masas se sienten granuladas y son mucho más suaves que las demás. |
| Aroma | Nixtamalizadas | Las masas tienen mayor olor a maíz, como a tortilla. |
| Color | Crudas Cocidas Nixtamalizadas | Más claro Intermedio Más oscuro |

A pesar de estas diferencias, todas las masas fueron manejables y se pudieron elaborar las champurradas. No se observó diferencias notables en el color de la masa de los dos tipos de maíces. En cuanto al peso de las masas, todas pesaron 2lbs y se elaboraron pelotas de 2 onzas cada una para la elaboración de cada champurrada para evitar variaciones en el peso de las mismas y así poder obtener un producto homogéneo.

Todas las champurradas se hornearon a 250°C. Durante el horneado de las champurradas, se notó que éstas crecieron hasta alcanzar una altura promedio de 1.5cms, y luego regresaron a su tamaño original. El tiempo promedio de horneado fue de 22 minutos, aunque existieron algunas variaciones para las diferentes formulaciones. Se observó que las champurradas de harina DCO y PCO necesitaron menos tiempo en el horno; y que al momento de separar las champurradas de DCR y PCR con sustitución 40/60 se quebraron con más facilidad. Esto demuestra el efecto que tiene, tanto el tratamiento como el tipo de sustitución en las propiedades de panificación, ya que la harina de maíz tiene menor poder de absorción afectando la formación del gluten y por consiguiente la compactidad del producto final.

Se obtuvieron champurradas aparentemente homogéneas en lo que respecta a color y tamaño (peso, diámetro y altura). Sin embargo se realizó un análisis físico para determinar si existían diferencias significativas para las diferentes sustituciones y tratamientos en comparación con el grupo control.

E. Análisis físico

Ya que se realizaron tres tipos de tratamientos diferentes y se tenían dos tipos diferentes de maíz para la preparación de la harina se esperaba observar diferencias en las características físicas del producto final y el control (champurrada de trigo). Además, la harina de maíz tiene cualidades de panificación diferentes a las de la harina de trigo por que tiene menor poder de absorción y esto afecta la formación de gluten por lo que puede afectar las propiedades de diámetro, altura y peso de las champurradas. Es por esto que se realizó una prueba física a todos los tipos de champurradas obtenidas.

El análisis físico consistió en la medición de diámetro, altura y peso de las champurradas, para determinar el efecto del tipo de maíz, las sustituciones y los tratamientos. Se tomaron diez muestras al azar de cada tipo de champurradas incluyendo la control. A continuación se encuentra el promedio de todas las muestras.

Cuadro No. 19: Promedios de las mediciones de diámetro, altura y peso de diez muestras

| Tratamiento | Sustitución | Diámetro (cms) \pm 0.05 | Altura (cms) \pm 0.05 | Peso (cms) \pm 0.05 |
|-------------|-------------|---------------------------|-------------------------|-----------------------|
| PNI | 80/20 | 11.2 | 0.7 | 40.3 |
| | 60/40 | 11.3 | 0.5 | 39.5 |
| | 40/60 | 11.1 | 0.4 | 39.1 |
| PCO | 80/20 | 11.9 | 0.4 | 43.3 |
| | 60/40 | 11.0 | 0.4 | 38.6 |
| | 40/60 | 10.7 | 0.4 | 40.8 |
| PCR | 80/20 | 11.2 | 0.4 | 39.3 |
| | 60/40 | 11.8 | 0.6 | 42.6 |
| | 40/60 | 11.9 | 0.6 | 40.7 |
| DNI | 80/20 | 11.7 | 0.7 | 39.9 |
| | 60/40 | 11.7 | 0.7 | 41.6 |
| | 40/60 | 10.8 | 0.6 | 38.2 |
| DCO | 80/20 | 11.6 | 0.6 | 40.6 |
| | 60/40 | 11.6 | 0.6 | 41.4 |
| | 40/60 | 11.7 | 0.6 | 40.2 |
| DCR | 80/20 | 11.6 | 0.6 | 39.9 |
| | 60/40 | 11.7 | 0.6 | 43.6 |
| | 40/60 | 11.9 | 0.6 | 41.6 |

Se realizó una análisis de varianza (95% nivel de confianza) de todos los tratamientos y sustituciones para determinar si existe una diferencia significativa entre las diferentes muestras.

A partir del análisis de varianza se pudo determinar que para las variables de diámetro y altura si hay una diferencia significativa entre todos los tipos diferentes de tratamiento y sustituciones. Esto significa que al menos dos combinaciones son significativamente diferentes entre sí, y que el tipo de tratamiento, crudo, cocido o nixtamalizado y las sustituciones 80/20, 60/40 y 40/60, tienen efecto en las variables de diámetro y altura. Estos resultados eran de esperarse, ya que se sabía que la sustitución de harina de trigo por harina de maíz afectaría el crecimiento de las champurradas por su menor contenido de gluten.

Por otro lado, se determinó que no hay diferencia significativa para la variable de peso, es decir, que el peso de las champurradas no fue afectado por los tratamientos y las sustituciones. Esto se puede observar a continuación.

Cuadro No. 20: Resultados del análisis de varianza (95% nivel de confianza) entre todos los tipos de tratamiento y sustitución

| Medición | F experimental | F crítica | Interpretación |
|----------|----------------|-----------|---------------------------------|
| Diámetro | 17.27 | > 1.66 | Si hay diferencia significativa |
| Altura | 31.62 | > 1.66 | Si hay diferencia significativa |
| Peso | 1.59 | < 1.66 | No hay diferencia significativa |

Para determinar en donde se encontraban las diferencias entre los promedios de las muestras y el promedio del control se realizó una análisis de varianza (95% nivel de confianza) que compara cada tratamiento y sustitución con la muestra control (champurrada de trigo).

A partir del análisis de diámetro se determinó que en la mayoría de las muestras existe diferencia significativa en comparación con la muestra control. Las únicas pruebas en las que no se encontró diferencia significativa fueron en las champurradas elaboradas con harina PNI con sustituciones 80/20 y 60/40 y en las de PCO con sustituciones 80/20 y 40/60. Es importante recalcar que en todas las

sustituciones de PCR y todas la sustituciones de Maíz Duro (DNI, DCO y DCR) existieron diferencias significativas, esto demuestra que el efecto en el crecimiento de la utilización de harina de maíz duro en la elaboración de champurradas es mayor que el de harina de maíz HB-Proticta.

Cuadro No. 21: Resultados del análisis de varianza (95% nivel de confianza) para diámetro entre las champurradas y los diferentes tratamientos y sustituciones de harina respecto al control

| Harina | Comparación | F experimental |
|--------|-------------------|----------------|
| PNI | 80/20 vrs control | 0.10 |
| | 60/40 vrs control | 0.38 |
| | 40/60 vrs control | 22.7* |
| PCO | 80/20 vrs control | 2.64 |
| | 60/40 vrs control | 16.45* |
| | 40/60 vrs control | 0.12 |
| PCR | 80/20 vrs control | 31.34* |
| | 60/40 vrs control | 36.81* |
| | 40/60 vrs control | 64.38* |
| DNI | 80/20 vrs control | 20.41* |
| | 60/40 vrs control | 15.84* |
| | 40/60 vrs control | 16.11* |
| DCO | 80/20 vrs control | 15.47* |
| | 60/40 vrs control | 15.47* |
| | 40/60 vrs control | 27.91* |
| DCR | 80/20 vrs control | 17.0* |
| | 60/40 vrs control | 28.55* |
| | 40/60 vrs control | 58.32* |

F crítica: 4.41

*: Diferencia Significativa

Cuadro No. 22: Resultados del análisis de varianza (95% nivel de confianza) para altura entre las champurradas y los diferentes tratamientos y sustituciones de harina respecto al control

| Harina | Comparación | F experimental |
|--------|-------------------|----------------|
| PNI | 80/20 vrs control | 31.14* |
| | 60/40 vrs control | 116.12* |
| | 40/60 vrs control | 116.12* |
| PCO | 80/20 vrs control | 160.02* |
| | 60/40 vrs control | 160.02* |
| | 40/60 vrs control | 160.02* |
| PCR | 80/20 vrs control | 2.65 |
| | 60/40 vrs control | 3.46 |
| | 40/60 vrs control | 7.23* |
| DNI | 80/20 vrs control | 0.78 |
| | 60/40 vrs control | 0.54 |
| | 40/60 vrs control | 18.0* |
| DCO | 80/20 vrs control | 6.0* |
| | 60/40 vrs control | 14.88* |
| | 40/60 vrs control | 18.0* |
| DCR | 80/20 vrs control | 7.23* |
| | 60/40 vrs control | 0.18 |
| | 40/60 vrs control | 12.52* |

F crítica: 4.41

*: Diferencia Significativa

En lo que respecta a la característica de altura de las champurradas, también se realizó un análisis de varianza (95% nivel de confianza) para determinar en qué muestras existían diferencias con respecto a la muestra control.

Como se puede observar en el Cuadro No. 22, el análisis de varianza (95% nivel de confianza) demostró que existe diferencia significativa en la mayoría de las muestras, al igual que en la característica de diámetro. No se encontró diferencia significativa en las champurradas con harina de PCR en las sustituciones de 80/20 y 60/40, en las de DNI en las sustituciones de 80/20 y 60/40, ni en la de DCR en la sustitución de 60/40. Otro aspecto importante, fue que se encontró que existe una mayor diferencia entre las champurradas elaboradas con trigo (muestra control) y las champurradas elaboradas con harina de PNI y PCO para todas las sustituciones, por lo que se podría concluir que éste tipo de maíz influye más en ésta característica.

Por último se realizó un análisis de varianza (95% nivel de confianza) para la característica de peso (Cuadro No. 23) para determinar en qué muestras existían diferencias con respecto a la muestra control. En éste análisis se determinó que solo existe diferencia significativa en la champurrada con harina PNI con sustitución 40/60.

Cuadro No. 23: Resultados del análisis de varianza (95% nivel de confianza) para peso entre las champurradas y los diferentes tratamientos y sustituciones de harina respecto al control

| Harina | Comparación | F experimental |
|--------|-------------------|----------------|
| PNI | 80/20 vrs control | 0.22 |
| | 60/40 vrs control | 0.69 |
| | 40/60 vrs control | 4.59* |
| PCO | 80/20 vrs control | 1.52 |
| | 60/40 vrs control | 0.11 |
| | 40/60 vrs control | 0.28 |
| PCR | 80/20 vrs control | 1.03 |
| | 60/40 vrs control | 0.97 |
| | 40/60 vrs control | 0 |
| DNI | 80/20 vrs control | 0.02 |
| | 60/40 vrs control | 0.39 |
| | 40/60 vrs control | 0.34 |
| DCO | 80/20 vrs control | 0.02 |
| | 60/40 vrs control | 0.49 |
| | 40/60 vrs control | 0.08 |
| DCR | 80/20 vrs control | 0.04 |
| | 60/40 vrs control | 4.4 |
| | 40/60 vrs control | 0.81 |

F crítica: 4.41

*: Diferencia Significativa

De esto se puede concluir que la utilización de harina de maíz para sustituir harina de trigo en la elaboración de champurradas, no afecta significativamente el peso del producto. Otro aspecto importante que influyó en que no existiera diferencia significativa en el peso fue que durante la elaboración de las champurradas se midió cada masa para que fuera de dos onzas.

De los resultados del análisis, no se encontró una muestra que no fuera significativamente diferente para las tres variables físicas.

Después de determinar qué muestras eran significativamente diferentes a la muestra control, se procedió a determinar qué muestras no presentaban diferencia significativa entre sí. Para esto se realizó una Prueba de Tukey. A continuación se muestran los resultados.

Cuadro No. 24: Resultados de la prueba de Tukey para diámetro

| Tratamiento y sustitución | Grupos | | | | | | |
|---------------------------|--------|---|---|---|---|---|---|
| PCR 40/60 | A | | | | | | |
| PNI 40/60 | A | | | | | | |
| DCR 40/60 | A | | | | | | |
| PCR 60/40 | A | | | | | | |
| PCR 80/20 | A | | | | | | |
| DCR 60/40 | A | B | | | | | |
| DNI 80/20 | A | B | C | | | | |
| DCO 40/60 | A | B | C | | | | |
| DNI 60/40 | A | B | C | | | | |
| DCR 80/20 | A | B | C | D | | | |
| DCO 80/20 | A | B | C | D | | | |
| DCO 60/40 | A | B | C | D | | | |
| PNI 80/20 | | B | C | D | E | | |
| TRIGO | | | C | D | E | F | |
| PCO 40/60 | | | | D | E | F | G |
| PNI 60/40 | | | | | E | F | G |
| PCO 80/20 | | | | | E | F | G |
| DNI 40/60 | | | | | | F | G |
| PCO 60/40 | | | | | | | G |

De los resultados de la prueba de Tukey para diámetro (Cuadro No. 24) se puede determinar que no hay diferencia significativa entre todas las muestras de PCR, PCO, PNI y DCR con sustitución 40/60. Tampoco son significativamente diferentes las champurradas de DNI con sustitución 80/20 y 60/40 y las de DCO 40/60. Otro grupo que no presenta diferencias es el de DCO 80/20 y 60/40 con DCR 80/20. También se encontró que las muestras que son diferentes a todas las demás son la de DCR con sustitución 60/40, de PNI con sustitución 80/20, de PCO con sustitución 60/40 y 40/60, de DNI 80/20 y la muestra control (champurrada de trigo). Por lo que no se pudo observar un efecto significativo para alguna sustitución o tratamiento.

En la prueba de Tukey para altura (Cuadro No. 25) se observó que todas las champurradas de PCO no presentan diferencias significativas entre sí. Las champurradas que son diferentes a todas las demás son Trigo, DCR 60/40, DCR 40/60, DCO 60/40 y PNI 80/20. Por lo que solo se pudo observar un efecto significativo para el tratamiento de cocción, pero solo en el caso del maíz HB-Proticta.

En el Cuadro No. 26 se puede observar que no hay diferencia significativa en cuánto a peso, en ninguna de las muestras de champurradas. Esto vuelve a comprobar lo que ya habíamos observado con el análisis de varianza en donde se concluyó que el peso no fue afectado por el tipo de tratamiento ni sustitución.

Cuadro No. 25: Resultados de la prueba de Tukey para altura

| Tratamiento y Sustitución | Grupos | | | | | | |
|---------------------------|--------|---|---|---|---|---|---|
| DNI 80/20 | A | | | | | | |
| DNI 60/40 | A | | | | | | |
| Trigo | A | B | | | | | |
| DCR 60/40 | A | B | C | | | | |
| PCR 80/20 | A | B | C | D | | | |
| PCR 60/40 | A | B | C | D | | | |
| DCO 80/20 | A | B | C | D | | | |
| PCR 40/60 | | B | C | D | | | |
| DCR 80/20 | | B | C | D | | | |
| DCR 40/60 | | B | C | D | E | | |
| DCO 60/40 | | | C | D | E | | |
| DCO 40/60 | | | | D | E | | |
| DNI 40/60 | | | | D | E | | |
| PNI 80/20 | | | | | E | F | |
| PNI 40/60 | | | | | | F | G |
| PNI 60/40 | | | | | | F | G |
| PCO 80/20 | | | | | | | G |
| PCO 60/40 | | | | | | | G |
| PCO 40/60 | | | | | | | G |

Cuadro No. 26: Resultados de la prueba de Tukey para peso

| Tratamiento y sustitución | Grupos | | | | | | |
|---------------------------|--------|--|--|--|--|--|--|
| PNI 40/60 | A | | | | | | |
| DCR 60/40 | A | | | | | | |
| PCR 80/20 | A | | | | | | |
| PCR 60/40 | A | | | | | | |
| DCR 40/60 | A | | | | | | |
| DNI 60/40 | A | | | | | | |
| DCO 60/40 | A | | | | | | |
| PCO 40/60 | A | | | | | | |
| PNI 80/20 | A | | | | | | |
| DCR 80/20 | A | | | | | | |
| DNI 80/20 | A | | | | | | |
| PCR 40/60 | A | | | | | | |
| TRIGO | A | | | | | | |
| DCO 80/20 | A | | | | | | |
| DCO 40/60 | A | | | | | | |
| PCO 60/40 | A | | | | | | |
| DNI 40/60 | A | | | | | | |
| PNI 60/40 | A | | | | | | |
| PCO 80/20 | A | | | | | | |

F. Análisis sensorial

Se realizaron dos tipos de pruebas para el análisis sensorial, un grupo focal y una prueba hedónica. La primera consistió en determinar cuál de las formulaciones elaboradas presenta propiedades sensoriales más agradables al consumidor. A partir de los resultados del grupo focal, se realizó la

prueba hedónica, que permitió determinar el grado de aceptabilidad de la formulación seleccionada por el grupo focal.

1. Grupo focal: En el grupo focal participaron 6 panelistas, previamente entrenados, con edades entre 21 y 31 años. La sesión se realizó en la Universidad del Valle, con duración de una hora. Durante la prueba se explicó a los panelistas en qué consistía la prueba, cuáles eran sus objetivos, los ingredientes utilizados y los tratamientos realizados al producto. El tipo de tratamiento y de sustitución de cada muestra no fue revelado a los panelistas para evitar algún tipo de sesgo.

El moderador realizó preguntas acerca de la apariencia, color, aroma, sabor, dureza y textura de cada formulación. Los panelistas respondían a cada pregunta y se formaba una discusión para escuchar la opinión de todos los participantes. Todas las preguntas que surgieron fueron aclaradas por el moderador. El redactor, anotó las respuestas y comentarios de los panelistas, además se contaba con una grabadora de voz y una videograbadora. En el Apéndice No. 6 se presentan los comentarios de los panelistas.

La mayoría de comentarios acerca del color fue que las champurradas se miraban muy pálidas, no tenían el color dorado característico de las champurradas. Esto era de esperar ya que se trató de que las champurradas no se tostaran para no perder nutrientes como la lisina. Además comentaron que el color no era homogéneo. Aunque el color no parecía agradable, la apariencia general si les parecía buena. Otro aspecto que no les parecía agradable era la presencia de granos de azúcar, esto se debe a que las masas fueron mezcladas a mano, por lo que no se deshicieron estos granos.

La principal queja con respecto al aroma era que algunas champurradas tenían olor a maíz, a masa o a tamalito de maíz, esto se observó en varias sustituciones, pero sobretodo en las de 40/60. Otro aspecto que se observó fue que en algunos casos no se sentía ningún aroma, sobretodo en el caso de las champurradas elaboradas con harina de maíz duro. Esto se pretende corregir agregando vainilla a la receta de la champurrada.

Con respecto al sabor, los panelistas opinaron que el sabor a maíz no es característico de una champurrada, aunque no en todos los casos fue percibido como desagradable. Además se consideró como desagradable los casos en que las champurradas no tenían sabor. Las champurradas mejor calificadas, con respecto al sabor, fueron las de maíz crudo con sustitución 80/20 y 60/40 en el caso de las champurradas de harina de maíz duro y las de maíz cocido con sustitución 80/20 y 60/40 en el caso de las de HB-Proticta. Para corregir los problemas de sabor, se decidió que agregar vainilla también contribuiría a mejorar esta característica.

Por otro lado, la dureza fue considerada agradable en la mayoría de los casos y no se observó ningún patrón con respecto al tipo de tratamiento o sustitución. En los casos en los que no se consideró agradable la dureza de la champurrada fue por que ésta era muy dura al morderla. En el caso de la textura, los panelistas opinaron que muchas champurradas se sentían arenosas, granuladas y porosas, esto se observó en la mayoría de las champurradas. Para esto se decidió mezclar los ingredientes en una batidora, para que la mezcla sea más homogénea y los ingredientes estén mejor mezclados.

Para cada tipo de tratamiento se fue preguntando a los panelistas cuál de las muestras presentadas escogería como la más aceptable. En el caso de PNI y PCO las más aceptables fueron las sustituciones 80/20 y 60/40, pero la mejor de todas fue la PCO 60/40. En el caso de las de DNI y DCO las mejores en

olor y sabor fue la sustitución 40/60, pero la mejor en la mayoría de aspectos fue la DCR 80/20. Esto respalda lo que se mencionó en la teoría, ya que se escogió la sustitución con una cantidad de harina de maíz menor a 25%, aunque solo en el caso de PCO.

Se realizaron varios cambios para mejorar el producto, se agregó vainilla para mejorar el aroma y el sabor, se mezclaron los ingredientes en una batidora para que la champurrada sea más homogénea y no se sientan los granos de azúcar y de harina, esto también mejoró la apariencia general de la champurrada. El único aspecto que no se cambió fue el dorado de las champurradas, ya que como se mencionó antes, esto afecta la calidad nutricional del producto.

Cabe mencionar que la realización del grupo focal fue difícil, ya que los panelistas debían probar 19 tipos diferentes de champurradas, y esto les resultó bastante tedioso. Además se recomienda que se realice la prueba en un laboratorio para que la prueba sea más agradable para los panelistas.

2. Prueba hedónica: Luego de realizar los cambios se procedió a evaluar el producto por medio de una prueba hedónica de nueve puntos. Dicha prueba se realizó en la Universidad del Valle, con un total de 40 panelistas, con edades entre 19 y 55 años, de ambos sexos. El resumen de las edades de los panelistas se muestra a continuación.

Cuadro No. 27: Edades de los panelistas que participaron en la prueba

| | 19 a 28 años | 29 a 38 años | 39 a 48 años | 49 a 58 años | Total |
|-----------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| Masculino | 6 | 0 | 4 | 4 | 14 |
| Femenino | 15 | 4 | 4 | 3 | 26 |
| Total | 21 | 4 | 8 | 7 | 40 |

La champurradas evaluadas en esta prueba fueron las champurradas de 100% trigo, la PCO 60/40 y la DCR 80/20. De las boletas tabuladas se obtuvieron los resultados del Cuadro No. 28.

Cuadro No. 28: Resultados de prueba hedónica por características evaluadas

| Escala | Trigo | | | | DCR 80/20 | | | | PCO 60/40 | | | |
|-------------------------------------|-------|----|----|----|-----------|----|----|----|-----------|----|----|----|
| | A | O | S | AG | A | O | S | AG | A | O | S | AG |
| 1. Extremadamente agradable (9) | 0 | 2 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 1 |
| 2. Muy agradable (8) | 10 | 6 | 7 | 15 | 5 | 10 | 11 | 9 | 9 | 7 | 9 | 7 |
| 3. Bastante agradable (7) | 12 | 21 | 9 | 13 | 7 | 10 | 6 | 6 | 9 | 12 | 10 | 9 |
| 4. Agradable (6) | 11 | 8 | 16 | 12 | 18 | 11 | 12 | 15 | 13 | 9 | 10 | 8 |
| 5. Ni agradable ni desagradable (5) | 7 | 3 | 1 | 0 | 8 | 8 | 6 | 7 | 7 | 10 | 5 | 14 |
| 6. Desagradable (4) | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 1 | 4 | 2 | 1 | 0 | 3 | 0 |
| 7. Bastante desagradable (3) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| 8. Muy desagradable (2) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 9. Extremadamente desagradable (1) | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 | 40 |

A: Apariencia

O: Olor

() : puntaje numérico

S: Sabor

AG: Apariencia general

Para realizar el análisis de los datos anteriores se convirtió la escala categorizada de nueve puntos en un puntaje numérico. Luego se sumó el número de panelistas con la misma respuesta para cada atributo evaluado, el resultado se multiplicó por el puntaje numérico asignado a cada categoría y se sumaron todos los resultados. El resultado se dividió entre el número de panelistas y este valor se

comparó con el valor crítico mínimo para cada característica evaluada. En la escala de nueve puntos, el valor crítico mínimo para considerar una prueba como aceptable debe ser mayor de 6.5.

Los resultados obtenidos en el análisis de la prueba hedónica se muestran en el Cuadro No. 29. Se puede observar que la única champurrada completamente aceptable es la de trigo, le sigue la champurrada PCO 60/40 con tres características aceptables y por último la champurrada de DCR 80/20 fue aceptable únicamente para olor.

Cuadro No. 29: Prueba hedónica de nueve puntos para cada tipo de champurrada

| Tipo de Champurrada | Característica | Valor | Interpretación |
|---------------------|-----------------------|-------|-----------------|
| Trigo | Apariencia | 6.62 | Aceptable |
| | Olor | 6.90 | Aceptable |
| | Sabor | 7.08 | Aceptable |
| | Aceptabilidad general | 7.08 | Aceptable |
| DCR 80/20 | Apariencia | 6.12 | No es aceptable |
| | Olor | 6.50 | Aceptable |
| | Sabor | 6.28 | No es aceptable |
| | Aceptabilidad general | 6.22 | No es aceptable |
| PCO 60/40 | Apariencia | 6.52 | Aceptable |
| | Olor | 6.55 | Aceptable |
| | Sabor | 6.48 | Aceptable |
| | Aceptabilidad general | 6.22 | No es aceptable |

A pesar de que no todas las champurradas obtuvieron un valor crítico aceptable para las cuatro características, durante la realización de la prueba hedónica, muchos panelistas comentaron acerca de lo agradable de las tres champurradas. Por lo que se podría decir, que todas las champurradas presentaban características aceptables para ser un producto nuevo, aunque no llegaran al valor crítico de 6.5. Sin embargo, es recomendable que se realice una revisión de la formulación para determinar qué cambios podrían mejorar el producto. Se podría agregar ácido ascórbico como mejorante, a razón de 5 mg/g, para determinar si esto mejora las características sensoriales del producto.

G. Análisis químico proximal de las champurradas

Para determinar qué tipo de champurrada contiene la mejor calidad nutricional se realizó un análisis químico proximal para comparar los tres tipos de champurradas escogidas en base al análisis sensorial (Trigo, DCR 80/20 y PCO 60/40). Este análisis se realizó en duplicado y se reportó el promedio. Los resultados del análisis proximal se presentan en el Cuadro No. 30, en los cuales se observa la distribución de cada champurrada por 100g.

Cuadro No. 30: Composición nutricional de las champurradas (100g. de muestra)

| Tipo de Champurrada | Trigo | DCR 80/20 | PCO 60/40 |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| Proteína (g) | 7.78±0.018 | 7.26±0.020 | 7.46±0.028 |
| Grasa (g) | 22.59±0.103 | 25.71±0.150 | 24.45±0.163 |
| Carbohidratos (g) | 61.73±0.136 | 60.76±0.129 | 62.28±0.132 |
| Humedad (g) | 2.53±0.170 | 2.49±0.131 | 0.88±0.144 |
| Cenizas (g) | 2.40±0.088 | 2.46±0.082 | 2.50±0.085 |
| Fibra (g) | 2.97±0.002 | 1.32±0.005 | 2.43±0.000 |
| Energía Kcal | 481 | 504 | 499 |

En el Apéndice No. 7 se pueden observar dos gráficas, en la primera se agruparon los tres macronutrientes (proteína, grasa y carbohidratos) y en la siguiente se pueden observar los resultados de energía.

En el caso de las proteínas, se puede observar que la champurrada que más aporta este nutriente es la de trigo y la que menos aporta es la de DCR. Estos resultados se deben a que, como ya sabemos, el trigo contiene mayor cantidad de proteína, pero el HB-Proticta contiene una calidad superior de proteínas, con un mayor valor biológico, específicamente en aminoácidos esenciales. Es decir, que a pesar de que la champurrada de PCO contiene una menor cantidad de proteínas su calidad proteica aumenta por la sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz HB-Proticta. Cabe mencionar que todos los valores obtenidos sobrepasan los valores teóricos encontrados en la literatura (5 a 7g).

En cuanto al contenido de grasa, está dentro de los valores recomendados para pan dulce (7 a 25%) para todas las champurradas. Los valores obtenidos fueron los esperados ya que en la elaboración de las champurradas se utilizó aproximadamente 20% de grasa. La fuente de este nutriente fue manteca vegetal y margarina, además de lo que aportan las harinas utilizadas. En este caso, la grasa contribuye a la lubricación, uniformidad y suavidad de la masa, además de dar un sabor agradable y aumentar el valor nutritivo del producto.

Por último, el mayor aporte lo dan los carbohidratos ya que es un cereal, para lo cuál se observó que el mayor aporte lo da la champurrada de PCO 60/40 y el menor lo da la champurrada de DCR 80/20. Sin embargo, las cantidades están un poco bajas comparadas con lo encontrado en la literatura (70 a 85g).

Con respecto a la humedad, se puede observar que para las tres muestras se obtuvo un valor bastante bajo. Por lo que se esperaba que tuvieran un mayor tiempo de vida útil que otros tipos de productos de panificación, ya que el bajo contenido de humedad está relacionado con un producto menos susceptible a deterioro, es decir, un mayor tiempo de vida útil.

Por otro lado para la fibra se obtuvieron valores entre 1.32 y 2.97g, pero esto no es suficiente para considerar el producto como alto en fibra.

El contenido energético de las champurradas se calculó utilizando el método mencionado en la sección de análisis químico proximal de las harinas. En este caso, se puede observar que la champurrada que contiene más energía es la de DCR 80/20 seguida por una mínima diferencia por la de PCO 60/40 y la menor fue la de trigo. Estas diferencias se deben a la cantidad de macronutrientes de cada champurrada, ya que las de DCR y PCO contienen una mayor cantidad de grasas y carbohidratos que la de trigo, van a dar como resultado una mayor cantidad de energía.

H. Análisis biológico

Para la realización del análisis biológico se utilizó el método de Razón Proteica Neta (NPR). El propósito de la determinación del NPR fue evaluar la calidad de la proteína, midiendo el cambio en el peso corporal relacionado con la ingesta de una proteína específica. El NPR fue determinado en 14 días, en el Bioterio del Instituto de Nutrición para Centro América y Panamá (INCAP).

Para el análisis biológico se utilizaron cinco dietas diferentes, las cuales se encuentran en el Cuadro No. 31. La dieta 1 la constituyó la champurrada DCR con sustitución 80/20 mientras que la dieta 2 fue

la champurrada PCO 60/40, ambas fueron el principal objeto de estudio y fueron seleccionadas como la combinación con mejores características sensoriales según el grupo focal; la dieta 3 fue la champurrada control (100% trigo) ya que fue definido como el objeto de comparación para esta investigación; la dieta 4 fue la caseína la cual constituye el modelo de proteína patrón según la FAO; por último la dieta 5 es una dieta libre de nitrógeno, sin fuente proteica, la cual permite determinar las pérdidas insensibles de nitrógeno endógeno.

Cuadro No. 31: Composición de las dietas utilizadas en el análisis biológico

| | Dieta 1 DCR 80/20 | Dieta 2 PCO 60/40 | Dieta 3 control | Dieta 4 caseína | Dieta 5 DLN* |
|-------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|-----------------|
| Harina control (100% trigo) | - | - | 95.0 | - | - |
| Harina experimental DCR 80/20 | 95.0 | - | - | - | - |
| Harina experimental PCO 60/40 | - | 95.0 | - | - | - |
| Caseína | - | - | - | 11.0 | - |
| Mezcla mineral | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 |
| Mezcla vitamínica | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 |
| Aceite vegetal | - | - | - | 5.0 | 5.0 |
| Almidón | - | - | - | 79.0 | 90.0 |
| Total | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 | 100.0 |
| % proteína en la dieta | 7.26% | 7.46% | 7.78% | 10% | 0% |

*DLN: Dieta Libre de Nitrógeno

Durante los 14 días que duró el análisis se llevó un registro de la ganancia de peso así como de la cantidad de proteína consumida. El registro individual de la ganancia de peso y alimento total consumido de las ratas puede observarse en el Apéndice No. 8. A continuación se presentan los valores promedio obtenidos para las variables mencionadas, las cuales fueron medidas en los seis animales asignados a cada dieta lo que da un total de 30 ratas evaluadas.

Cuadro No. 32: Datos promedio determinados en ratas experimentales

| Dato (gramos) | Dieta 1 DCR 80/20 | Dieta 2 PCO 60/40 | Dieta 3 control | Dieta 4 caseína | Dieta 5 DLN |
|-------------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|----------------|
| Aumento de peso | 0.5 | 0.83 | -1.67 | 63.8 | -7.37 |
| Alimento ingerido | 65.83 | 61.17 | 67.33 | 172.2 | 72.17 |

El método NPR no se pudo utilizar adecuadamente para evaluar la calidad proteica de las champurradas, pues se observó una ganancia de peso mínima o pérdida de peso de las ratas en lugar de ganancia. Esto se debe a que este alimento es muy grasoso con un valor aproximado de 23% de grasa, por lo que las ratas llenaron muy rápido sus necesidades energéticas diarias y esto disminuyó el consumo del alimento.

Según los datos del Cuadro No. 32, para la dieta de caseína se registró un promedio mayor de aumento de peso, pues las ratas duplicaron su peso en el periodo de 14 días, esto es debido a que es una proteína patrón, es decir su patrón de aminoácidos es completo, al igual que su valor biológico. Las dietas con sustitución de harina de trigo por harina de maíz obtuvieron una mayor ganancia que la dieta de 100% trigo (control). Es importante recalcar que la dieta que contenía maíz HB- Proticta obtuvo un aumento de peso mayor que todos los demás. Para la champurrada control (100% trigo) se puede observar que la pérdida de peso fue mayor que para las champurradas elaboradas con sustitución

parcial de harina de trigo con harina de maíz, aunque el consumo de alimento fue mayor. Con relación a las dietas 3 (control) y 5 (DLN) se observa que el valor promedio del aumento de peso es negativo, es decir hubo una pérdida de peso en lugar de una ganancia. Este hecho es esperado ya que tanto la dieta control (100% trigo) como la dieta libre de nitrógeno no proveen una fuente proteínica suficiente para favorecer el crecimiento de la rata por lo cual el animal sobrevive con la producción endógena de nitrógeno.

Utilizando estos datos y conociendo el porcentaje de proteína de cada una de las dietas se calculó los datos de Razón Proteica Neta (NPR) estos datos se muestran a continuación

Cuadro No. 33 Razón proteica neta (NPR) en ratas experimentales

| No. de Rata | Dieta 1 DCR 80/20 | Dieta 2 PCO 60/40 | Dieta 3 control | Dieta 4 caseína |
|-------------|----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|
| 1 | 1.37 | 2.17 | 1.11 | 4.20 |
| 2 | 1.21 | 1.47 | 0.64 | 4.34 |
| 3 | 1.07 | 1.90 | 0.93 | 4.60 |
| 4 | 2.15 | 2.07 | 1.38 | 3.51 |
| 5 | 2.16 | 1.47 | 1.30 | 4.01 |
| 6 | 1.60 | 1.70 | 1.12 | 4.01 |
| Promedio | 1.59 | 1.80 | 1.08 | 4.11 |

En el Cuadro No.33 se puede observar que la dieta con la que se obtuvo mayor ganancia de peso es con la dieta de caseína, esto se debe a que ésta es una proteína patrón. También se observó que las champurradas elaboradas por medio de sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz tienen una Razón Proteica Neta (NPR) mayor a la de la champurrada elaborada de trigo. La champurrada de PCO 60/40 obtuvo una razón proteica neta (NPR) mayor, seguida por la champurrada de maíz DCR 60/40 y por último la de trigo.

Se puede concluir que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz HB-Proticta y Duro incrementa la ganancia de peso de las ratas, así como el NPR, a pesar de tener un porcentaje de proteína menor a la del trigo. La calidad proteica de la champurrada parcialmente sustituida es mejor a la champurrada control (100% trigo), y es aún mejor la sustituida con PCO 60/40 que la de DCR 80/20.

Para futuras investigaciones se recomienda que el análisis biológico se realice antes del horneado, debido a que en este proceso se pierden aminoácidos esenciales disminuyendo la ganancia de peso de los animales experimentales.

VIII. CONCLUSIONES

- A partir del análisis químico proximal se determinó que todas las harinas de maíz HB-Proticta (nixtamalizada, cocida y cruda) fueron mejores en contenido de proteína y valor energético que las harinas de maíz duro y trigo.
- Del análisis físico se pudo determinar que la utilización de harina de Maíz Duro afectó más la característica de diámetro, mientras que la utilización de harina de Maíz HB-Proticta afectó más en el caso de la altura. No se observó relación directa entre el tipo de sustitución o tratamiento realizado a la harina de maíz y la característica de peso. Tampoco se observó relación entre estos datos y la aceptación de las champurradas.
- La champurrada DCR 80/20 y PCO 60/40 fueron las seleccionadas por el grupo focal como la formulación con mejores características sensoriales.
- Con base a los resultados obtenidos de la prueba hedónica, todas las champurradas presentaban características aceptables para ser un producto nuevo, aunque no llegaron al valor crítico de 6.5. Sin embargo, es recomendable que se realice una revisión de la formulación para determinar qué cambios podrían mejorar el producto, como la granulometría de harinas y proceso térmicos como la tostación.
- Según el análisis químico proximal, la champurrada que más aporta proteína es la de trigo y la que menos aporta es la de DCR. El trigo contiene mayor cantidad de proteína, pero el HB-Proticta contiene una calidad superior de proteínas, con un mayor valor biológico, específicamente en aminoácidos esenciales. Por otro lado, el contenido energético de la champurrada de DCR y PCO fue más alto que la de trigo.
- La sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz HB-Proticta y duro incrementa la ganancia de peso de las ratas, así como el NPR, a pesar de tener un porcentaje de proteína menor a la del trigo. La calidad proteica de la champurrada parcialmente sustituida es mejor a la champurrada control (100% trigo), y es aún mejor la sustituida con PCO 60/40 que la de DCR 80/20.
- A partir de los resultados obtenidos en el desarrollo de esta tesis se puede concluir que es posible elaborar un producto como la champurrada con sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz duro a un nivel de sustitución 80/20 y sin realizar ningún tratamiento (crudo) y por harina de maíz HB-Proticta a un nivel de sustitución 60/40 con el tratamiento de cocción.

IX. RECOMENDACIONES

- No realizar análisis sensorial de más de 10 muestras ya que los panelistas se cansan y esto afecta la prueba. Además, realizar el análisis en un lugar agradable y apropiado para este tipo de evaluaciones, no en una clase.
- Agregar ácido ascórbico como mejorante, a razón de 5 mg/g, para determinar si esto mejora las características sensoriales del producto.
- Para futuras investigaciones se recomienda que el análisis biológico se realice antes del horneado, debido a que en este proceso se pierden aminoácidos esenciales disminuyendo la calidad nutricional proteica.
- Además de realizar estudios utilizando maíz QPM como sustitución parcial de otros tipos de cereales en la elaboración de productos para mejorar la calidad de proteína, también se debería probar la utilización de éstos tipos de maíz en la sustitución completa de productos que utilizan maíz como materia prima.

XI. BIBLIOGRAFÍA

1. Aldrich, S. *et al.* 1970. *Corn: Culture, Processing, Products*. USA. The Avi Publishing Company, INC. 362pp
2. Arévalos, R. 1994. *Desarrollo de un pan dulce portador de calorías, proteínas, vitamina A, hierro y otros micronutrientes*. Guatemala. Tesis UVG. pp 1-11.
3. Badui, Salvador. 1997. *Química de los Alimentos*. 3ª edición. México, Alambra. 648 págs.
4. Bender, A. Millar, D. 1953. «A new Brief Method of estimating Net Protein Value». *Journal of Biochemistry*. 53
5. Boyer, C.D. y Shannon, J.C. 1987. «Carbohydrates of the kernel». *Corn: chemistry and technology*. *Am. Assoc. Cereal Chem.* 253-272.
6. Bressani, R. 1959. *La Composición Química y Valor Nutritivo del Maíz*. Guatemala. INCAP. pp 1-4.
7. Bressani, R., Breuner, M. y Ortiz, M.A. 1989. *Contenido de fibra ácido y neutrodetergente y de minerales menores en maíz y su tortilla*. *Arch. Latinoam. Nutr.*, 39: pp 382-391.
8. Bressani, R.. 1990. *Chemistry, technology and nutritive value of maize tortillas*. *Food Rev. Int.* 6: pp 225-264.
9. Bressani, R. 1991. *Protein quality of high lysine maize for humans*. *American Association of Cereal Chemists*. Vol. 36, No. 9: pp 806-810.
10. Brody, T. 1994. *Nutritional Biochemistry*. USA, Academic Press Inc. pp.340-345
11. Burge, R.M. y Duensing, W.J. 1989. *Processing and dietary fiber ingredient applications of corn bran*. *Cereal Foods World* 34: 535-538.
12. Castellanos, Lucía. 2003. *Formación de un panel sensorial entrenado*. Guatemala, Universidad del Valle de Guatemala, INCAP/OPS: Gerencia de Producción y Tecnología Alimentaria.
13. Charley, H. 1987. *Tecnología de alimentos, procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*. México D.F. Editorial Limusa Noriega Editoriales. pp 767.
14. Christianson, D.D., Wall, J.S., Dimler, R.J. y Booth, A.N. 1968. *Nutritionally available niacin in corn. Isolation and biological activity*. *J. Agric. Food Chem.* 16: pp 100-104.
15. Del Canto, J. 1982. *La Planificación de la Alimentación y Nutrición*. Guatemala. INCAP.
16. Elias, L. Sin año. *Concepto y Tecnologías para la Elaboración y Uso de Harinas Compuestas*. INCAP.
17. Elías, L. y Bates, R. 1969. *Mezclas Vegetales para consumo humano: desarrollo de la mezcla vegetal INCAP 17 a base de semillas leguminosas*. Guatemala, INCAP. pp.109-125
18. FAOSTAT. 2003. *Página Web de la FAO. Base de datos Estadísticas*. FAO, Roma. Italia
19. Fox, Brian; A. Cameron. 2002. *Ciencia de los alimentos, Nutrición y salud*. México DF. Limusa Noriega Editores. 457pp.

20. Fuentes, M. et al. *HB-PROTICTA Contra el Hambre y la Desnutrición*. Guatemala. ICTA.
21. García, C. 1989. *¿Por qué del problema alimentario-nutricional en Guatemala?* Nutrición al Día. Guatemala. 3: 67-71pp
22. Gopalan, C. y Rao, K.S.J.1975. *Pellagra and amino acid imbalance*. *Vitam. Horm.*, 33: pp 505-528.
23. Guamuch, M. Sin año. *Programas de Salud Pública de Fortificación de Alimentos en Centro América*. Nota Técnica. INCAP.
24. *Guía para grupos focales*. 2001.
<http://www.educarchile.cl/medios/20040514092038.pdf>.
25. Instituto técnico de capacitación. 2001. *Manual de Panadería*. Guatemala. 50 págs.
26. Kira, R., D. Othmer. 1962. *Enciclopedia de tecnología química, tomo XI*. México. 995 pp.
27. Laure J. 1994. *El comportamiento de los salarios mínimos y los retos de la política salarial en Centroamérica*. Guatemala.
28. Lehninger, A. et al. 1993. *Principles of Biochemistry*. 2a edition. United States of America, Worth Publishers. 1013 págs.
29. *Manual de curso para Panificación*. Sin año. INTECAP.
30. Matz, S. 1991. *The Chemistry and Technology of Cereals as Food and Feed*. 2da Edición. New York, USA. pp 78-104
31. M. Meilgaard et al. *Sensory evaluation techniques*. 3rd edition. Unites States of America, CRC Press.
32. Morales, Rafael. 1994. *Desarrollo de un pan dulce portador de calorías, proteínas, vitamina A, hierro y otros micronutrientes*. Tesis de la Universidad del Valle de Guatemala. 65 pp.
33. Muller, Hg & Tobin G. 1986. *Nutrición y ciencia de los Alimentos*. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
34. *Official Methods of Analysis*. 1984. Association of Official Analytical Chemists. 4 edition. United Status of America. 1141 pp.
35. Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación (FAO)/Organización Mundial de la Salud (OMS). 1993. *El Maíz en la Nutrición Humana*. Roma Italia.<http://www.fao.org/docrep/T0395S/T0395S00.HTM#Contents>
36. Organización De Las Naciones Unidas Para La Agricultura y La Alimentación (FAO). 2003. *Perfiles Nutricionales por países*. Roma, Italia
37. OPS/INCAP. 1991. *Situación alimentaria nutricional de Guatemala*. Guatemala. INCAP 28 pp.
38. OPS/INCAP. 1969. *Encuesta Dietética de Centro América y Panamá*. Guatemala. INCAP. 50 pp
39. OPS/INCAP. 1991. *Seguridad Alimentaria Nutricional en Guatemala*. Guatemala. INCAP. 70pp
40. OPS/INCAP. 2003. *Situación de la seguridad alimentaria y nutricional de Guatemala*. Guatemala. INCAP. 143 pp.

41. Patterson, J.I., Brown, R.R., Linkswiler, H. y Harper, A.E. 1980. *Excretion of tryptophan- niacin metabolites by young men: effects of tryptophan, leucina and vitamin B6 intakes*. Am .J. Clin. Nutr: 33: 2157-2167 pp.
42. Pellet, Peter; V. Young. 1980. *Nutritional evaluation of protein foods*. United States of America, The United Nations University. 175 págs.
43. Prera, C. 2001. *Elaboración de productos de panadería y repostería*. Módulo I, Intecap. Guatemala.121 págs
44. Roussau, J. 1984. *Cosecha de Granos de Trigo, Maíz, Frijol y Soya*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Chile. pp 60
45. Secretaria General de Planificación Económica (SEGEPLAN)/ Instituto Nacional de Estadística (INE) 1991. *Encuesta Nacional de Consumo Aparente de Alimentos*. Guatemala.
46. Scade, John. 1975. *Cereales*. Editorial Acribia. Zaragoza, España.
47. Stenvert, N.L. and Kingswood, K. 1977. *Factors influencing the rate of moisture penetration into wheat during tempering*. Journal of Cereal Chemistry 54:627-637.
48. Quaglia, German. 1991. *Ciencia y Tecnología de la Panificación*. 2da edición. España, Acribia. 485 pp.
49. Torún, B., Menchú, M. y Elías, L. 1994. *Recomendaciones dietéticas diarias del INCAP*. Guatemala. INCAP/OPS. 137pp.
50. Watson, S. A. 1987. *Structure and composition*. En S.A. Watson y P.E. Ramstad. eds. *Corn: chemistry and technology*, p. 53-82. St Paul, EE.UU., Am. Assoc. Cereal Chem.
51. Watts, B. et. al. 1992. *Métodos Sensoriales Básicos para la evaluación de alimentos*. Centro internacional de investigadores para el desarrollo; Uruguay. pp 51-78
52. Witting, W. 199. *Evaluación Sensorial: una metodología actual para tecnología de alimentos*. pp.25-56

X. APÉNDICES

Apéndice No. 1 Análisis sensorial

1. Grupo focal

Buenas tardes, agradecemos su colaboración. En este estudio necesitamos determinar el grado de aceptación de las diferentes combinaciones de champurradas que se les presenta. Agradecemos cualquier sugerencia o comentario.

| Fecha: _____ | | |
|-----------------------------|------|------|
| Lugar: _____ | | |
| No. de asistentes: _____ | | |
| Moderador: _____ | | |
| Redactor: _____ | | |
| Hora de inicio: _____ | | |
| Hora de finalización: _____ | | |
| No. de participantes | Edad | Sexo |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

Se realizarán las siguientes preguntas para cada una de las combinaciones de champurradas elaboradas:

a. Color: Los panelistas deben observar el producto y expresar su aceptabilidad según su apariencia y presentación.

- i. ¿Qué piensa acerca de la apariencia y presentación de la champurrada?
- ii. ¿Qué piensa acerca del color?
- iii. ¿Le agrada o desagrada?

b. Olor: Los panelistas deben olfatear el producto y relacionar el olor y sus ingredientes.

- i. ¿Se relaciona el olor del producto con sus ingredientes?
- ii. ¿Les agrada o desagrada?

- c. Sabor: El panelista debe probar el producto.
- i. ¿Se relaciona el sabor del producto con sus ingredientes?
 - ii. ¿Les agrada o desagrada?
- d. Dureza: Los panelistas deben morder el producto con los dientes y molares y determinar el grado de dureza del producto.
- i. ¿Les agrada o desagrada?
- e. Textura: El panelista debe señalar la sensación que percibe en la boca después de probar la champurrada.
- i. ¿Les agrada o desagrada?

Se les pregunta a los panelistas si tienen algún comentario o sugerencia y se les agradece su colaboración.

2. Prueba hedónica

Sexo: _____

Edad: _____

Fecha: _____

Pruebe la champurrada que se presenta ante usted. Señale con una cruz (X) la casilla que corresponde a su grado de aceptabilidad acerca de cada una de las características del producto. Marque solamente una opción para cada característica y no deje respuestas sin contestar:

| | Apariencia | Olor | Sabor | Aceptabilidad general |
|---------------------------------|------------|------|-------|-----------------------|
| 1. Extremadamente agradable | | | | |
| 2. Muy agradable | | | | |
| 3. Bastante agradable | | | | |
| 4. Agradable | | | | |
| 5. Ni desagradable ni agradable | | | | |
| 6. Desagradable | | | | |
| 7. Bastante desagradable | | | | |
| 8. Muy desagradable | | | | |
| 9. Extremadamente desagradable | | | | |

Muchas Gracias

Apéndice No. 2
Mediciones químicas

1. Determinación de humedad

a. Equipo:

- × Crisoles
- × Horno de aire
- × Desecadora
- × Balanza analítica

b. Procedimiento:

- × Lavar y secar los crisoles en horno o mechero por 30 minutos a 100°C, enfriar en desecadora y tararlos cuando lleguen a temperatura ambiente.
- × Pesar 1 gramo de muestra en el crisol previamente tarado.
- × Secar el crisol con la muestra en horno a 130°C un mínimo de 2 horas o hasta llegar a masa constante.
- × Remover del horno y colocar en desecadora hasta que alcance temperatura ambiente.
- × Pesar crisoles en balanza y calcular el porcentaje de humead.
- × Reporte el residuo de harina como sólidos totales y la pérdida de peso como humedad

$$\%H=(\text{pérdida de peso}/\text{peso de muestra})\cdot 100$$

$$\% \text{ sólidos} = 100 - \%H$$

2. Determinación de cenizas

a. Equipo:

- × Balanza analítica
- × Horno de alta temperatura (0-600°C)
- × Platos metálicos
- × Desecador

b. Procedimiento:

- × Se pesan 3-5 gramos de la muestra bien mezclada en un plato, el cual ha sido calentado y enfriado en desecador, y pesado al alcanzar la temperatura ambiente.
- × Se calienta el horno a 550°C (rojo vivo) hasta que se observa una ceniza gris clara.
- × Se deja enfriar en el desecador y se pesa cuando la muestra alcanza la temperatura ambiente.

3. Determinación de fibra cruda

a. Equipo

- × Para digestión: condensador, beaker de 600 ml, plato térmico ajustable.
- × Plato de cenizas: silica, vitreosil 70*15 mm, o de porcelana No. 450.
- × Desecador
- × Filtro de succión

b. Reactivos

- × Solución de Ácido Sulfúrico: 0.255 + 0.005N, 125 g H₂SO₄/100 ml
- × Solución de Hidróxido de Sodio: 0.313 + 0.005N, 1.25 g NaOH/100 ml
- × Preparación de la fibra cerámica: coloque 60 g de fibra cerámica en la batidora, agregar 800 ml. de agua y batir por un minuto a baja velocidad. La determinación en blanco se hace con 2 gramos de fibra cerámica con ácido y álcali. Corregir los resultados de la fibra cruda para cualquier blanco que sea despreciable (aproximadamente 2 mg.)
- × Alcohol al 95%, isopropanol
- × Perlas de ebullición

c. Procedimiento

- × Se tritura la muestra hasta obtener un polvo fino uniforme.
- × Determinación: se extrae 2 gramos de la muestra con éter o éter de petróleo. Se transfiere a un beaker de 600 ml. Se agrega aproximadamente 1.5-2.0 gramos de fibra cerámica seca, 200 ml. de H₂SO₄ 1.25% ebulliendo y 1 gota de antiespumante. Se colocan perlas de ebullición. Se coloca el beaker en frasco de digestión y se calienta con una manta térmica por 30 minutos (se rota el beaker periódicamente para evitar que los sólidos se adhieran a las paredes). Se remueve el beaker y se filtra con un California Buchner.
- × California Buchner: se lava el beaker con 50-75 ml. de agua caliente y se lava a través del buchner. Se repite con 3 porciones de 50 ml. de agua y se deja secar. Se agregan 200 ml de NaOH al 1.25% caliente y se deja ebullición por 30 minutos. Se filtra y luego se lava con porciones de 25 ml. H₂SO₄ al 1.25% caliente, 3 porciones de 50 ml. de agua y 25 ml. de alcohol.
- × Tratamiento del residuo: se coloca el residuo a 130°C por 2 horas. Se deja enfriar en el desecador y se pesa. Se coloca en la mufla a 600°C por 30 minutos. Se deja enfriar y se vuelve a pesar.

$$\% \text{ fibra cruda} = \frac{[(\text{peso crisol muestra seca} - \text{peso crisol muestra calcinada})/\text{peso inicial}] * 100}{}$$

4. Determinación de carbohidratos totales: Método de Diferencia

$$\% \text{ carbohidratos} = 100 - \text{porcentaje de proteína} - \text{porcentaje de g}$$

5. Determinación de proteínas: Método de Kjeldahl:

a. Equipo:

- × Para digestión: frascos Kjeldahl de vidrio moderadamente grueso con capacidad de 500-800 ml. Aparato calentador ajustado para llevar 250 ml de H₂O a 25°C a ebullición en 5 minutos. 3-4 perlas de ebullición.
- × Para destilación: frascos Kjeldahl de 500-800 ml ajustado con tapón de hule.

b. Reactivos:

- × Ácido Sulfúrico H₂SO₄ 93-98%, libre de nitrógeno
- × Oxido de Mercurio o Mercurio Metálico, HgO o Hg grado reactivo, libre de nitrógeno
- × Sulfato de Potasio (o Sulfato de Sodio Anhidro) grado reactivo, libre de nitrógeno
- × Ácido Salicílico grado reactivo, libre de nitrógeno
- × Sulfito o Solución de Tiosulfato. Disolver 40 gramos con K₂S en 1 L de H₂O (solución de 40g Na₂S u 80 g Na₂S₂O₃.5 H₂O en 1 L puede ser utilizada)
- × Hidróxido de Sodio. Pelotitas o solución, libre de nitrato. Para solución, disolver 450 g de NaOH sólido en agua, enfriar y diluir a 1 L.
- × Gránulos de Zinc, grado reactivo
- × Polvo de Zinc, polvo impalpable
- × Indicador metil rojo. Disolver 1 gramo metil rojo en 200 ml de alcohol
- × Solución de Ácido Hidroclórico o Sulfúrico 0.5N ó 1.0N cuando la cantidad de Nitrógeno es pequeña
- × Solución estándar de Hidróxido de Sodio 0.1N

c. Procedimiento:

- × Se coloca muestra pesada (0.7-2.2 g) en frasco de digestión.
- × Se agrega 0.7 gramos HgO ó 65 gramos Hg metálico, 15 gramos K₂SO₄ o anhídrido de Na₂SO₄ y 25 ml de H₂SO₄. Si la muestra es mayor de 2.2 gramos, incrementar 10 ml de H₂SO₄ por cada gramo de muestra.
- × Se coloca frasco en posición inclinada y se calienta hasta que cese la espuma, ebullición hasta que la solución se aclara.
- × Se deja enfriar a una temperatura menor a 25°C y se agrega aproximadamente 200 ml de agua, se añade también 25 ml de solución de sulfito o tiosulfito y se mezcla para precipitar el Hg. Se agregan gránulos de Zinc para evitar una ebullición violenta, se agita el frasco y se agrega una capa de NaOH sin agitar (por cada 10 ml de H₂SO₄ utilizado se agrega 15g de NaOH sólido).
- × Se conecta el frasco al bulbo de digestión en el condensador y con la punta del condensador inmersa en solución ácida estándar, se agregan 5-7 gotas del indicador en el frasco colector. Se rota el frasco para mezclar componentes.
- ×

- × Se calienta hasta que todo el NH_3 se haya destilado (aproximadamente 150 ml de destilado).
- × Se remueve el frasco colector, se lava la punta del condensador y se titula el exceso de solución ácida estándar en el destilado con solución estándar de NaOH. Se corrige por determinación en blanco de reactivos.

$$\%N = [(ml \text{ solución estándar ácida} * \text{normalidad del ácido}) - (ml \text{ solución estándar NaOH} * \text{normalidad de NaOH})] * (1.4007/\text{gramos de la muestra})$$

$$\text{Proteína} = N * 6.25$$

6. Determinación de grasa: Método de Soxhlet

a. Equipo:

- × Beaker de 200 ml
- × Embudo con vacío
- × Papel filtro

b. Reactivos:

- × Éter Anhídrido: Se lava el éter con 2-3 porciones de agua, se agrega NaOH o KOH sólido y se deja hasta que la mayoría de agua haya sido extraída del éter. Se decanta a un frasco seco. Se agregan pequeñas piezas de Na metálico y se deja hasta que finalice la ebullición. Se deja éter sobre Na metálico en el frasco con el corcho sobrepuesto.

c. Procedimiento:

- × Armar el extractor Soxhlet con condensador de reflujo y frasco de destilación que ha sido previamente tarado y secado.
- × Pesar 2-3 gramos de la muestra y colocarla en el tubo de extracción. Agregar éter hasta la marca en el frasco de extracción.
- × Verificar que todo esté apretado y colocar en el calentador eléctrico ajustando el calor para que el solvente ebulle suavemente. El periodo de extracción es de 4-16 horas.
- × Secar el extracto por 30 minutos a 100°C , enfriar y pesar.

Apéndice No. 3
Análisis biológico

1. Método de Razón Proteínica Neta (NPR)

- a. Animales: usar ratas macho recién destetadas de una sola cepa, de 20 a 23 días de edad, a razón de diez para cada dieta.
- b. Dietas: Usar una dieta basal de la siguiente composición porcentual en base seca (por aire): almidón de maíz, 80; aceite de maíz o de semilla de algodón, 10; celulosa no-nutritiva, 5; sales minerales USP XIV, 4; y mezclas de vitaminas, 1. Incorpórese el alimento proteínico bajo estudio a la dieta a expensas del almidón de maíz, a modo de proporcionar 10 por ciento (9.7 – 10.3) de proteína (N * 6.25). Prepárese un suplemento vitamínico que en 1 g contenga las cantidades siguientes de vitaminas: Vitamina A, 1000 UI; vitamina D, 100 UI; vitamina E, 10 UI; vitamina K (menadiona), 0.5 mg; tiamina, 0.5 mg; riboflavina, 1.0 mg; piridoxina, 0.4mg; ácido pantoténico, 4.0 mg; niacina, 4.0 mg; colina, 200 mg; inositol, 25 mg; ácido para-aminobenzoico, 10 mg; vitamina B12, 2 µg; biotina, 0.02 mg, y ácido fólico, 0.2 mg. Agregar suficiente celulosa para hacer 1 g. Ofrecer la dieta y agua ad libitum.
- c. Duración del ensayo: 4 semanas
- d. Jaulas: Usar jaulas individuales provistas de comederos que reduzcan al mínimo el derramamiento de alimento.
- e. Aleatorización: Usar un diseño de bloques al azar en el que los bloques representan variaciones en peso inicial. Distribuir ratas al azar en cada bloque, por dieta y jaula. Si la variación entre camadas es significativa, usar un diseño que permita eliminar esta variable.
- f. Registros: llevar un registro semanal o cada 10 días del alimento consumido y del peso corporal.
- g. Para terminación del NPR: Además del grupo de prueba, mantener un grupo control de ratas, apareadas en peso con respecto al grupo experimental, en una dieta consistente de la ración basal sin modificar. A los diez días calcular el NPR para cada alimento:

$$\text{NPR} = \frac{\text{ganancia del animal bajo prueba} - \text{pérdida del animal control}}{\text{Proteína consumida por el animal bajo prueba}}$$

- h. Es la ganancia de peso de un animal de ensayo más la pérdida de peso de un animal control por gramo de proteína consumida. Así:

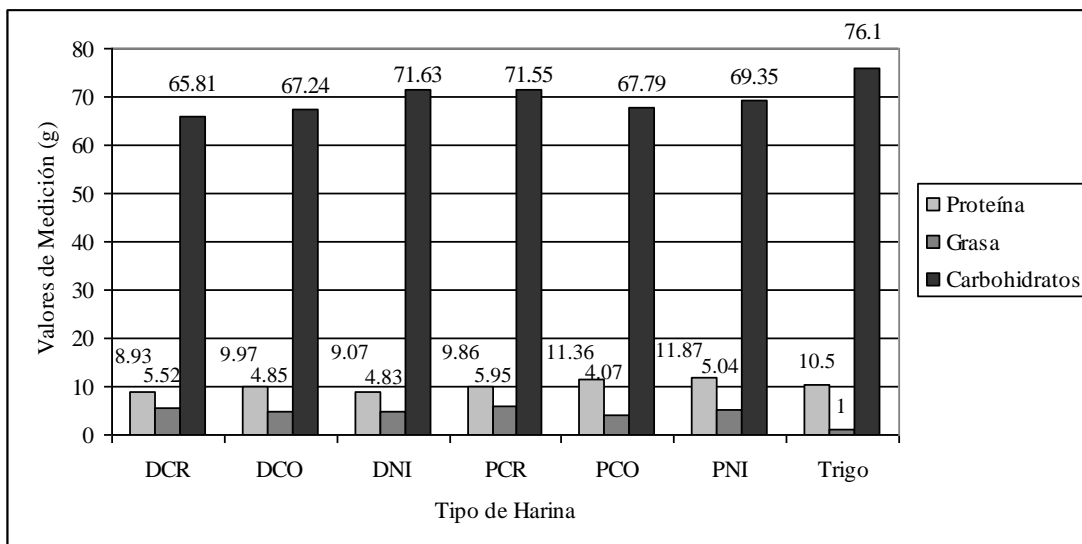
$$\text{NPR} = \frac{\text{ganancia de peso del animal de ensayo} + \text{pérdida de peso de animales alimentados con la dieta basal (libre de CHON)}}{\text{Proteína (N * 6.25) consumida por un animal de ensayo}}$$

- i. Se recomiendan tanto periodos de crecimiento de 10 como de 14 días. La razón no está basada en un porcentaje o escala de unidad.

Apéndice No. 4

Gráficas del análisis químico proximal de las harinas

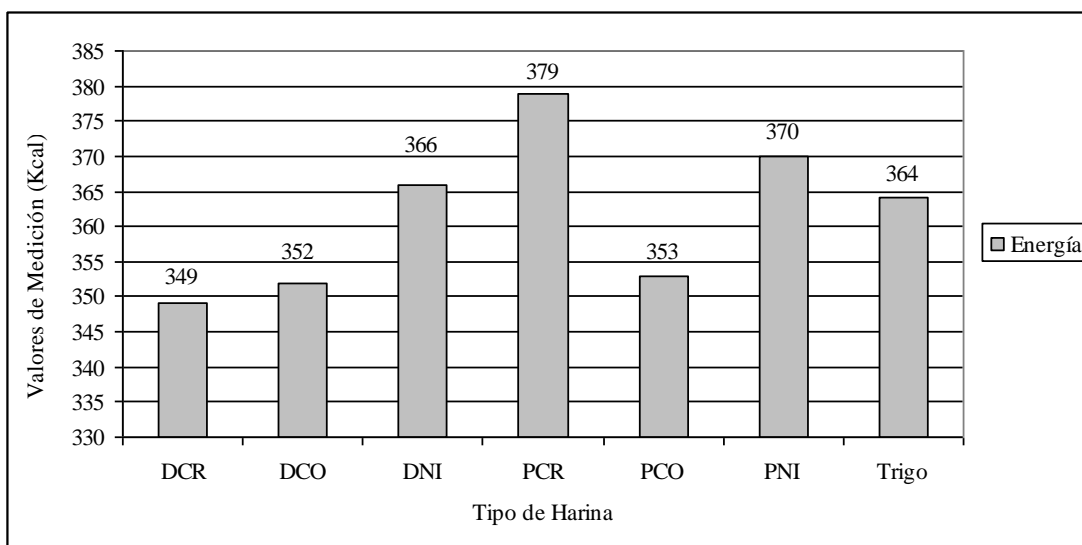
Gráfica No. 4: Resultados de macronutrientes, según tratamiento



DCR: Maíz Duro crudo
 DCO: Maíz Duro cocido
 DNI: Maíz Duro nixtamalizado

PCR: Maíz HB-Proticta crudo
 PCO: Maíz HB-Proticta cocido
 PNI: Maíz HB-Proticta nixtamalizado

Gráfica No.5: Resultados de energía, según tratamiento



Apéndice No. 5
Receta modificada

1. Ingredientes

- 2 ½ vasos de agua
- 2 Lb 12 onzas de azúcar
- 1 Lb de margarina
- 1 Lb de manteca vegetal
- 5 Lb de harina
- 4 onzas de polvo de hornear
- 1 tapón de vainilla

2. Procedimiento. Se pesan los ingredientes. Luego se hace una piletta con los ingredientes secos. En el centro se coloca el agua, el azúcar y la vainilla. Se incorpora la grasa poco a poco. Se bolea de 2 onzas el par. Se coloca en una bandeja y se agachan con un apachador de champurrada. Se hornea a 250°C por aproximadamente 15-20 minutos.

Apéndice No. 6
Comentarios del grupo focal

Cuadro No. 34: Comentarios del grupo focal acerca de los diferentes tipos de champurradas

| | Apariencia/Color | Aroma | Sabor | Dureza | Textura |
|----------|---|--|---|--|---|
| TRIGO | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pálida, le falta tostado ▪ La mezcla no se mira homogénea ▪ Es agradable, pero no como debería ser una champurrada | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Huele feo ▪ Tiene aroma salado ▪ Es desagradable ▪ No tiene aroma a champurrada | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agradable, pero no esta relacionado con el de una champurrada ▪ Insípida | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Al morderlo es agradable, aunque está dura | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Un poco porosa ▪ Debería ser más grasosa ▪ Contiene mucha harina |
| PNI80-20 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Apariencia mejor a la de trigo ▪ Se miran granos de azúcar ▪ Debería ser más dorada ▪ Se mira más porosa ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No huele a champurrada ▪ Huele a masa ▪ Es desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sabe mejor que la trigo ▪ Sabe a harina de maíz ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Muy dura ▪ Al morderlo quedan pedazos duros | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Es porosa, más que la de trigo ▪ Se desintegra muy fácil ▪ Arenoso ▪ Muy granulada ▪ Desagradable |
| PNI60-40 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Mejor que las anteriores ▪ Mas dorada ▪ Mas uniforme ▪ No se le miran tanto los granos de azúcar ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Huele mucho a maíz ▪ Olor a tamalito ▪ Es desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Es más dulce ▪ Es más rico ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Porosa ▪ Arenosa ▪ Desagradable |
| PNI40-60 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Muy amarilla ▪ Poco atractiva ▪ Falta de uniformidad ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No huele a champurrada ▪ Olor a tamal ▪ Es desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sabor fuerte a tamal de maíz ▪ Es agradable, pero no sabe a champurrada | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Porosa ▪ Muy Arenosa ▪ Desagradable |
| PCO80-20 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gustó más que las anteriores ▪ Se le miran muchos granos de azúcar ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Huele a champurrada ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Es rica ▪ Es agradable, más que las anteriores ▪ Sabe a champurrada | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No tan arenosa como las anteriores ▪ Menos desagradable |
| PCO60-40 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Les gustó bastante ▪ Menos poros ▪ No tan pálida ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Huele a champurrada ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Es rica ▪ Es agradable, más que la anterior ▪ Sabe a champurrada | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Muy dura ▪ Es desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Es arenosa y el grano más grueso ▪ Muy seca, está mas tostada ▪ Desagradable |
| PCO40-60 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Muy pálida ▪ Muchos granos de azúcar ▪ Desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Huele a masa ▪ Desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sabor muy fuerte a tamal de maíz ▪ Desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Muy dura ▪ Es desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Arenosa ▪ Porosa ▪ Desagradable |
| PCR80-20 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pálida ▪ Le falta más dorado ▪ Tiene muy marcado los granos de azúcar ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tiene un leve aroma a maíz ▪ Tiene aroma salado ▪ Es desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sabe a maíz ▪ Tiene sabor salado ▪ Es desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Muy arenosa ▪ Porosa ▪ Desagradable |

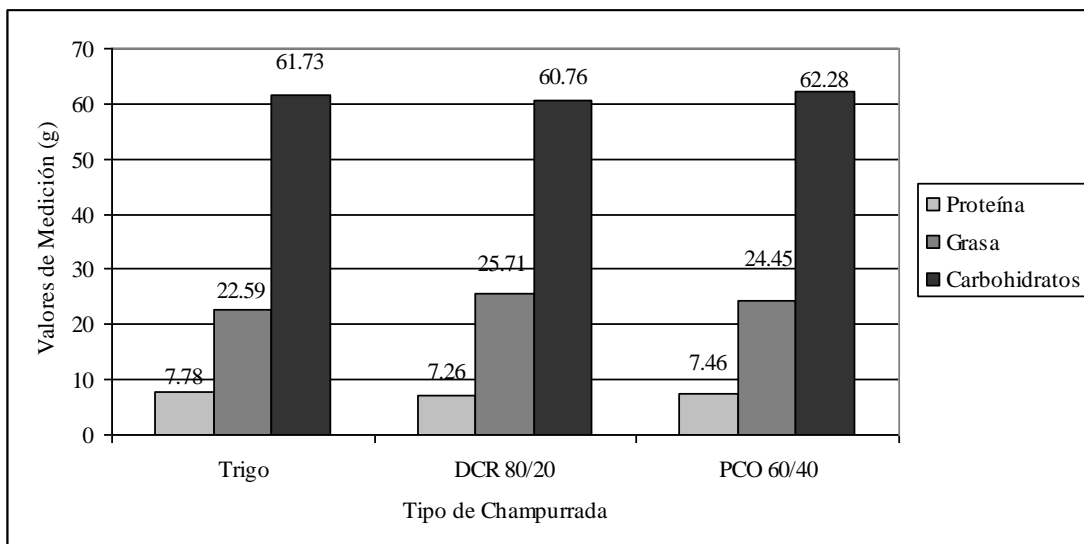
| | | | | | |
|----------|--|--|---|---|--|
| PCR60-40 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pálida ▪ Parece galleta ▪ No se le miran tanto los granos de azúcar ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No tiene mucho olor ▪ No huele a champurrada ▪ Es desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Más dulce que las anteriores ▪ No tiene sabor homogéneo ▪ Es agradable, mejor que la anterior | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Muy porosa ▪ Se desintegra muy fácil ▪ Quedan granos entre los dientes ▪ Desagradable |
| PCR40-60 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Está mejor que la anterior ▪ Está mas tostada ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aroma a champurrada ▪ Más dulce ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Menos dulce ▪ Sabe a maíz ▪ Sabor raro ▪ Tiene un rezago amargo | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Arenosa y porosa ▪ Muy granulada ▪ Le hace falta grasa |
| DNI80-20 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pálida ▪ Falta color dorado ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Huele a champurrada ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sabe bien ▪ Tiene sabor a champurrada ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Un poco dura ▪ Es desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Arenosa ▪ Muy granulada ▪ Está muy seca ▪ Desagradable |
| DNI60-40 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Está más oscura ▪ Mejor apariencia ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Aroma a crudo ▪ Huele a maíz ▪ No huele a champurrada ▪ Es desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No tiene mucho sabor ▪ Es desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Muy porosa y arenosa ▪ Muy granulada ▪ Desagradable |
| DNI40-60 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bueno color ▪ Tiene apariencia a champurrada ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Huele mucho a maíz ▪ Es agradable, pero no tiene aroma a champurrada | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sabe a maíz ▪ Más dulce ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Menos porosa y arenosa ▪ Agradable |
| DCO80-20 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bueno color ▪ Tiene apariencia de champurrada ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No tiene aroma ▪ No huele a champurrada ▪ Es desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No tiene mucho sabor ▪ Es menos dulce ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Menos granulada ▪ Agradable |
| DCO60-40 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pálida ▪ Falta color dorado ▪ Desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Huele a harina ▪ Tiene aroma a crudo ▪ Es desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Insípida ▪ Muy simple ▪ Falta sabor dulce ▪ Es desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Muy dura ▪ Es desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Muy porosa y granulada ▪ Desagradable |
| DCO40-60 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Faltó color ▪ Apariencia agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Huele a champurrada ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Buen sabor ▪ Sabe a champurrada ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Granulada, seca ▪ Desagradable |
| DCR80-20 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Buen color ▪ Apariencia y color a champurrada ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No tiene mucho aroma pero es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Rica ▪ Sabe a champurrada ▪ Es la mejor en sabor ▪ Muy agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Casi no se sienten los granos ▪ Agradable |

| | | | | | |
|----------|---|---|--|---|--|
| DCR60-40 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Le falta color, pálida ▪ Apariencia agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ No tiene aroma ▪ Desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Buen sabor ▪ Sabe a champurrada ▪ Es agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Más granulosa que la anterior ▪ Agradable |
| DCR40-60 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tiene mejor color, es más oscura ▪ Se mira rugosa ▪ Agradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tiene olor a maíz ▪ Desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Sabe a maíz ▪ Es desagradable | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Regular | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Muy granulosa ▪ Desagradable |

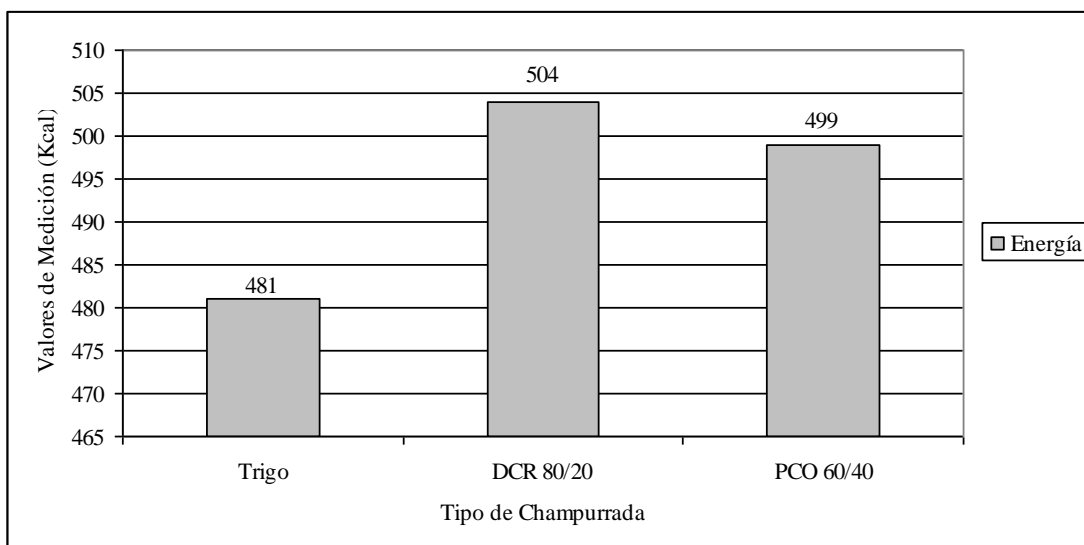
Apéndice No. 7

Gráficas del análisis químico proximal de las champurradas

Gráfica No. 6: Resultados de macronutrientes, según tipo de champurrada



Gráfica No.7: Resultados de energía, según tipo de champurrada



Apéndice No. 8
Datos intermedios

1. Datos intermedios del análisis físico

Cuadro No. 35: Diámetro de las muestras

| Tratamiento | Sustitución | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Trigo | | 11.5 | 11.4 | 11.3 | 11.0 | 11.0 | 11.6 | 11.5 | 11.1 | 11.0 | 11.0 |
| PNI | 80/20 | 12.0 | 11.2 | 11.4 | 10.4 | 11.8 | 10.5 | 12.0 | 11.2 | 11.2 | 11.3 |
| | 60/40 | 11.4 | 11.4 | 11.0 | 10.5 | 11.6 | 11.0 | 10.9 | 10.4 | 11.5 | 11.7 |
| | 40/60 | 12.5 | 11.5 | 12.0 | 12.0 | 11.8 | 11.6 | 11.5 | 12.1 | 12.4 | 11.6 |
| PCO | 80/20 | 11.5 | 10.8 | 10.9 | 11.0 | 11.0 | 10.6 | 11.8 | 11.0 | 10.3 | 11.0 |
| | 60/40 | 10.4 | 10.5 | 10.6 | 10.7 | 11.0 | 11.2 | 10.6 | 10.8 | 11.2 | 10.4 |
| | 40/60 | 11.0 | 11.5 | 12.0 | 10.5 | 11.4 | 10.8 | 11.3 | 11.5 | 11.3 | 10.5 |
| PCR | 80/20 | 12.0 | 12.0 | 11.8 | 11.9 | 12.0 | 11.5 | 11.6 | 11.8 | 12.0 | 11.5 |
| | 60/40 | 12.2 | 12.3 | 11.8 | 11.9 | 11.8 | 11.8 | 11.5 | 11.7 | 12.0 | 11.9 |
| | 40/60 | 12.0 | 12.1 | 12.0 | 12.2 | 11.7 | 12.0 | 11.8 | 12.1 | 11.9 | 11.9 |
| DNI | 80/20 | 11.3 | 11.5 | 11.9 | 11.7 | 11.8 | 11.7 | 11.8 | 11.9 | 11.5 | 11.8 |
| | 60/40 | 11.7 | 11.6 | 11.7 | 11.3 | 11.9 | 11.9 | 11.2 | 11.8 | 11.9 | 11.8 |
| | 40/60 | 11.1 | 10.8 | 10.8 | 10.7 | 11.0 | 10.5 | 11.0 | 11.1 | 10.6 | 10.5 |
| DCO | 80/20 | 11.8 | 11.4 | 11.7 | 11.5 | 11.5 | 11.5 | 11.4 | 11.7 | 11.8 | 11.9 |
| | 60/40 | 11.3 | 11.6 | 11.7 | 11.4 | 11.5 | 11.7 | 11.8 | 11.6 | 11.9 | 11.7 |
| | 40/60 | 11.5 | 11.7 | 11.7 | 11.7 | 11.8 | 11.9 | 11.6 | 11.6 | 11.7 | 11.7 |
| DCR | 80/20 | 11.7 | 11.5 | 11.8 | 11.9 | 11.3 | 11.6 | 11.7 | 11.5 | 11.6 | 11.7 |
| | 60/40 | 11.9 | 12.0 | 11.6 | 11.7 | 11.6 | 11.9 | 11.8 | 11.6 | 11.5 | 11.8 |
| | 40/60 | 12.0 | 12.0 | 11.9 | 11.8 | 11.9 | 11.8 | 12.0 | 12.1 | 11.7 | 11.8 |

Cuadro No. 36: Ancho de las muestras

| Tratamiento | Sustitución | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Trigo | | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.7 |
| PNI | 80/20 | 0.5 | 0.6 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.5 |
| | 60/40 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 |
| | 40/60 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| PCO | 80/20 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.4 |
| | 60/40 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| | 40/60 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.4 |
| PCR | 80/20 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.5 | 0.7 |
| | 60/40 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 |
| | 40/60 | 0.6 | 0.7 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.5 |
| DNI | 80/20 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 |
| | 60/40 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.8 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| | 40/60 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.5 | 0.6 |
| DCO | 80/20 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.5 |
| | 60/40 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.5 |
| | 40/60 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.5 |
| DCR | 80/20 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 |
| | 60/40 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.6 |
| | 40/60 | 0.6 | 0.5 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.5 | 0.5 | 0.6 | 0.6 |

Cuadro No. 37: Peso de las muestras

| Tratamiento | Sustitución | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|-------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Trigo | | 35.5 | 40.7 | 44.9 | 41.2 | 32 | 37.1 | 41.8 | 40.2 | 44.7 | 44.8 |
| PNI | 80/20 | 53.2 | 43.0 | 41.5 | 38.0 | 40.8 | 37.8 | 45.0 | 38.8 | 36.1 | 38.5 |
| | 60/40 | 40.0 | 39.6 | 35.8 | 39.2 | 38.2 | 37.8 | 37.2 | 35.7 | 40.0 | 45.8 |
| | 40/60 | 55.5 | 41.5 | 46.3 | 42.5 | 40.0 | 40.0 | 44.6 | 45.9 | 46.0 | 42.9 |
| PCO | 80/20 | 39.3 | 35.3 | 38.2 | 40.2 | 41.4 | 38.5 | 42.0 | 39.0 | 34.2 | 35.0 |
| | 60/40 | 34.4 | 39.0 | 37.5 | 38.0 | 44.3 | 45.0 | 37.1 | 41.8 | 42.0 | 38.1 |
| | 40/60 | 43.3 | 44.4 | 52.6 | 40.0 | 38.5 | 38.6 | 35.8 | 41.0 | 40.5 | 38.9 |
| PCR | 80/20 | 40.0 | 38.0 | 45.7 | 35.7 | 47.5 | 47.0 | 39.8 | 46.0 | 42.3 | 40.0 |
| | 60/40 | 48.7 | 44.5 | 42.9 | 39.2 | 40.6 | 38.1 | 37.8 | 41.5 | 44.0 | 42.5 |
| | 40/60 | 34.8 | 44.1 | 38.0 | 40.0 | 38.3 | 36.3 | 43.5 | 45.5 | 40.0 | 43.1 |
| DNI | 80/20 | 37.0 | 44.0 | 45.4 | 41.5 | 35.0 | 38.0 | 41.5 | 39.0 | 46.0 | 38.0 |
| | 60/40 | 43.0 | 45.7 | 37.5 | 31.5 | 51.5 | 34.5 | 42.5 | 44.7 | 42.8 | 43.4 |
| | 40/60 | 37.2 | 46.3 | 42.5 | 36.0 | 35.8 | 34.5 | 39.8 | 38.5 | 38.8 | 43.0 |
| DCO | 80/20 | 38.7 | 40.5 | 36.3 | 36.9 | 38.5 | 36.5 | 38.5 | 43.4 | 44.5 | 46.5 |
| | 60/40 | 40.0 | 47.3 | 38.4 | 40.0 | 36.5 | 39.7 | 39.8 | 43.1 | 45.3 | 45.0 |
| | 40/60 | 37.7 | 38.0 | 40.5 | 46.0 | 41.7 | 42.4 | 38.4 | 43.7 | 35.8 | 33.5 |
| DCR | 80/20 | 41.5 | 42.7 | 44.0 | 39.3 | 34.0 | 39.5 | 40.0 | 49.2 | 39.5 | 36.8 |
| | 60/40 | 49.5 | 40.5 | 43.6 | 43.6 | 42.5 | 45.1 | 47.0 | 46.6 | 40.0 | 40.1 |
| | 40/60 | 40.0 | 43.6 | 44.9 | 36.3 | 39.9 | 40.1 | 46.5 | 38.2 | 41.1 | 48.9 |

2. Datos intermedios del análisis sensorial

Cuadro No. 38: Análisis de los datos obtenidos de la prueba hedónica para trigo

| Escala | Apariencia | Olor | Sabor | Apariencia general |
|--------|-------------|--------------|-------------|--------------------|
| 9 | 0 | 2 x 9 = 18 | 7 x 9 = 63 | 0 |
| 8 | 10 x 8 = 80 | 6 x 8 = 48 | 7 x 8 = 56 | 15 x 8 = 120 |
| 7 | 12 x 7 = 84 | 21 x 7 = 147 | 9 x 7 = 63 | 13 x 7 = 91 |
| 6 | 11 x 6 = 66 | 8 x 6 = 48 | 16 x 6 = 96 | 12 x 6 = 72 |
| 5 | 7 x 5 = 35 | 3 x 5 = 15 | 1 x 5 = 5 | 0 |
| 4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 265 | 276 | 283 | 283 |
| Valor | 265/40=6.62 | 276/40=6.9 | 283/40=7.08 | 283/40=7.08 |

Cuadro No. 39: Análisis de los datos obtenidos de la prueba hedónica para DCR 80/20

| Escala | Apariencia | Olor | Sabor | Apariencia general |
|--------|--------------|-------------|-------------|--------------------|
| 9 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 5 x 8 = 40 | 10 x 8 = 80 | 11 x 8 = 88 | 9 x 8 = 72 |
| 7 | 7 x 7 = 49 | 10 x 7 = 70 | 6 x 7 = 42 | 6 x 7 = 42 |
| 6 | 18 x 6 = 108 | 11 x 6 = 66 | 12 x 6 = 72 | 15 x 6 = 90 |
| 5 | 8 x 5 = 40 | 8 x 5 = 40 | 6 x 5 = 30 | 7 x 5 = 35 |
| 4 | 2 x 4 = 8 | 1 x 4 = 4 | 4 x 4 = 16 | 2 x 4 = 8 |
| 3 | 0 | 0 | 1 x 3 = 3 | 0 |
| 2 | 0 | 0 | 0 | 1 x 2 = 2 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 245 | 260 | 251 | 249 |
| Valor | 245/40=6.12 | 260/40=6.5 | 251/40=6.28 | 249/40=6.22 |

Cuadro No. 40: Análisis de los datos obtenidos de la prueba hedónica para PCO 60/40

| Escala | Apariencia | Olor | Sabor | Apariencia general |
|--------|--------------|-------------|-------------|--------------------|
| 9 | 1 x 9 = 9 | 2 x 9 = 18 | 2 x 9 = 18 | 1 x 9 = 9 |
| 8 | 9 x 8 = 72 | 7 x 8 = 56 | 9 x 8 = 72 | 7 x 8 = 56 |
| 7 | 9 x 7 = 63 | 12 x 7 = 84 | 10 x 7 = 70 | 9 x 7 = 63 |
| 6 | 13 x 6 = 78 | 9 x 6 = 54 | 10 x 6 = 60 | 8 x 6 = 48 |
| 5 | 7 x 5 = 35 | 10 x 5 = 50 | 5 x 5 = 25 | 14 x 5 = 70 |
| 4 | 1 x 4 = 4 | 0 | 3 x 4 = 12 | 0 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 1 x 3 = 3 |
| 2 | 0 | 0 | 1 x 2 = 2 | 0 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Total | 261 | 262 | 259 | 249 |
| Valor | 261/40=6.525 | 262/40=6.55 | 259/40=6.48 | 249/40=6.22 |

3. Datos intermedios del análisis biológico

Cuadro No. 41: Registro del crecimiento de ratas experimentales durante 14 días (peso en gramos)

| No. Rata | Inicio | | | | | 7 días | | | | | 14 días | | | | |
|-------------|--------|----|----|----|----|--------|----|----|----|----|---------|----|----|-----|----|
| | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 |
| 1 | 50 | 50 | 50 | 50 | 46 | 47 | 53 | 47 | - | 42 | 48 | 52 | 48 | 122 | 40 |
| 2 | 50 | 50 | 50 | 50 | 46 | 47 | 48 | 45 | - | 41 | 48 | 49 | 46 | 122 | 38 |
| 3 | 48 | 48 | 50 | 50 | 50 | 46 | 46 | 47 | - | 50 | 45 | 49 | 47 | 130 | 46 |
| 4 | 50 | 48 | 46 | 50 | 50 | 53 | 51 | 45 | - | 50 | 54 | 51 | 47 | 97 | 40 |
| 5 | 46 | 46 | 46 | 50 | 52 | 49 | 47 | 46 | - | 46 | 51 | 46 | 45 | 100 | 46 |
| 6 | 44 | 42 | 42 | 50 | 52 | 46 | 42 | 42 | - | 50 | 45 | 42 | 41 | 112 | 48 |

D1: champurrada de trigo

D2: champurrada DCR 80/20

D3: champurrada PCO 60/40

D4: dieta libre de nitrógeno

D5: caseína

Cuadro No. 42: Registro del consumo total de alimento de ratas experimentales durante 14 días

| No. de Rata | Alimento Total (gramos) | | | | |
|----------------|-------------------------|----|----|-----|----|
| | D1 | D2 | D3 | D4 | D5 |
| 1 | 54 | 58 | 62 | 189 | 73 |
| 2 | 61 | 58 | 68 | 183 | 67 |
| 3 | 56 | 59 | 60 | 190 | 69 |
| 4 | 73 | 67 | 78 | 155 | 73 |
| 5 | 79 | 67 | 63 | 143 | 78 |
| 6 | 72 | 58 | 73 | 173 | 73 |

D1: champurrada de trigo D2: champurrada DCR 80/20

D3: champurrada PCO 60/40 D4: dieta libre de nitrógeno

D5: caseína