

I. INTRODUCCIÓN

La dieta del guatemalteco está basada en alimentos ricos en carbohidratos (como el maíz, el frijol y trigo) y bajos en proteína de alto valor biológico. El maíz está presente en la dieta de la mayoría de la población guatemalteca, al igual que el trigo bajo la forma de pan, con lo que se acompañan la mayoría de las comidas. Debido a que en nuestro país existen deficiencias nutricionales de proteína y energía, se han desarrollado productos nuevos como los son los genotipos de maíz con alta calidad proteica (QPM), como lo es el HB-Proticta.

Este trabajo de tesis tenía como objetivo el desarrollar un producto de panificación nutricionalmente mejorado, que tuviera alta calidad proteica y con características organolépticas aceptables por parte del consumidor. Por lo tanto se elaboró un pan dulce tipo champurrada, por medio de la sustitución parcial de harina de trigo con harina de maíz. Se utilizaron dos granos distintos de maíz, un maíz QPM (alta calidad proteica), en este caso se utilizó la variedad HB-Proticta; y un grano suave, se utilizó maíz Salpor.

Se realizaron tres tratamientos distintos al maíz, estos fueron crudo, cocido y nixtamalizado; y se trabajó a tres niveles de sustitución parcial 80-20, 60-40, 40-60. Se elaboró también una champurrada 100% de trigo para tener una muestra control que permitió realizar comparaciones de las muestras. Se estableció que la sustitución parcial adecuada para la elaboración del producto fue de 60-40, y que el tratamiento adecuado varió según el grano, pues para HB-Proticta fue cocido y para Salpor fue crudo.

Se espera que con este trabajo se haya creado un producto que pueda ser consumido por la población guatemalteca para evitar deficiencias nutricionales proteico-calóricas.

Es importante mencionar que se trabajaron dos tesis sobre el mismo tema, una que permite comprar los resultados de champurradas elaboradas con un grano de maíz suave y un QPM, y otra que compra las propiedades entre un grano de maíz dura y un QPM.

II. MARCO TEÓRICO

El maíz, con el trigo y el arroz son los cereales más importantes del mundo, suministran elementos nutritivos a los seres humanos, y son materias básicas de la industria.

A. Situación alimentaria y nutricional actual de Guatemala

La situación alimentaria y nutricional en Guatemala tiene muchos problemas que la afectan, este es un problema 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).

Según la FAO/OMS, la disponibilidad de alimentos en Guatemala ha sido afectada principalmente por los eventos naturales y las políticas económicas agrarias inadecuadas. La tendencia a las importaciones ha sido al incremento, principalmente de cereales, lácteos y grasas de origen animal. (Raffalli, 2003)

El patrón alimentario en Guatemala se basa principalmente en los cereales (el maíz), azúcares y frijoles. La adecuación energética de la dieta está cercana al 90% y muestra deficiencias críticas de grasas, proteínas de origen animal y micronutrientes, principalmente en las regiones Altiplano, Norte y Centro y en las categorías de menor ingreso. (Raffalli, 2003)

Según la ENSMI-1999, el 24% de los niños menores de 5 años en Guatemala tiene un peso deficiente para su edad y el 46% de los niños una talla deficiente para su edad. Los niveles de desnutrición son mayores entre los niños de 12-59 meses de edad. Varias encuestas nacionales, así como 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. Estos integran el grupo de mayor vulnerabilidad nutricional y riesgos de enfermarse. En este grupo de edad se presentan las tasas más altas de desnutrición proteico-energética. (Raffalli, 2003), (García, 1989).

Uno de cada tres niños en el área rural tiene un peso deficiente para su edad, y es el doble del nivel observado en el área urbana. Casi seis de cada diez niños en el área rural del país padece de desnutrición crónica, en comparación con casi 1 de cada 4 en el área urbana. Las diferencias regionales son igualmente importantes, viéndose más afectadas las regiones de Noroccidente, Norte y Suroccidente, regiones en las que las prevalencias de desnutrición pueden ser incluso mayores que la media nacional.

La prevalencia de la desnutrición crónica es desproporcionadamente alta en la región Nor-Occidente, donde un 69% de los menores de cinco años la sufren, y es más del doble del nivel observado en la región Metropolitana (28,6%). Esta prevalencia es mayor de 50% en las regiones Norte y Sur-Occidente. Son más graves entre la población indígena, rural y de menor nivel educativo si se compara con la población no indígena, de áreas urbanas y de mayor nivel educativo. (Raffalli, 2003), (García, 1989).

La prevalencia de anemia sigue siendo un problema en las mujeres de edad fértil y, entre ellas, en las embarazadas, así como entre niños menores de 5 años. La deficiencia de Vitamina A es moderada y se evidencia que se superó la situación de déficit severo registrada en décadas anteriores. Esta deficiencia es peor entre los niños menores de 2 años, en las regiones Altiplano y Nororiente, en la población rural, y se relaciona inversamente con la disponibilidad de azúcar fortificada. (Raffalli, 2003)

Basándose en los datos anteriores, se puede evidenciar al alto impacto que tiene la situación alimentario nutricional de la población con el de desarrollo y la calidad de vida de los guatemaltecos.

1. **Acceso económico a los alimentos:** Guatemala tiene uno de los niveles de desigualdad más altos de Centroamérica. El ingreso *per cápita* promedio mensual reportado en la Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos de 1998 era de Q. 610 para la población total, Q. 977 para el área urbana y Q. 368 para el área rural. En el caso del ingreso familiar, se registra un promedio de Q. 3221 al mes para la población total, así como Q. 4723 y Q. 2071 para las familias urbanas y rurales respectivamente (INE, 1999), (PNUD, 2000).

La relación entre este ingreso *per capita* promedio para la población total y el costo de la Canasta Básica de Alimentos para una familia tipo de 5,38 miembros en ese período (Q.1,200) es de aproximadamente 0,50. Es decir, el poder adquisitivo alimentario del ingreso promedio por hogar alcanza para cubrir solo la mitad de la Canasta Básica de Alimentos. El salario mínimo oficial para 1999 es de Q. 19,65/día para actividades agrícolas y Q. 21,68/día para actividades no agrícolas. La conversión de estos salarios a salarios mínimos mensuales y su comparación con el costo de la Canasta Básica de Alimentos para una familia tipo de 5,38 miembros en 1999 (Q.1200), muestra una relación de 0,39 en el caso del salario mínimo no agrícola y de 0,35 en el caso del salario mínimo agrícola. Es decir, en 1999 el poder adquisitivo alimentario del salario mínimo oficial alcanzaba para cubrir solo el 35% del costo de la Canasta Básica de Alimentos para los trabajadores del sector agrícola (mayoría en el país), y el 39% del costo de la canasta para los trabajadores del sector no agrícola (INE, 2001).

En relación a los gastos, la última Encuesta Nacional de Ingresos y Gastos, muestra un gasto promedio mensual por familia de Q. 2257. En familias urbanas esta cifra asciende a Q.3223 y en el caso de familias rurales a Q. 1518 (INE, 1999b). Al analizarse la estructura de este gasto se observa que, los gastos en alimentos y bebidas representan el 37% del gasto total para todo el país, cifra que se muestra aún más elevada en los hogares rurales para los que los gastos en alimentación representan casi la mitad de su gasto familiar total (47%) (INE, 1999).

2. **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.

El consumo promedio *per cápita* de energía a nivel nacional es de 2074 kcal. Del total de la energía consumida más de la mitad proviene de los cereales, teniéndose que el maíz, por sí solo, contribuye con el 38% de este aporte energético total. Figuran luego en orden descendente en cuanto a los aportes el azúcar, el frijón y las grasas. (Raffalli, 2003)

Según la “Encuesta Nacional de Consumo Aparente de Alimentos –ENCA-1991” realizada por la Secretaría General del Consejo de Planificación Económica (SEGEPLAN), en 1991 los cereales son el fundamento de la dieta de los guatemaltecos, principalmente el maíz y sus derivados. El trigo bajo la forma de pan y pastas también tiene gran importancia, pues figura como el 15% de los cereales consumidos. (Raffalli, 2003)

Entre las leguminosas, el frijol figura como el más importante, pasando a ser junto al maíz la base fundamental del patrón alimentario de Guatemala. El azúcar blanca es otro de los alimentos de consumo generalizado. (Raffalli, 2003)

El maíz es un importante alimento para numerosísimos habitantes del mundo en desarrollo, a los que suministra cantidades significativas de nutrientes, sobre todo calorías y proteínas. Su calidad nutritiva es de especial importancia para los niños de corta edad. A continuación se muestra el consumo de maíz por parte de niños guatemaltecos. (FAO/OMS, 1993)

El consumo *per cápita* de proteínas a nivel nacional es de 55 g/día, de los cuales aproximadamente el 23% es de origen animal, proporción especialmente baja considerando las metas nutricionales. El grupo maíz-frijol destaca en importancia, tanto en la estructura proteica, como en la estructura energética de la dieta en toda Guatemala. (Raffalli, 2003)

Cuadro No.1: Relaciones entre la edad de los niños, el consumo de maíz y su aportación a la ingesta de calorías y proteínas en una zona rural de Guatemala

Edad (años)	Ingesta de maíz (g/día)	Ingesta de proteínas			Ingesta de calorías		
		Maíz (g/día)	Total (g/día)	Aportación del maíz (%)	Maíz (cal/día)	Total (cal/día)	Aportación del maíz (%)
1-2	64	5,4	20,0	27	231	699	33
2-3	86	7,3	21,7	34	310	787	39
3-4	120	10,2	27,9	36	433	981	44
4-5	89	7,6	23,3	33	321	819	39

Fuente: FAO/OMS, 1993

Como se puede observar en este cuadro, la mayor ingesta de maíz, según grupos de edad, es de los 3-4 años, pues se consume aproximadamente 120g de maíz por día, lo cual aporta 433Kcal diarias provenientes de maíz (44%), 27.9g de proteína al día, lo que equivale al 36% de la ingesta diaria de proteína proveniente de maíz.

El problema es que con frecuencia no se consumen las cantidades necesarias de alimentos complementarios, o sólo se consumen en bajísima proporción. Las legumbres son el alimento complementario más fácil de obtener en los países en desarrollo, pese a lo cual se consumen por lo general cantidades muy reducidas. (FAO/OMS, 1993)

Datos de la FAO (1984) para 1979-1981, indican que en Guatemala se consume más de 100 g de maíz por persona al día, como se muestra en la Cuadro No.2, lo que equivale a 977 Kcal/día y 15.4g de proteína al día proveniente del maíz. (FAO/OMS, 1993)

Cuadro No.2: Ingesta de maíz y su aportación de calorías y proteínas a la dieta diaria

País	Ingesta (g/persona/día)	Calorías (por persona/día)	Proteínas (g/persona/día)
El Salvador*	245,0	871	23,3
Guatemala	276,2	977	15,4
Honduras	255,9	878	22,8
Nicaragua*	131,0	472	11,1

Fuente: FAO/OMS, 1993

A continuación se muestra la ingesta de maíz en las zona urbana y en la zonas rurales para Centro América. Como se puede observar, para Guatemala la ingesta de maíz es mucho mayor para las zonas rurales que para la zona urbana; y el maíz es también una gran fuente de calorías y de proteína.

Cuadro No. 3: Importancia del maíz en las zonas rurales

País	Ingesta de maíz en zonas urbanas (g/día)	Ingesta de maíz en zonas rurales (g/día)	Ingesta de calorías en zonas rurales (por día)		Ingesta de proteínas en zonas rurales (g/día)	
			Del maíz	Total	Del maíz	Total
Guatemala	102	318	1 148	1 994	27,0	60
El Salvador	166	352	1 271	2 146	29,9	68
Honduras	135	225	812	1 832	19,1	58
Nicaragua	56	131	472	1 986	11,1	64
Costa Rica	14	41	148	1 894	3,5	54
Panamá	4	4	14	2 089	0,3	60

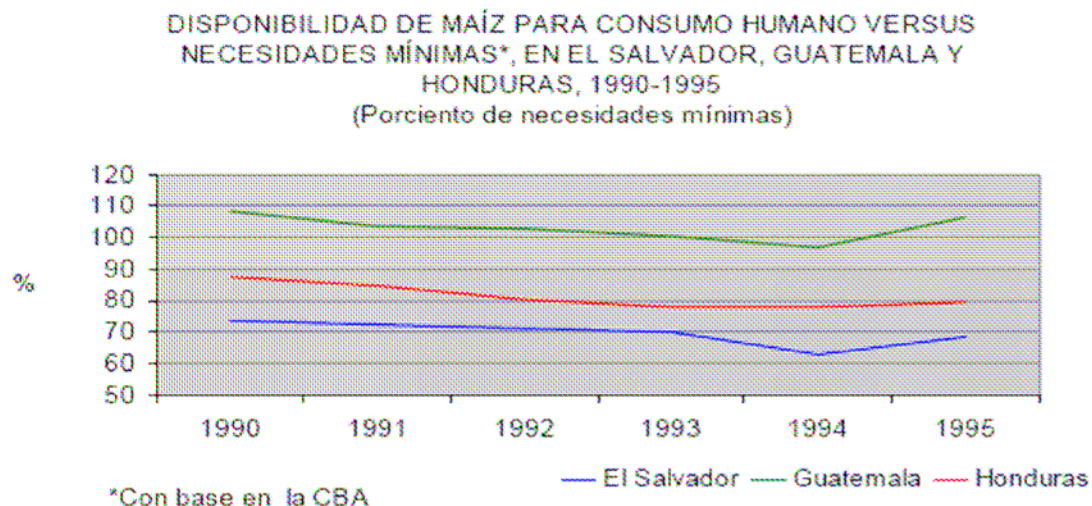
Fuente: FAO/OMS, 1993

Como se puede observar, Guatemala es el segundo país de Centroamérica en consumo de gramos de maíz al día.

3. Disponibilidad de alimentos: De los países centroamericanos consumidores de maíz, sólo en Guatemala la disponibilidad de maíz es suficiente para cubrir las necesidades mínimas de la población, establecida en 115 kg/año/per cápita. Mientras en El Salvador el déficit es de 30% y en Honduras de 20%. En cuanto a la disponibilidad nacional de trigo, en todos los países Centroamericanos, a excepción de Guatemala hay superávit. Esto podría ser porque en la actualidad su consumo ha aumentado y ha sustituido en parte al maíz. A continuación se muestra en las graficas la

disponibilidad de maíz y trigo para consumo humano versus las necesidades mínimas de Guatemala, El Salvador y Honduras. (Menchú, 1999)

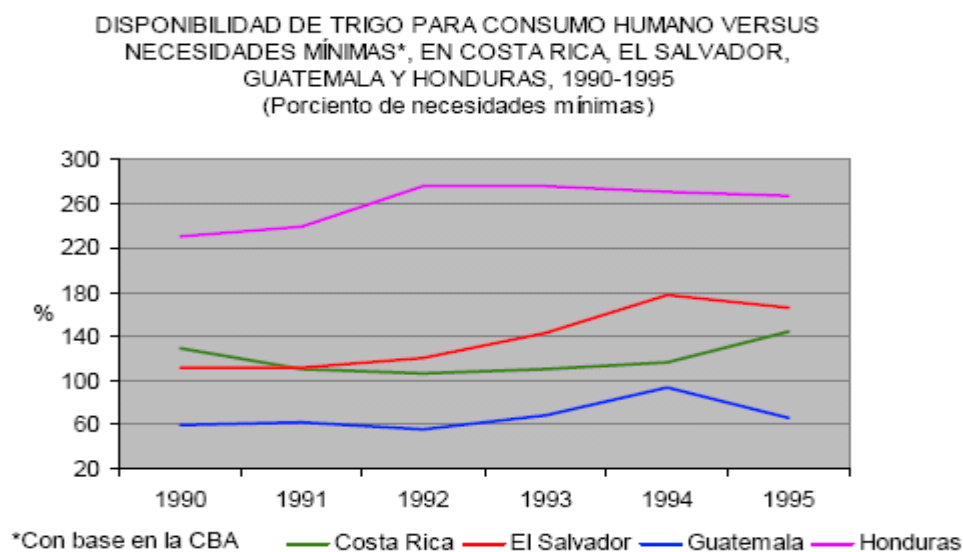
Gráfica No.1: Disponibilidad de maíz para consumo humano versus necesidades mínimas en El Salvador, Guatemala y Honduras



(Menchú, 1999)

Como se puede observar en la Gráfica No.1, la disponibilidad de maíz para Guatemala, no cubre el 100% de las necesidades de la población, pues para 1995, solamente cubría menos del 70%. Se puede observar que la disponibilidad de maíz ha disminuido desde 1990 a 1995, llegando a ser menor en 1994.

Gráfica No. 2: Disponibilidad de trigo para consumo humano versus necesidades mínimas en Costa Rica, El Salvador, Guatemala y Honduras



(Menchú, 1999)

Como se puede observar, para la disponibilidad de trigo, tampoco cubre el 100% de las necesidades para los guatemaltecos en el período de 1990-1995. Para el año 1994, se estuvo muy cerca de cubrir el 100% de las necesidades, pero luego para el año 1995, esto volvió a disminuir. Se puede observar que para varios países de Centroamérica como Costa Rica, El Salvador y Honduras hay un superávit en la disponibilidad de trigo.

Se ha reportado que en la última década la disponibilidad de carne de pollo ha aumentado, lo que ha permitido cubrir las necesidades mínimas de la población, mientras que el déficit en carne de res ha sido de 30% desde 1992, lo que se traduce en un déficit total de 25 mil t en 1995 (INCAP, 1999).

En 1995 la disponibilidad de productos lácteos (expresados todos los derivados en términos de leche fluida) mostró un déficit superior al 35% (200 mil t), mientras que para los huevos el déficit se ha mantenido en un 50%. Estos cálculos fueron realizados por INCAP con base en las necesidades promedio de alimentos básicos estimadas a partir de un mínimo alimentario derivado de la Canasta Básica de Alimentos y de una dieta adecuada promedio de costo mínimo (INCAP, 1999).

B. Producto de panificación

1. El pan de trigo en Guatemala: En Guatemala hay gran variedad de panes en el mercado. Dependiendo si fue preparado con harinas suaves o harinas duras. (Arévalos, 1994)

Las harinas suaves, se utilizan para hacer panes más simples, como panes de manteca, panes tostados y champurradas; también para hacer galletas y pasteles. Para la población Guatemalteca los panes preparados con harinas suaves se conocen como conchas, molletes, cachos, gusanos, cortadas, batidas y otras de menor consumo. (Arévalos, 1994)

La champurrada es una galleta consumida en Guatemala. Esta galleta se prepara a base de harina de trigo, azúcar, manteca, leche, sal y polvo de hornear. Para su preparación tradicional, se mezclan los ingredientes secos con los húmeros, sin amasar, luego se bolea. Se colocan en bandejas las bolas y se hornean a 350° por 12 minutos. (INTECAP, sin año)

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)

Es importante destacar que los panes elaborados con harinas suaves poseen un nivel proteínico inferior a un producto elaborado con harina dura. Esto se debe a que la harina se debe de someter a un proceso adicional de reducción de tamaño en el molino de impacto, por lo que muchas partículas más grandes que consisten en almidón embebido en una matriz de proteínas se rompen y se liberan más gránulos separados de almidón y fragmentos de proteína. (Arévalos, 1994), (Fox, et.al, 2002)

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 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.4: Composición de cien gramos 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 Fítico	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), (INCAP, 1996)

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.

2. Elaboración de pan

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

Harina de trigo: La harina es el ingrediente más importante y básico en la panificación. Las harinas se clasifican en harinas duras y harinas suaves. Las harinas duras tienen un alto contenido de proteína y además, al ser mezcladas con agua, forman un gluten elástico que retiene gas durante la

fermentación. Estas harinas tienen alta capacidad de retención de agua. Otros productos de panificación como los pasteles, galletas, etc, son hechos con harinas suaves. (Charley, 2004)

Sal: La sal siempre ha sido un ingrediente importante en la panificación. 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 principalmente 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 en una masa obtenida con agua salada a la formación de una mayor cantidad de gluten. Cuando se adiciona sal, aumenta lo compacto de la masa, haciéndola más fácil de trabajar. También, por sus propiedades antisépticas, la sal actúa durante la fermentación, retardando las fermentaciones secundarias de los microorganismos productores de ácidos. También favorece la coloración de la superficie del pan, lo hace más crujiente y le da un aroma más intenso. La sal también influye en la duración y en el estado de conservación del producto, debido a su higroscopidad.

Levadura o polvo de hornear: A los productos de panificación se les debe de agregar del 2-5% según el peso de la harina. (Charley, 2004)

1) Calidad de la harina: La calidad de una harina se define como su capacidad para dar un producto final de excelentes características organolépticas como el sabor y el olor, de buen valor nutritivo y de costo competitivo. (Quaglia, 1991)

Los factores que influyen en la calidad en gran parte están ligados a los componentes genéticos de las diversas variedades y a su eventual variación, debidas a la fertilización., al clima, y a las infecciones de la planta. Otros factores están ligados a las alteraciones debidas a varios procesos como aquellos que transforman el grano de cornezuelo en harina: algunos de estos factores pueden ser programados y controlados. (Quaglia, 1991)

El comportamiento del gluten es consecuencia de la composición en aminoácidos de la proteína de la harina de la que deriva la orientación espacial de la cadena polipeptídica y de la distribución de la carga. (Quaglia, 1991)

Del gluten se obtienen cantidades mínimas de los aminoácidos lisina y triptófano, la carencia de estos aminoácidos esenciales para el organismo humano, muestra que es necesario desde el punto de vista nutricional, complementar la harina de trigo con otra harina que contenga proteínas de alto valor biológico. (Quaglia, 1991)

La calidad tecnológica de la harina, no sólo depende la composición de aminoácidos del gluten, también depende de la presencia de aminoácidos sulfurados que contiene grupos tiol (-SH) o disulfuros (-S-S). (Quaglia, 1991)

Los parámetros, que se deben de examinar con el fin de determinar la calidad de una harina pueden agruparse en cuatro categorías:

- Prueba de capacidad o de panificación;
- Prueba física o reológica;
- Valoración organoléptica;
- Análisis químico. (Quaglia, 1991)

b. Proceso de la elaboración de pan

1) 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)

2) La 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)

3) La 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 dure esta fase de la cocción. Conforme aumenta la temperatura, el agua presenta 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. 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. (Quaglia, 1991), (Fox, *et.al*, 2002)

4) Calidad del pan: Una hogaza de pan posee ciertas características por las cuales se juzga su calidad. La masa debe de subir a fin de producir una hogaza levantada, cuyo interior debe ser uniforme en porosidad y firme y elástico al tacto. La corteza debe tener un color café dorado y ser crujiente y quebradiza en vez de dura, de otro modo resultaría difícil cortar y masticar. El pan producido por el proceso tradicional de fermentación larga es posible que tenga una calidad menos uniforme que el producto con una masa acondicionada mecánicamente. Una masa que haya sido insuficientemente fermentada tendrá un gel de almidón rígido como para permitir la expansión durante el horneado. Las burbujas individuales del gas se unirán para formar grandes bolsas y el escape de gas en la superficie evitará que la hogaza crezca en forma apropiada. Además, dicha hogaza contendrá una mayor cantidad de dextrinas que las que se encuentran en una hogaza apropiadamente fermentada, y esto hará que el interior de la hogaza tenga un color más oscuro. (Fox, *et.al*, 2002)

3. Ingredientes del pan:

a. Trigo: El trigo, junto con el maíz y el arroz, es uno de los tres cereales más producidos globalmente, 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 (Ruíz, 1981).

La palabra “trigo” proviene del vocablo latín 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 es el más importante de los cereales. El trigo llega a su madurez, cuando la planta cambia de color verde a blanquecina o amarillento. La madurez empieza por el cuello de la planta y mientras avanza hacia arriba, los materiales que ésta ha almacenado en el tallo y en las hojas, migran en dirección a la espiga, para depositarse en los granos. El grano ha llegado a la madurez cuando no se deja cortar transversalmente con la ña. (Roussau, 1984)

El trigo tiene un valor nutritivo abundante, y es un alimento económico. Los productos derivados del trigo tienen gran cantidad de carbohidratos, proteína, vitaminas y minerales. (Arévalos, 1994)

En un estudio realizado acerca de los hábitos alimenticios de América Latina, se demostró que de todos los cereales, el trigo solamente cubre con los requisitos mínimos de proteína cuando se usaba como único cereal. Si los requisitos mínimos de calorías fueran suplidos por un cereal, sólo el trigo podría dar más que los requisitos mínimos de proteína necesitada. (Arévalos, 1994)

Algunas variedades de trigo, como el trigo de invierno, el trigo inglés, contienen por lo general menos de 10% de proteína y produce una harina con bajo porcentaje de gluten y una masa que se hornea en hogazas de textura apretada. El trigo de primavera es más rico en proteínas (12 – 14%) y debido a que tiene un grano duro y quebradizo se le describe como trigo duro. Dicho trigo produce una harina “fuerte” o con un alto porcentaje de gluten con la que se obtiene una masa fuerte y elástica. Las harinas con alto porcentaje de gluten forman masas que producen hogazas firmes que esponjan bien, y son muy adecuadas para la fabricación del pan. La harina inglesa y otras harinas similares débiles, con bajo porcentaje de gluten o (suaves) resultan más apropiadas para la fabricación de pasteles, galletas, bizcochos, y para usos domésticos. (Fox, *et.al.*, 2002)

1) Composición química del trigo: El grano maduro del trigo está formado por: hidratos de carbohidratos, (fibra cruda, almidón, maltosa, sucrosa, glucosa, melibiosa, pentosanos, galactosa, rafinosa), compuestos nitrogenados (principalmente proteínas: albúmina, globulina, prolamina, residuo y gluteínas), 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).

Estos nutrientes están 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 los cereales. Este constituye aproximadamente el 64% de la materia seca del grano completo de trigo y el 70 % de su

endospermo. Los carbohidratos presentes en los cereales incluye al almidón, la celulosa, la hemicelulosas, los pentosanos, las dextrinas y azúcares.(Muller y Tobin, 1986).

b) Proteínas: En los cereales se encuentran aproximadamente 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 de que tiene más proteínas. La porción proteica del grano de trigo esta localizada en el endospermo, embrión y escutelo en mayor abundancia.(Muller y Tobin, 1986).

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. (Muller y Tobin, 1986).

2) Harina de trigo: El trigo es el principal cereal para preparar harina. Aunque las proteínas de la harina del trigo son superiores para elaborar pan, nutricionalmente son incompletas. El aminoácido limitante es la lisina. (Charley, 2004)

La harina de trigo se puede clasificar según su uso, harina dura o harina suave. La harina dura es la utilizada para panes, y la harina suave es la utilizada para pasteles. La harina para pan es gruesa y arenosa en comparación con la harina para pastelería, que es fina y pulverulenta con una mayor tendencia a ser empacada. (Charley, 2004)

En Guatemala hay programas de fortificación de la harina de trigo con hierro, vitaminas del complejo B y ácido fólico. Aunque este programa tiene buena cobertura, aún existe anemia en la población vulnerable. (Guamuch, sin año)

Asumiendo que la harina representa el 65% de los ingredientes del pan; que el consumo diario de harina es de 50g/día; que la absorción del hierro es del 5% y considerando que las pérdidas de vitaminas durante la preparación del pan, la harina de trigo es una buena fuente para hierro, tiamina, riboflavina, niacina, y excelente fuente de ácido fólico. (Guamuch, sin año)

a) Tipos de harina de trigo: Las harinas de trigo se clasifican de acuerdo al tipo de trigo del que se muelen. El trigo se puede calificar de acuerdo al color de la superficie de la semilla (blanca o roja), la estación en que planta (invierno o primavera) y si es dura o suave. Las variedades de trigo rojo duro se planta en primavera o en otoño, dependiendo de las condiciones de crecimiento en el área.

También se pueden clasificar según la molienda. Las harinas de trigo integral se hacen con toda la semilla. Las harinas blancas provienen del endospermo. (Charley, 2004)

b. Harinas compuestas: Se ha 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. Muchas de estas investigaciones se han centrado en la posibilidad técnica, en el gusto y en el sabor de tales harinas compuestas para hacer pan. (Paliwal, 2003)

El término harinas compuestas fue creado por FAO en 1964. Este término se define 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. (Elias, sin año)

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. En el caso de los bizcochos, la sustitución puede ser mayor, hasta de un 30%. (Paliwal, 2003)

Hay varios tipos de harinas compuestas:

- Harina de trigo diluida: Se sustituye la harina de trigo por otras harinas hasta en 40% y puede contener otros componentes. La adición de una proteína suplementaria es opcional. Las condiciones generales de procesamiento y el producto final, son comparables a productos preparados a base de trigo. (Elias, sin año)
- Harinas compuestas que no contienen trigo: Están hechas de harinas de tubérculos y de una proteína suplementaria, generalmente harina de soya, en proporción de 4 a 1. Estos productos son diferentes en sus características reológicas al compararlas con aquéllas preparadas a base de trigo. (Elias, sin año)
- Harinas compuestas de maíz, arroz y una proteína suplementaria: Fueron diseñados para mejorar el valor nutritivo de los alimentos consumidos ampliamente por la población. La materia prima que se utiliza como suplemento puede ser de origen vegetal o animal; y debe cumplir con las siguientes características: a) suplir los nutrientes deficientes en el alimento tradicional, b) ser capaz de lograr esto al ser adicionado en cantidades relativamente pequeñas, c) no alterar significativamente las propiedades físicas y organolépticas del alimento original. (Elias, sin año)
- Harinas compuestas a base de leguminosas y otros: Harinas precocidas de frijol. Son utilizadas para hacer productos como sopas, o se pueden utilizar combinándose con otros alímonos en la preparación de otros productos. (Elias, sin año)

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

- Materia prima: Debe 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)

c. **Maíz:** El maíz es una planta verde que usa la energía del sol, el dióxido de carbono, y agua con minerales para producir uno de los más versátiles granos. El maíz pertenece a la familia de las gramíneas. Se reproduce por polinización cruzada y la flor femenina (elote o mazorca) y la masculina (espiguilla) se encuentran en varios lugares de la planta. El grano del maíz se clasifica botánicamente como un cariósido, es decir, una fruta seca de una sola semilla. Este tipo de fruta, en el cual la pared del ovario maduro (pericarpio) no se abre al secar. El peso depende de las distintas prácticas genéticas, ambientales y de cultivo. El grano de maíz puede ser blanco, amarillo, negro o rojo. Hay muchos tipos de grano. Estos se diferencian por sus compuestos químicos. (Aldrich, 1970), (FAO/OMS., 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)

Cuadro No.5: Composición química general de distintos tipos de maíz (%)

Tipo	Humedad	Cenizas	Proteínas	Fibra cruda	Extracto etéreo	Hidratos de carbone
Salpor	12,2	1,2	5,8	0,8	4,1	75,9
Cristalino	10,5	1,7	10,3	2,2	5,0	70,3
Harinoso	9,6	1,7	10,7	2,2	5,4	70,4
Amilaceo	11,2	2,9	9,1	1,8	2,2	72,8
Dulce	9,5	1,5	12,9	2,9	3,9	69,3
Reventador	10,4	1,7	13,7	2,5	5,7	66,0
Negro	12,3	1,2	5,2	1,0	4,4	75,9

Fuente: Cortez Wild-Altamirano, 1972.

1) **El cultivo del maíz:** El cultivo del maíz tiene gran variabilidad genética y tiene también adaptabilidad ambiental. El cultivo tiene gran distribución en diferentes zonas ecológicas de Guatemala, y se puede sembrar a nivel mundial en latitudes desde los 55°N a 40°S y a una altitud de 3800m a nivel del mar. En Guatemala el cultivo de maíz se concentra en zonas del altiplano y zonas de la costa sur occidental y nor-oriental. (FAO/OMS., 1993)

La producción nacional de maíz se hace por medio de varios sistemas de producción, los cuales involucran épocas de siembra y sistemas de siembra. La época de siembra es variable, pues depende de la altitud, la lluvia o de la humedad residual. (FAO/OMS., 1993)

2) Composición química del maíz: El maíz es, desde un punto de vista nutritivo, es superior a muchos otros cereales excepto en su contenido de proteínas. La composición nutricional del maíz, el trigo y el arroz se muestran a continuación:

Cuadro No.6 Composición nutricional de los granos de maíz, trigo y arroz

Contenido	Maíz, harina molida	Trigo, harina	Arroz, grano pulido
	(por 100 g)		
Agua %	12,00	12,00	13,00
Calorías	362	359	360
Proteínas gr	9,00	12,00	6,80
Grasas gr	3,40	1,30	0,70
Carbohidratos gr	74,50	74,10	78,90
Almidón, fibra gr	1,00	0,50	0,20
Cenizas gr	1,10	0,65	0,60
Calcio mg	6,00	24,00	6,00
Hierro mg	1,80	1,30	0,80
Fósforo mg	178	191	140
Tiamina mg	0,30	0,26	0,12
Riboflavina mg	0,08	0,07	0,03
Niacina mg	1,90	2,00	1,50

Fuente: adaptado de Miracle, 1966.

Como se puede observar, el maíz se compara favorablemente en valor nutritivo con respecto al arroz y al trigo; es mas rico en grasa, hierro y contenido de fibra, pero su aspecto nutricional más pobre son las proteínas. Cerca de la mitad de las proteínas del maíz están compuestas por zeína la cual tiene un bajo contenido de aminoácidos esenciales, especialmente lisina y triptófano. (Paliwal, 2001)

En cuanto a la composición química de cada parte específica del maíz, se puede decir que la cubierta seminal o pericarpio tienen un alto contenido de fibra cruda (87%), lo que está formado por hemicelulosa (67%), celulosa (23%) y lignina (0.1%). El endospermo tiene mucho almidón (87%), proteínas (8%) y poca grasas crudas. (Bressani, 1959)

El germen contiene alto contenido de grasas crudas (33%) y un nivel alto en proteínas (20%) y minerales. (FAO/OMS., 1993)

El endospermo es que aporta mayor cantidad de proteínas, luego el germen, y por último la cubierta seminal. (FAO/OMS., 1993)

Cuadro No.7: Composición química proximal 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

(FAO/OMS., 1993)

La fibra cruda del grano se encuentra básicamente en su mayoría en la cubierta seminal. (FAO/OMS., 1993)

Las proteínas del germen proporcionan una cantidad relativamente alta de ciertos aminoácidos. Pero sólo aporta pequeñas cantidades de lisina y triptófano, los dos aminoácidos esenciales limitantes de la proteína del maíz. Las proteínas del endospermo tienen un bajo contenido de lisina y triptófano, al igual que las proteínas de todo el grano. (FAO/OMS., 1993) En el maíz también hay otras diferencias de aminoácidos tales como isoleucina y la treonina, y tiene un exceso de leucina, lo cual empeora el equilibrio de los aminoácidos del maíz. (Bressani, 1959). A continuación se muestra un cuadro con los contenidos de aminoácidos esenciales de las proteínas del germen y el endospermo del maíz.

Cuadro No.8: Contenido de aminoácidos esenciales de las proteínas del germen y el endospermo del maíz

Aminoácido	Endospermo ^a		Germen ^b		Modelo FAO/OMS
	mg %	mg/g N	mg %	mg/g N	
Triptofano	48	38	144	62	60
Treonina	315	249	622	268	250
Isoleucina	365	289	578	249	250
Leucina	1 024	810	1 030	444	440
Lisina	228	180	791	341	340
Total azufrados	249	197	362	156	220
Fenilalanina	359	284	483	208	380
Tirosina	483	382	343	148	380
Valina	403	319	789	340	310

^a1,26 por ciento de N.^b2,32 por ciento de N

Fuente: Orr y Watt. 1957.

a) Almidón: El almidón es el componente principal del maíz. El almidón está formado por dos polímeros de glucosa: amilasa y amilopectina. (FAO/OMS., 1993)

- Amilasa: La amilasa es una molécula esencialmente lineal de unidades de glucosa. Constituye el 25 – 30% del almidón. (FAO/OMS., 1993)
- Amilopectina: La amilopectina son unidades de glucosa en forma ramificada. Constituye del 70 – 75% del almidón. (FAO/OMS., 1993). En las variedades cerosas, cerca del 100% del almidón está en forma de amilopectina. (Matz, 1991)

En el maíz común (endospermo dentado o córneo) el contenido de amilasa y amilopectina del almidón es de 25-30% amilasa, 70 – 75% del almidón. En el maíz ceroso, el almidón es formado totalmente por amilopectina. (FAO/OMS., 1993)

El maíz también contiene otros hidratos de carbono, azúcares sencillas en forma de glucosa (0.2-0.5%), sacarosa, fructosa (0.1-0.4%), rafinosa (0.1-0.3%) y sucralosa (0.9-1.9%), en cantidades que varían del 1-3% del grano. También contiene pequeñas cantidades de glicerol. (Matz, 1991)

b) Proteínas: Las proteínas son el siguiente compuesto importante, después del almidón. En las variedades comunes, el contenido de proteína es de 8 – 11% del peso del grano. Estas proteínas se encuentran en el endospermo. En el maíz común hay deficiencias de lisina y triptófano; aunque tiene alto contenido de leucina. (FAO/OMS., 1993)

Las proteínas de los granos del maíz están formadas por lo menos por cinco fracciones distintas. Las albúminas, globulinas y nitrógeno no proteico totalizan aproximadamente el 18% del total de nitrógeno, con proporciones del 7%, 5% y 6%, respectivamente. (FAO/OMS., 1993)

Las proteínas del maíz no son de alta calidad, para animales y humanos. Esto se debe a que la proteína principal del grano (zeína), es deficiente dos aminoácidos esenciales: lisina y triptófano, por lo que no es eficiente para el crecimiento. La calidad nutritiva del maíz como alimento está determinada por la composición de aminoácidos de sus proteínas. En el maíz común, hay deficiencia de lisina y triptófano y es el elevado contenido de leucina del maíz común. (Bressani, 1959), (FAO/OMS., 1993)

c) Aceite y ácidos grasos: El aceite del grano de maíz está en el germen, y varía entre el 1.2-5.7%. El aceite de maíz tiene bajo nivel de ácidos grasos saturados (ácido palmítico y esteárico) y tiene altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados, ácido linoléico (56%) y oléico (30%); el ácido linoléico (0.7%) y araquidónico sólo se ha encontrado en raras ocasiones. El ácido palmítico y esteárico están presentes en cantidades relativamente insignificantes. (FAO/OMS., 1993). (Matz, 1991)

El aceite de la semilla de maíz es conocido por tener un efecto hipocolesterolémico en los humanos y animales. La propiedad de reducir el colesterol en la sangre, es evidentemente, debido a las grandes cantidades de esteroides presentes en la planta. (Matz, 1991)

d) Fibra dietética: Después del almidón, las proteínas, y el aceite y ácidos grasos, la fibra dietética es el componente que se encuentra en mayores cantidades. En el pericarpio y la piloriza se encuentran los carbohidratos complejos, y en menores cantidades en las paredes celulares del endospermo y del germen. (FAO/OMS., 1993)

El maíz Proticta tiene niveles más elevados de fibra total que el maíz común, fundamentalmente por tener más fibra insoluble. (FAO/OMS., 1993)

e) Otros carbohidratos: El grano maduro tiene otros carbohidratos además de almidón. La sucrosa es el elemento más importante y ésta se encuentra en el germen. En los granos en vías de maduración hay niveles más altos de monosacáridos, disacáridos, y trisacáridos. Mientras va madurando el grano, disminuyen los azúcares y aumenta el almidón. (FAO/OMS., 1993)

f) 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 (el germen tiene el 78% de todos los minerales del grano). El mineral más abundante es el fósforo, en forma de fitato de potasio y magnesio, el cual están en su totalidad en el embrión. El maíz tiene bajo nivel de calcio y de oligoelementos. (FAO/OMS., 1993)

A continuación se muestra el contenido de minerales en el maíz, según un promedio de cinco muestras de distintos granos:

Cuadro No.9: Contenido de minerales del maíz

Mineral	Concentración (mg/100 g) g)
P	299,6 ± 57,8
K	324,8 ± 33,9
Ca	48,3 ± 12,3
Mg	107,9 ± 9,4
Na	59,2 ± 4,1
Fe	4,8 ± 1,9
Cu	1,3 ± 0,2
Mn	1,0 ± 0,2
Zn	4,6 ± 1,2

Fuente: Bressani, Breuner y Ortiz, 1 1989.

g) Vitaminas liposolubles: El maíz no es una buena fuente de vitaminas. Tiene dos vitaminas liposolubles: provitamina A (carotenoide) y vitamina E. Los carotenoides se encuentran más en el maíz amarillo que en el blanco. 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. La fuente de la vitamina E son cuatro tocoferoles; el más activo biológicamente es el tocoferol-alfa. (FAO/OMS., 1993), (Matz, 1991)

h) Vitaminas hidrosolubles: Las vitaminas hidrosolubles están en la capa aleurona del grano de maíz, en menor medida en el germen y en el endospermo. El grano de maíz tiene cantidades variables de tiamina y riboflavina, pero su contenido está determinado por el medio ambiente y por las prácticas de cultivo. (FAO/OMS., 1993)

El contenido de niacina es distinto entre las variedades de maíces, pero el promedio es de aproximadamente 20 µg/g. La niacina en el maíz está ligada, por lo tanto 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; aunque también influye el desequilibrio de aminoácidos, la proporción entre la leucina y la isoleucina y la cantidad de triptófano asimilable. (FAO/OMS., 1993)

El maíz no tiene vitamina B12, y sí es que se presenta, tiene pocas cantidades de ácido ascórbico. La colina, el ácido fólico y el ácido pantoténico, se encuentran en pequeñísimas concentraciones. (FAO/OMS., 1993)

3) Valor nutritivo del maíz: El maíz es un alimento rico en calorías y una porción de 100 gramos llega a cubrir el 15 por ciento del requerimiento calórico. También tiene una cantidad apreciable de proteínas; aunque, como ya se había mencionado previamente, éstas no son de calidad óptima como las de origen animal, cubren el 10 por ciento del requerimiento diario. (Icaza, 1965)

El cereal es muy importante en la alimentación y nutrición de muchas personas en el mundo. Los granos de cereal tienen baja concentración de proteínas y su calidad es muy limitada por la deficiencia de ciertos aminoácidos esenciales. También algunos cereales tienen excesos de ciertos aminoácidos esenciales que influyen en la eficiencia de asimilación de proteínas. El triptófano es el principal aminoácido limitante de la proteína del maíz. La adición simultánea de lisina y triptófano mejora considerablemente la calidad de la proteína del maíz. (FAO/OMS., 1993)

En Guatemala, se estima que la ingesta de maíz es de 250 libras/año (114Kg) por habitante, la alimentación bajo este régimen de consumo, equivale a cubrir el 38% de calorías y el 36% de proteína. (Fuentes, Mario, *et. al.* 2002)

4) Consumo de maíz: El maíz se consume de muchas formas, desde la sémola para polenta y pan de maíz, maíz para poporopo, etc. (FAO/OMS., 1993)

El proceso de cocción del maíz en agua de cal es propio de México y América. 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, una bebida con gran variedad de sabores, y los tamalitos, pues se confeccionan envolviendo la masa en espaldas de maíz y cociéndola al vapor por 20 – 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. La masa también se usa para hacer tamales, una preparación más compleja por el gran número de ingredientes que lleva, la mayoría de veces carne de pollo o de cerdo, la cual se añade a la masa gelatinizada. También se usa como base para hacer enchiladas, tacos y pupusas. 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 varias bebidas. (FAO/OMS., 1993)

a) Nixtamalización: La nixtamalización es un proceso que ayuda a suavizar y desprender la cáscara del maíz, y los almidones pasan a un estado de gel, este proceso hace más digerible las proteínas del maíz y permite disponer de la niacina, además se agrega calcio asimilable, por lo que este proceso hace más nutritivo al maíz.

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. (FAO/OMS., 1993)

En Guatemala el consumo de alimentos es limitado por el poder adquisitivo, el cual está limitado por el ingreso, el cual influye en la disponibilidad de alimentos, precios, gustos y preferencias. La mayoría de los guatemaltecos no tiene acceso a la canasta básica diaria. La dieta del guatemalteco está basada en la relación cereal/leguminosa, en donde el maíz y el frijol son la base. (Fuentes, *et.al.*, 2002)

5) 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).

C. Evaluación del producto

1. Evaluación nutricional: Se realizará con base a su calidad proteica, para ello se realizarán mediciones químicas como métodos analíticos para la determinación de nitrógeno y biológicas como digestibilidad y utilización proteica. (Torún, 1994).

Las necesidades de nitrógeno total y aminoácidos esenciales determinan los requerimientos de proteína necesarios para mantener la integridad de los tejidos y compensar las pérdidas de nitrógeno corporal. (Torún, 1994).

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).

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. (Torún, 1994).

a. **Utilización biológica:** Depende primordialmente de la proporción relativa de los aminoácidos esenciales de la proteína, pues el organismo requiere de éstos en cantidades y proporciones específicas conocidas, determinando el patrón ideal de requerimientos de aminoácidos. Una proteína es completa o tiene un patrón ideal cuando tiene todos los aminoácidos esenciales en proporciones adecuadas. Este 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 biológica. La utilización de una proteína que tiene un patrón igual al ideal tiene una utilización biológica de 100%. 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. (Torún, 1994).

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).

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 (INCAP, 1991).

b. **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:

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

c. **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.

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

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).

d. Evaluación de la calidad proteica en animales experimentales: Son para evaluar la calidad de la proteína es cuantificar la calidad nutricional como una característica de la proteína bajo prueba.

Tratan de medir el cambio en la proteína corporal asociado con la ingesta de una proteína específica. (Pellet y Young, 1980).

Existen dos métodos para determinar la calidad de la proteína:

1) Métodos basados en el cambio de peso corporal. 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 (Derse, 1962).

Para determinar qué proporción entre cereal y leguminosa es la adecuada para obtener la mejor calidad de proteína. Se deben realizar 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).

Otro método es el de Razón Proteica Neta (NPR). Para determinar la razón proteica neta:

- Animales: usar ratas macho recién destetadas de una sola cepa, de 20 a 23 días de edad, a razón de diez para cada dieta.
- 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.
- Duración del ensayo: 4 semanas
- Jaulas: Usar jaulas individuales provistas de comederos que reduzcan al mínimo el derramamiento de alimento.
- 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.
- Registros: llevar un registro semanal o cada 10 días del alimento consumido y del peso corporal.
- 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:

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

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:

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

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

2) Métodos basados en retención de nitrógeno. El método NPU mide la diferencia entre el nitrógeno de heces de ratas alimentadas con una proteína de prueba y aquellas alimentadas con una dieta libre de proteína. El método que utiliza el análisis de heces 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 método del Balance de Nitrogenado, es el 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).

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

(Pellet y Young, 1980).

e. Métodos analíticos para determinación de nitrógeno.

1) Método de Kjeldahl: 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 o método de Kjeldahl, 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 NH_3 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).

2. Evaluación sensorial. Metodología para evaluar las características de un alimento por medio de los sentidos. 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. (Castellanos, 2003:20).

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).

a. Pruebas afectivas: Orientadas al consumidor. Para evaluar y determinar la posible aceptación o preferencia del consumidor hacia un producto alimentario. Estos cuestionarios no requieren la participación de un panel entrenado, están enfocados a medir el gusto del público en general hacia un producto. Generalmente se utiliza un número ilimitado de personas que actuarán como jueces para predecir actitudes de una población determinada (Witting, 1999).

Su objetivo es valorar la respuesta personal del consumidor hacia un producto, un prototipo de producto o características específicas del producto (Meilgaard, 1999).

1) Pruebas afectivas cualitativas. Se 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 estos métodos se encuentran los grupos focales, panel focal y entrevistas:

- Grupos focales: Se utiliza un grupo de 10 a 12 panelistas, seleccionados en base en un criterio específico 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. 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. 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. Para determinar la respuesta de un grupo grande (50 o varios cientos) de consumidores para un grupo de preguntas con respecto a preferencia, gusto, atributos sensoriales, etc. Estas se incluyen pruebas de preferencia, aceptabilidad y hedónicas. (Meilgaard, 1999).

- 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. El producto se compara con uno semejante, y se utiliza una escala hedónica para indicar el grado de aceptabilidad o inaceptabilidad, gusto o disgusto (Meilgaard, 1999).
- 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 desagrada 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):

Cuadro No.10: Escala Hedónica

Numero	Aceptación
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

(Wittig, 1999)

Los resultados del panel se analizan por varianza, pero también pueden transformarse en puntaje y analizarse por cómputo. (Wittig, 1999)

III. JUSTIFICACIÓN

En nuestro país, gran parte de la población es de escasos recursos, y por la falta de recursos para comprar alimentos y por la falta de disponibilidad, se sufren de problemas nutricionales por deficiencias. Estos problemas nutricionales repercuten tanto en la salud de los individuos, como en la economía del país. El acceso económico a los alimentos es un problema para gran parte de los guatemaltecos, y la mayoría de familias no puede acceder ni siquiera al costo de la Canasta Básica de Alimentos, lo que lleva a que la alimentación sea monótona y deficiente.

La dieta del guatemalteco está basada en alimentos ricos en carbohidratos (como el maíz, el frijol, el arroz) y bajos en proteína de alto valor biológico. El maíz está presente en la dieta de la mayoría de la población guatemalteca, al igual que el trigo bajo la forma de pan, con lo que se acompañan la mayoría de las comidas.

La champurrada es un alimento consumido por casi todos los guatemaltecos, y personas de bajos recursos refaccionan champurradas con café. Por lo tanto, las champurradas son un vehículo ideal de nutrientes para ser consumido por gran parte de la población, pues en Guatemala es necesario contar con un alimento de alto valor biológico y que sea accesible.

Como propuesta de investigación se desea desarrollar una champurrada de alto valor nutritivo, haciendo sustitución parcial de la harina de trigo por harina de maíz de Alta Calidad Proteica (QPM) y de maíz suave, lo cual convertiría al pan en una mejor fuente de proteína. Con esto se lograría poner a disposición de la población un alimento de alto valor biológico y bajo costo.

Se compararán propiedades tanto físicas, como químicas, biológicas y sensoriales de dos tipos de productos elaborados para determinar cuál es la mejor y más apropiada para el consumo por la población.

IV. OBJETIVOS

A. General

1. Desarrollo de un pan dulce tipo champurrada, por medio de la sustitución parcial de harina de trigo con harina de maíz.

B. Específicos

1. Formular un producto de panificación por medio de sustitución parcial de harina de trigo con harinas de Maíz de Alta Calidad Proteica (QPM) y de Maíz Suave, y establecer cuál es la sustitución parcial adecuada para la elaboración del producto.
2. Establecer las propiedades químicas y físicas del producto de panificación terminado.
3. Determinar la utilización biológica del producto de panificación elaborado.
4. Determinar la aceptabilidad de los dos tipos de productos por el consumidor.

V. HIPÓTESIS

A. La calidad proteínica de la champurrada elaborada por sustitución parcial de harina de trigo por Harina de Maíz de Alta Calidad Proteica (QPM) y de Maíz Suave es mayor a la de la champurrada elaborada con harina de trigo.

B. Ambos productos elaborados por sustitución parcial de harina de trigo por Harina de Maíz de Alta Calidad Proteica (QPM) y de Maíz Suave, tienen una buena aceptabilidad por el consumidor.

VI. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Método experimental

Variable dependiente: calidad proteica

Variable independiente: cantidad de harina de maíz de Alta Calidad Proteica (QPM) y de maíz suave que sustituye a la harina de trigo.

Objeto de estudio: champurrada parcialmente sustituida de harina de trigo con harina de maíz de Alta Calidad Proteica (QPM) o harina de maíz suave, cruda, cocida o nixtamalizada.

Tres niveles diferentes de sustitución: 80:20, 60:40 y 40:60.

Objeto de comparación: champurrada elaborada 100% con harina de trigo.

Parámetros de medición:

- a. Físicos: Peso, diámetro, grosor
- b. Químicos: humedad, cenizas, fibra, grasa, proteínas y carbohidratos
- c. Nutricionales o biológicos: Razón Proteica Neta (NPR)
- d. Sensoriales: aceptabilidad por parte del consumidor.

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 una gravedad específica de 1.205, y midiendo el número de granos que flotan.
3. Peso específico: Poner 10 gramos de maíz previamente pesados en un cilindro con 50 cc 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: Sin ningún tratamiento previo a la molida.
2. Cocida: Se colocan 1000g de maíz en 4000cc de agua. Cocer por 60 minutos a ebullición. Se lava. Luego se deja por la noche a reposo y separación. Se lava otra vez. Luego se deshidrata en un deshidratador de gabinete a 65C por dos días. Por último se muele.

3. Nixtamalizada: Se colocan 1000g de maíz en 4000cc de agua con 10g de cal (1% de cal). Cocer por 60 minutos a ebullición. Luego se lava. Luego se deja por la noche a reposo y separación. Se lava otra vez. Luego se deshidrata en un deshidratador de gabinete a 65C por dos días. Por último se muele.

D. Formulación de la champurrada. 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:

Champurradas:

1. Ingredientes:

- 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

El presupuesto se puede observar en el Apéndice A.

Se trabajará a tres 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. Esto se puede observar a continuación:

Cuadro No.11: Champurradas a elaborar, según grano 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 salpor cruda (SCR)	1	1	1
Harina de maíz salpor cocida (SCO)	1	1	1
Harina de maíz salpor nixtamalizada (SNI)	1	1	1
Total	18 + Control (champurrada sin maíz) = 19		

E. Evaluación del producto control y productos experimentales

1. **Peso.** Se utilizará 10 muestras al azar de producto control y 10 muestras al azar de cada una de las combinaciones (que se muestran en el Cuadro No.11) para medirles el peso en 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 va a utilizar una regla con precisión de ± 0.005 cm, el tamaño se medirá a 10 muestras al azar del grupo control y de cada una de las combinaciones (que se muestran en el Cuadro No.11).

Luego se calculará el promedio y se determinará una diferencia significativa entre muestras por medio de un análisis de varianza.

3. **Grosor.** Se va a utilizar una regla con precisión de ± 0.005 cm, el tamaño se medirá a 10 muestras al azar del grupo control y de cada una de las combinaciones (que se muestran en el Cuadro No.11).

Luego se calculará el promedio y se determinará una diferencia significativa entre muestras por medio de un análisis de varianza.

F. 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.

1. Recursos:

- a. **Locación:** Universidad del Valle de Guatemala, laboratorio de análisis sensorial.
- b. **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.

2. Materiales y equipo:

- a. 6 champurradas en combinación 80/20 de ambas sustituciones, y de cada tratamiento de la harina
- b. 6 champurradas en combinación 60/40 de ambas sustituciones, y de cada tratamiento de la harina
- c. 6 champurradas en combinación 40/60 de ambas sustituciones, y de cada tratamiento de la harina
- d. 114 platos desechables pequeños
- e. 114 vasos desechables pequeños
- f. Servilletas
- g. Agua pura
- h. Cámara de video
- i. Cassette de video

3. Procedimiento:

- a. Introducción y presentación del moderador. Se notificó a los panelistas que la reunión sería grabada.
- b. Discusión, utilizando la guía de discusión para grupo focal presentada en el Apéndice C.
- c. Cierre, agradecimiento por la participación, resumen de la discusión grupal y despedida.
- d. Tabulación e interpretación de resultados: Interpretación de los comentarios realizados por los panelistas, conteo de comentarios parecidos o iguales.
- e. Elección de la fórmula que haya tenido menos comentarios negativos y/o más comentarios positivos.

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

Harina de maíz	80/20	60/40	40/60
Harina de maíz QPM cruda	Se va a elegir solo una champurrada		
Harina de maíz QPM cocida			
Harina de maíz QPM nixtamalizada			
Harina de maíz suave cruda	Se va a elegir solo una champurrada		
Harina de maíz suave cocida			
Harina de maíz suave nixtamalizada			
Total	2 + Control (champurrada sin maíz) = 3		

A las 3 champurradas, se les realizarán las siguientes pruebas:

- Prueba hedónica
- Análisis proximal

- Metodología biológica

G. Prueba hedónica.

Se va a evaluar el grado de aceptabilidad de la apariencia, aroma y sabor de la champurrada con la sustitución aceptada de cada grano y elegida por el grupo focal

1. Recursos

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

2. Materiales y equipo:

- a. 50 champurradas en la combinación elegida por grupo focal
- b. 50 platos desechables pequeños
- c. 50 vasos desechables pequeños
- d. Servilletas
- e. Agua pura

3. Procedimiento:

- a. Se les solicitará evaluar la muestra, indicando cuanto les agradaba en una escala hedónica de 9 puntos.
- b. Se utilizará la boleta para prueba hedónica, presentada en el Apéndice D.

4. Análisis de datos:

- a. Las categorías se convertirán en puntajes numéricos del 1 al 9.
- b. Los puntajes numéricos se analizarán utilizando análisis de varianza.

H. Análisis químico proximal. Se utilizará el análisis químico proximal por los métodos oficiales de la Association of Analytical Communities (AOAC). Ver Apéndice E.

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

I. Metodología biológica. Ver área de apéndices.

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 cuatro grupos de animales para cuatro dietas diferentes
7. Registros: se llevaron registros del consumo de alimentos y el peso corporal de los animales semanalmente.
 - a. Método de Razón Proteínica Neta (NPR): a los 14 días, se calculó 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, así como la discusión de los mismos.

A. Caracterización física de la muestra de maíz.

Para realizar este estudio se utilizaron dos tipos distintos de granos de maíz, estos fueron un maíz suave, Salpor, y un grano de maíz QPM (Maíz con Calidad Proteica) en este caso se utilizó la variedad HB-Proticta.

El maíz HB-Proticta es una variedad de maíces QPM o con alta calidad proteica, 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 proteica del maíz, el cual es uno de los cereales con menor contenido proteico. Según el INCAP tiene un valor de proteína que equivale al 90% del valor proteico de la leche en calidad y digestibilidad.

Se encontraron diferencias notables entre cada tipo de grano de maíz, pues el grano de Salpor es un grano grande y suave, mientras que el grano de maíz HB-Proticta es un grano mucho más pequeño y duro. Para describir mejor estas diferencias entre cada grano de maíz se realizó una caracterización física de los granos. Para la caracterización física de la muestra de maíz se realizaron tres pruebas: peso de mil granos, porcentaje de flotadores y peso específico.

El peso de mil granos se estimó del número de granos en 50 gramos de maíz. El peso específico, poniendo 10 gramos de maíz previamente pesados en un cilindro con 50 cc de etanol y midiendo el aumento en volumen, expresando la densidad en g/ml. El porcentaje de flotadores se obtuvo poniendo 100 granos en un recipiente de vidrio conteniendo una solución de nitrato de sodio al 1.4%, y midiendo el número de granos que flotaban. Todas estas pruebas se hicieron en duplicado y se calculó el promedio. A continuación se muestran los resultados.

Cuadro No.12: Resultados de la caracterización física de la muestra de maíz

Tipo de maíz	Peso de 1000 granos (g)	Peso específico (g/mL)	Porcentaje de flotadores
Salpor	507.6 ± 0.05	1.00 ± 0.5	22.5%
HB- Proticta	248.2 ± 0.05	1.22 ± 0.5	1.0%

El peso de mil granos, sugiere el tamaño del grano de la variedad. Un peso de mil granos bajo corresponde a una muestra con gran porcentaje de granos pequeños, y por el contrario un peso alto, se obtiene cuando los granos son grandes. Por lo tanto, tomando en cuenta los datos del Cuadro No.12, se puede observar que el maíz HB-Proticta es un grano mucho más pequeño que el grano de maíz Salpor.

El peso específico, que se define como el peso por unidad de volumen, muestra que el grano de maíz HB-Proticta tiene un peso mayor por unidad de volumen, mientras que el grano del maíz Salpor tiene menor peso por unidad de volumen.

El porcentaje de flotadores, se utiliza para diferenciar entre un grano suave (arriba de 80%), uno semi duro (40-80%), un duro (25-48%) y uno muy duro (abajo de 25%). Los resultados del Cuadro No.12

indican que ambos granos son muy duros, estos resultados no son los esperados, pues se esperaba que el grano de maíz Salpor fuera clasificado como un grano suave.

B. Elaboración de la harina de maíz.

Se realizaron tres tratamientos distintos a cada tipo de maíz, éstos fueron: crudo, cocido y nixtamalizado; el procedimiento utilizado se puede observar en la metodología. El objetivo de realizar los tres tratamientos fue para observar si había diferencias en las propiedades de panificación de las harinas elaboradas con cada tratamiento.

En el momento de realizar estos procedimientos se notó que en el proceso de nixtamalización se facilitó la remoción de la cal residual y del pericardio.

Durante todo el proceso de la elaboración de la harina se obtuvieron pérdidas. A continuación se muestran las pérdidas:

Cuadro No.13: Pérdidas para cada tipo de maíz, según tratamiento

Tipo de maíz	Pérdida (g)
Salpor crudo	0.00±0.5
Salpor cocido	1.00±0.5
Salpor nixtamalizado	1.75±0.5
HB-Proticta crudo	0.25±0.5
HB-Proticta cocido	1.25±0.5
HB-Proticta nixtamalizado	0.75±0.5

Para el Cuadro No.13 se puede observar que se obtuvo menor pérdida para el tratamiento crudo, esto se debe a que este maíz desde el inicio se molió. El que tuvo mayor pérdida fue el Salpor nixtamalizado, esto es debido a que durante el tratamiento algunos granos de abajo se quemaron, por lo que se desecharon antes de molerlo. Las pérdidas de los tratamientos de nixtamalización, también se deben a que durante el tratamiento se facilitó la eliminación del pericardio.

Las diferencias notables entre las harinas de maíz fueron que la harina de maíz Salpor fue mucho más clara que la harina de maíz HB-Proticta. En general los tratamientos nixtamalizados dieron como resultado una harina más oscura que los demás tratamientos, seguido por las harinas cocidas. Se observó que la harina de maíz Salpor dio como resultado una harina mucho más fina que la harina de maíz HB-Proticta. Otra diferencia notable fue que el maíz que se nixtamalizó dio como resultado una harina con un olor mas fuerte, característico de la tortilla.

C. Análisis químico proximal de la harina de maíz.

Se realizó una evaluación química a la materia prima para conocer la base nutricional del producto con el que se elaboró la champurrada. El procedimiento para realizar estas pruebas se muestra en la metodología. Estos procedimientos fueron realizados en duplicado y se presenta solamente el promedio. A continuación se presentan los resultados del análisis químico proximal:

Cuadro No.14: Composición nutricional de la materia prima (100g de muestra)

Componente	Maíz Salpor			Maíz HB-Proticta			Trigo
	Crudo	Cocido	Nixtamalizado	Crudo	Cocido	Nixtamalizado	
Proteína (g)	8.05±0.000	8.43±0.056	8.59±0.056	9.86±0.035	11.36±0.056	11.87±0.049	10.5
Grasa (g)	5.74±0.113	4.38±0.134	5.53±0.028	5.95±0.000	4.07±0.085	5.04±0.064	1.0
Carbohidratos (g)	67.28±0.431	69.17±0.172	72.28±0.085	71.55±0.148	67.79±0.056	69.35±0.120	76.10
Humedad (g)	12.86±0.092	11.87±0.102	9.10±0.035	9.98±0.014	10.98±0.247	11.37±0.021	12.0
Cenizas (g)	1.44±0.141	1.37±0.000	1.36±0.007	1.29±0.106	2.23±0.056	0.67±0.014	0.40
Fibra (g)	4.63±0.085	4.78±0.120	3.14±0.071	1.37±0.021	3.57±0.106	1.70±0.127	0.25
Energía (Kcal)	353	350	373	379	353	370	364

Para facilitar la comprensión de estos datos, se realizaron dos gráficas, una con los macronutrientes y otra con la energía. Estas gráficas se muestran en el Apéndice G.

Según los resultados obtenidos para la composición nutricional se puede observar diferencias entre cada tipo de maíz, según el tratamiento. En el Cuadro 14 se puede notar que en cuanto a la proteína, el PNI es el que tiene mayor cantidad de ésta, seguido por el PCR. El maíz que tiene menor cantidad de proteína es SCR. Como era de esperarse el maíz HB-Proticta tiene mayor cantidad de proteína que el maíz Salpor, lo cual es una ventaja nutricional pues, no solamente tiene mayor cantidad de proteína, sino que también tiene mejor calidad proteica. La calidad de una proteína depende tanto de su cantidad como de la proporción de aminoácidos esenciales que contiene. Teóricamente el maíz HB-Proticta tiene una muy buena calidad proteica por su alto contenido de aminoácidos esenciales, lisina y triptófano, además de tener mayor cantidad de proteína que el maíz Salpor.

Para la grasa, se puede notar que el que tiene mayor cantidad es el maíz PCR, seguido por el SCR. En el caso del maíz HB-Proticta, la grasa proviene del aceite del grano y su contenido varía de 3-18 gramos, como se puede observar en el cuadro anterior, los datos para el HB-Proticta sí están dentro del rango esperado. Se puede ver que las harinas que tienen menor cantidad de grasa son SCO y PCO. En cuanto a tratamiento se puede observar que hay menor grasa en la harina de maíz cocido, seguido por nixtamalizado y crudo. En general, la grasa del grano de maíz está localizada en el germen. El maíz tiene bajos niveles de ácidos grasos saturados y altos niveles de ácidos grasos poliinsaturados, lo cual es una ventaja nutricional.

En cuanto al contenido de carbohidratos se puede observar que todos se encuentran en el rango del 67-72g, esto es debido a que por ser cereales, este es el macronutriente principal en el alimento.

En el Cuadro No.14 se puede observar datos sobre la humedad, cenizas y fibra. La harina con mayor contenido de humedad fue la SCR seguida por la SCO. La humedad en los alimentos, determina la vida útil de los mismos, pues el riesgo aumenta según aumente su valor. Podría decirse entonces, que la harina de maíz SCO, con una humedad de 12.86% es más susceptible al deterioro, mientras que la harina de SNI es menos susceptible al deterioro pues tiene una humedad de 9.10%.

En cuanto al contenido de fibra, se puede observar que el contenido es bajo, esto es debido a que los granos son desprovistos de su pericarpio previo a la molienda, y es en el pericarpio donde se concentra un alto contenido de fibra.

El contenido energético de las harinas fue determinado utilizando los valores de macronutrientes en gramos, multiplicándolos por el valor energético que aportan cada uno de ellos: grasa=9Kcal por gramo, carbohidrato y proteína =4Kcal por gramo.

Como se puede observar en el Cuadro 14, los valores de energía varían desde 350 Kcal para la harina SCO, hasta 379cal para la harina PCR, estas diferencias son debido a la cantidad de macronutrientes en cada uno, pues debido a que el PCO tiene bajo contenido de grasas, va a dar como resultado una menor cantidad de energía, mientras que el PCR tiene mayor cantidad de grasa.

D. Formulación de la champurrada.

La materia prima básica para la elaboración de este producto fue la harina de trigo y la harina de maíz (HB-Proticta y Salpor). El objetivo de combinar estas dos harinas era el de obtener un producto de mejor calidad proteica.

La elaboración de la champurrada se realizó en la Panadería Pan de Antaño, con la colaboración de uno de los panaderos. Cada champurrada fue comprada a un precio de ochenta centavos. La receta utilizada se puede observar en el Apéndice B, como se puede observar esta receta fue modificada de la receta original, debido a que con la receta utilizada se obtenía un mejor producto. A continuación se muestran los ingredientes utilizados, la razón para utilizarlos y el porque se modificó la receta original.

Cuadro No.15: Ingredientes utilizados y su razón

Ingredientes	Receta original	Receta utilizada	Razón
Harina de trigo	X	X	Ingrediente más importante y la base de la panificación
Harina de maíz	X	X	Ingrediente más importante y la base de la panificación
Agua		X	Formación de masa
Leche	X		No se utilizó porque afectaba la calidad proteica del producto final
Azúcar	X	X	Sabor
Sal	X	X	Mejora las propiedades de manejo de la masa y aumenta el volumen del pan.
Polvo de hornear	X	X	Para dar suavidad
Manteca	X	X	Textura
Margarina		X	Sabor y textura

Las diferencias en la preparación de la masa que se observaron fueron relacionadas con el brillo y peso de la masa, así como con la textura y el aroma. Se observó que a mayor sustitución de harina de trigo por harina de maíz la masa se tornaba más pesada, así como más opaca, más suave al manejarla y

más granulada. La diferencia entre las masas preparadas con los distintos tipos de maíz fue que la masa de maíz Salpor era más clara y más suave que la de maíz HB-Proticta. Otra diferencia entre las masas es que las preparadas con harina de maíz nixtamalizadas tienen un aroma más fuerte a maíz que las masas preparadas con harina de maíz con otros tratamientos (cruda y cocida).

Todas las masas pesaron 2 Lb y se boleó en pelotitas de 2 onzas cada una. Durante la elaboración de la champurrada, se notó que en el horneado las champurradas crecieron hasta alcanzar un promedio de 1.5cm, y luego se desinflaron. El tiempo de horneado promedio fue de 22 minutos a 250°C y se observaron pocas variaciones en el tiempo para las distintas formulaciones y tratamientos. Se observó que en general las champurradas de maíz cocido, necesitaron un tiempo de horneado un poco menor al promedio. En el momento de separar el producto de la lata, se notó que las champurradas de harina de Salpor crudo y de harina de maíz HB-Proticta crudo a una sustitución del 40-60, se quebraron, esto es debido a que no se formó bien el gluten, por lo tanto da como resultado un producto más frágil.

El siguiente paso después de elaborar todas las champurradas fue el análisis sensorial por parte del grupo focal, esto se realizó con el objetivo de seleccionar la mejor champurrada y de conocer formas de mejorar el producto. La información del grupo focal se puede observar en la página No. 48. A simple vista, los productos finales obtenidos eran similares en color y tamaño, sin embargo, para determinar diferencias en las características físicas se realizó un análisis físico de las distintas sustituciones, según tratamiento, así como del producto control.

E. Evaluación física.

Era esperado que al realizar la sustitución parcial del trigo con harina de maíz se afectaran propiedades físicas como el peso, diámetro, altura y sabor.

La evaluación física de las champurradas consistió en la medición de altura, diámetro y peso, las cuales son consideradas las medidas más importantes de dicho producto. Para la toma de estas medidas se realizó a 10 muestras al azar para cada una de las combinaciones, según tratamiento. Los datos originales se muestran en el área de Apéndices. Los datos promedios para cada una de las mediciones físicas se pueden observar a continuación:

Cuadro No.16: Promedio de 10 medidas de pesos, diámetro y altura de las champurradas, para cada combinación y tratamiento

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	40.4

Continuación del cuadro No.16:

Tratamiento	Sustitución	Diámetro (cms) \pm 0.05	Altura (cms) \pm 0.05	Peso (cms) \pm 0.05
SNI	80/20	11.2	0.4	40.7
	60/40	11.2	0.4	40.3
	40/60	11.1	0.4	41.2
SCO	80/20	11.0	0.4	40.7
	60/40	11.2	0.4	40.5
	40/60	11.1	0.4	41.5
SCR	80/20	10.8	0.4	40.1
	60/40	11.0	0.4	40.8
	40/60	11.7	0.3	37.5

Como se puede observar en el cuadro anterior, todos los promedios difieren poco entre sí, por lo tanto, se realizó un análisis de varianza y una prueba de Tukey para analizar mejor los datos.

Para determinar si existían diferencias significativas entre los distintos tratamientos, se realizó un análisis de varianza (95% de nivel de confianza). A continuación se muestran los datos.

Cuadro No. 17: Análisis de varianza (95% nivel de confianza) entre las champurradas, según tratamiento

Medición	F experimental	F Critica	Interpretación
Peso	1.31	< 1.66	No hay diferencia significativa
Diámetro	* 7.69	> 1.66	Si hay diferencia significativa
Altura	* 35.1	> 1.66	Si hay diferencia significativa

* Si hay diferencia significativa

Los resultados de este cuadro muestran que para las variables de diámetro y altura, si existe una diferencia significativa entre cada tratamiento y sustituciones de harina, dicho de otra forma, al menos dos combinaciones difieren significativamente entre sí.

El peso, fue la única variable que no presentó diferencia significativa al ser comparada entre cada tratamiento y sustitución, esto se debe a que al momento de la elaboración de la champurrada, cada bolita fue pesada.

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

Cuadro No.18: Resultado de 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
PNI	60-40 vrs control	0.69
PNI	40-60 vrs control	*4.59
PCO	80-20 vrs control	1.52
PCO	60-40 vrs control	0.11

Continuación del cuadro No.18

Harina	Comparación	F experimental
PCO	40-60 vrs control	0.28
PCR	80-20 vrs control	1.03
PCR	60-40 vrs control	0.97
PCR	40-60 vrs control	0.00
SNI	80-20 vrs control	0.03
SNI	60-40 vrs control	0.00
SNI	40-60 vrs control	0.17
SCO	80-20 vrs control	0.05
SCO	60-40 vrs control	0.01
SCO	40-60 vrs control	0.44
SCR	80-20 vrs control	0.01
SCR	60-40 vrs control	0.08
SCR	40-60 vrs control	2.81

F crítica 4.41

* si hay diferencia significativa

Según el cuadro anterior, no hay diferencias significativas en cuanto al peso para la mayoría de tratamientos y sustituciones en comparación con la champurrada control. La única diferencia significativa es la champurrada de harina de maíz HB-Proticta nixtamalizada a una sustitución del 60%. Por lo tanto, se puede concluir que los diferentes tratamientos y sustituciones no afectan significativamente la propiedad de peso de las champurradas. A continuación se muestra el análisis de varianza para el diámetro.

Cuadro No.19: Resultado de 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
PNI	60-40 vrs control	0.38
PNI	40-60 vrs control	*22.70
PCO	80-20 vrs control	2.64
PCO	60-40 vrs control	*16.45
PCO	40-60 vrs control	0.12
PCR	80-20 vrs control	*31.34
PCR	60-40 vrs control	*36.81
PCR	40-60 vrs control	*64.38
SNI	80-20 vrs control	0.04
SNI	60-40 vrs control	0.32
SNI	40-60 vrs control	0.56
SCO	80-20 vrs control	3.40

Continuación del cuadro No.19:

Harina	Comparación	F experimental
SCO	60-40 vrs control	0.00
SCO	40-60 vrs control	0.66
SCR	80-20 vrs control	*6.92
SCR	60-40 vrs control	1.85
SCR	40-60 vrs control	*5.75

F crítica 4.41

* si hay diferencia significativa

A partir del análisis de varianza del diámetro, se puede observar que casi la mitad difiere significativamente de la muestra control. El único tratamiento que ninguna sustitución difiere significativamente con la muestra control son las champurradas de SIN y SCO. A continuación se muestra el análisis de varianza para altura.

Cuadro No.20: Resultado de 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
PNI	60-40 vrs control	*116.12
PNI	40-60 vrs control	*116.12
PCO	80-20 vrs control	*160.02
PCO	60-40 vrs control	*160.02
PCO	40-60 vrs control	*160.02
PCR	80-20 vrs control	2.65
PCR	60-40 vrs control	3.46
PCR	40-60 vrs control	*7.23
SNI	80-20 vrs control	*116.12
SNI	60-40 vrs control	*178.94
SNI	40-60 vrs control	*160.02
SCO	80-20 vrs control	*152.47
SCO	60-40 vrs control	*152.47
SCO	40-60 vrs control	*78.05
SCR	80-20 vrs control	*178.94
SCR	60-40 vrs control	*94.70
SCR	40-60 vrs control	*306.00

F crítica 4.41

* si hay diferencia significativa

Para el análisis de varianza de la altura casi todos los resultados mostraron diferencias significativas al compararla con la champurrada control, excepto por las sustituciones de harina de maíz PCR para las sustituciones parciales del 80-20 y del 60-40. Como se puede observar la diferencia es muy alta para

ambos tipos de maíz, por lo que se puede concluir que tanto el maíz Salpor, como el PNI y PCO afectan en cuanto a la altura de la champurrada.

Después de determinar qué muestras eran significativamente diferentes a la muestra control, se procedió a determinar qué muestras no presentaban diferencias significativas entre sí, para ello se realizó la prueba de Tukey. A continuación se muestran los resultados.

Cuadro No.21: Resultados de la prueba de Tukey para peso

Tratamiento y sustitución	Grupos	
PNI40-60	A	
PCR80-20	A	B
PCR60-40	A	B
SCO40-60	A	B
PCO40-60	A	B
PNI80-20	A	B
SNI40-60	A	B
SCR60-40	A	B
SNI80-20	A	B
SCO80-20	A	B
SCO60-40	A	B
PCR40-60	A	B
SNI60-40	A	B
TRIGO	A	B
SCR80-20	A	B
PCO60-40	A	B
PNI60-40	A	B
PCO80-20	A	B
SCR40-60		B

De lo anterior se puede concluir que la mayoría de tratamientos y sustituciones parciales son similares en cuanto al peso con la champurrada control, excepto por la champurrada de maíz PNI a una sustitución de 40-60, la cual tiene un peso mayor que la champurrada control; y la champurrada de SCR a una sustitución parcial de 40-60, la cual tiene un peso menor al control.

Cuadro No.22: Resultados de la prueba de Tukey para diámetro

Tratamiento y sustitución	Grupos				
PCR40-60	A				
PNI40-60	A	B			
PCR60-40	A	B			
PCR80-20	A	B	C		
SCR40-60	A	B	C	D	
PNI80-20	A	B	C	D	E

Continuación del cuadro No.22:

Tratamiento y sustitución	Grupos				
TRIGO		B	C	D	E
SCO60-40		B	C	D	E
SNI80-20			C	D	E
PCO40-60			C	D	E
SNI60-40			C	D	E
PNI60-40			C	D	E
SNI40-60				D	E
SCO40-60				D	E
PCO80-20				D	E
SCO80-20				D	E
SCR60-40				D	E
SCR80-20					E
PCO60-40					E

Del análisis anterior, se puede concluir que la única champurrada con un diámetro similar a la champurrada control fue la de SCO a una sustitución de 60-40, todas las demás difieren en cuanto al diámetro con la champurrada control. Las champurradas que no son similares a ninguna otra son las de HB-Proticta crudo (PCR) 40-60, 80-20, la de Salpor crudo (SCR) 40-60 y la de HB-Proticta nixtamalizado (PNI) 80-20. Por lo tanto se puede decir que no hay efecto marcado para el diámetro, para cada maíz y tratamiento.

Cuadro No.23: Resultados de la prueba de Tukey para altura

Tratamiento y sustitución	Grupos				
TRIGO	A				
PCR80-20	A				
PCR60-40	A				
PCR40-60	A				
PNI80-20		B			
SCR60-40		B	C		
SCO40-60		B	C		
PNI40-60		B	C		
PNI60-40		B	C		
SNI80-20		B	C		
SCO80-20			C		
SCO60-40			C		
SCR80-20			C		
SNI60-40			C		
PCO80-20			C	D	

Continuación del cuadro No.23:

Tratamiento y sustitución	Grupos			
PCO40-60			C	D
PCO60-40			C	D
SNI40-60			C	D
SCR40-60				D

A partir de estos resultados se puede observar que las champurradas similares a la muestra control en cuanto a la altura son las PCR, sin importar la sustitución parcial. Todas las champurradas elaboradas con harina de maíz HB-Proticta cocido (PCO) son similares entre sí y son similares también con la champurrada de maíz Salpor nixtamalizado (SNI) a una sustitución de 40-60. Las champurradas de Salpor crudo (SCR) 40-60 y la de HB-Proticta Nixtamalizado (PNI) 80-20, no son similares a ninguna otra champurrada en cuanto a la altura.

F. Análisis sensorial.

1. **Grupo focal.** Con el objetivo de seleccionar cual tratamiento y combinación de harina de trigo con harina de maíz tiene mejor aceptabilidad por parte de los consumidores, se realizó un grupo focal. El grupo focal se realizó en la Universidad del Valle de Guatemala con un grupo de 6 panelistas, previamente entrenados, con edades de los 23-25 años. Se realizó una única sesión con duración de una hora, en la cual se presentaron todas las combinaciones y tratamientos de champurradas. Durante la sesión se dio a conocer a los panelistas el objetivo de la prueba. Ya que eran muchas muestras distintas se inició con el tratamiento nixtamalizado, seguido por el cocido y por último el crudo, y con el menor nivel de sustitución (80-20), seguido por la sustitución 60-40 y finalizando con la sustitución 40-60, este orden no varió entre panelistas. No se dio a conocer a los panelistas ni el grado de sustitución ni el tratamiento, para evitar respuestas manipuladas. Las características evaluadas en el grupo focal fueron sobre apariencia general, color, aroma, sabor, dureza y textura. La guía de discusión se puede observar en Apéndice C, el objetivo de la actividad era facilitar una discusión, en donde se anotaron las respuestas o comentarios de los panelistas. Los resultados obtenidos de la discusión del grupo focal se muestran en el Apéndice I, Cuadro No.39.

Según los resultados, las champurradas que más les gustaron o con menos comentarios negativos para el maíz HB-Proticta fue las de tratamiento cocido, a una sustitución 60-40. Para el maíz Salpor las más gustadas fueron las del tratamiento crudo, pero específicamente la sustitución 60-40.

En cuanto al color y la apariencia física, se puede observar que las champurradas que se miraban muy pálidas eran clasificadas como desagradables, mientras que las más oscuras y tostadas eran agradables. Otro problema encontrado en cuanto a la apariencia física fue que se miraban mucho los granitos de azúcar, esto se debe a que se realizaron a mano, y no se utilizó batidora al mezclar la masa.

En cuanto al aroma, se puede ver que la mayoría fue desagradable, los comentarios fueron que tenía un aroma salado o muy fuerte el olor a maíz. Al igual con el sabor, se obtuvo la mayoría una clasificación de desagradable. Se encontró una relación entre el sabor dulce con lo que la gente

considera como rico, las champurradas que se sentían más dulces eran más gustadas que las que no se sentían dulces.

En cuanto a la textura se observó que para la mayoría de champurradas se clasificó como desagradable, esto es debido a que eran muy porosas y arenosas.

El objetivo del grupo focal era el de conocer los comentarios de los panelistas para realizarle mejoras al producto. Estas mejoras realizadas fueron: se agregó vainilla para eliminar el aroma a maíz o la falta de aroma, y se utilizó batidora al mezclar la masa, para eliminar los granitos de azúcar. No se tostaron más para mejorar la apariencia, pues al tostarla más se perdía lisina.

Se encontró con varios problemas en el momento de iniciar a hacer el grupo focal, pues se realizó en un salón de clase y no en un laboratorio de análisis sensorial. Como se realizó al terminar una clase, hubo algunos participantes que se querían ir y no querían participar, pero en el momento que se fueron estas personas todo se facilitó y las personas que se quedaron participaron bastante y mostraron colaboración.

2. Prueba hedónica. Se evaluó nuevamente el producto por medio de una prueba hedónica de nueve puntos. Esta prueba se realizó a 40 personas, con edades entre los 19-50, de ambos sexos, en la tabla No.24 se muestran los rangos de edad y sexo de los participantes.

Tabla No. 24: 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
Masculino	6	0	4	4
Femenino	15	4	4	3
Total	21	4	8	7

Las champurradas en esta prueba fueron las seleccionadas por el grupo focal, las cuales fueron HB-Proticta cocido 60-40, Salpor crudo 60-40 y control (trigo). A continuación se muestran los resultados obtenidos.

Cuadro No. 25: Resultados de prueba hedónica por características evaluadas

Tipo de champurrada	Trigo				SCR 60-40				PCO 60-40			
	A	O	S	AG	A	O	S	AG	A	O	S	AG
Extremadamente agradable (9)	0	2	7	0	1	1	3	2	1	2	2	1
Muy agradable (8)	10	6	7	15	5	7	8	7	9	7	9	7
Bastante agradable (7)	12	21	9	13	11	12	8	10	9	12	10	9
Agradable (6)	11	8	16	12	16	12	14	10	13	9	10	8
Ni agradable ni desagradable (5)	7	3	1	0	5	7	4	7	7	10	5	14
Desagradable (4)	0	0	0	0	2	1	2	4	1	0	3	0
Bastante desagradable (3)	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
Muy desagradable (2)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
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

(valor numérico)

A: Apariencia
O: Olor
S: Sabor
AG: Apariencia General

Como se puede observar en el cuadro anterior, casi todos los datos están distribuidos entre las categorías de muy agradable hasta desagradable. Para analizar estos datos, la escala se convierte en puntaje numérico del 1-9, con lo cual se obtuvo un promedio de resultados y con estos datos se determinó el grado de aceptabilidad. 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 por último se sumaron todos los resultados. Luego el resultado se divide entre el número de panelistas obteniendo un valor que debe ser comparado con el valor crítico mínimo para cada característica evaluada. El valor crítico mínimo para considerar una prueba como aceptable debe ser ≥ 6.5 . Los resultados se muestran a continuación:

Cuadro No. 26: 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
SCR 60-40	Apariencia	6.38	No es aceptable
	Olor	6.50	Aceptable
	Sabor	6.55	Aceptable
	Aceptabilidad general	6.38	No es aceptable
PCO 60-40	Apariencia	6.53	Aceptable
	Olor	6.55	Aceptable
	Sabor	6.48	Aceptable
	Aceptabilidad general	6.22	No es aceptable

En el cuadro anterior se puede observar que la champurrada de trigo es aceptable para todas las características. Para la champurrada de maíz Salpor crudo 60-40 la única característica que clasificaron como no aceptable es la apariencia general, al igual que para la de HB-Proticta cocido 60-40. Como el producto evaluado es un producto nuevo, es de esperarse que éste no sea aceptado por todos los consumidores, sin embargo se obtuvieron muy buenos comentarios de las champurradas.

G. Análisis químico proximal de la champurrada

Se realizó una evaluación química proximal de las champurradas seleccionadas por el grupo focal (Salpor crudo 60-40 y HB-Proticta cocido 60-40). El procedimiento para realizar estas pruebas se muestra en la metodología. Estos procedimientos fueron realizados en duplicado y se presenta solamente el promedio. A continuación se presentan los resultados del análisis químico proximal:

Tabla No.27: Composición nutricional de las champurradas (100g. de muestra)

Componente	Trigo	SCR 60/40	PCO 60/40
Proteína (g)	7.76±0.018	6.67±0.011	7.46±0.028
Grasa (g)	22.59±0.103	22.99±0.071	24.45±0.163
Carbohidratos (g)	61.75±0.136	60.57±0.166	62.28±0.132
Humedad (g)	2.53±0.170	1.33±0.042	0.88±0.144
Cenizas (g)	2.40±0.088	2.23±0.120	2.50±0.085
Fibra (g)	2.97±0.002	6.30±0.007	2.43±0.000
Calorías (Kcal)	481	476	499

Para facilitar la comprensión de estos datos, se realizaron dos gráficas, una con los macronutrientes y otra con la energía. Estas graficas se muestran en el Apéndice G.

Respecto al contenido de proteína de las champurradas, se puede observar que la champurrada de trigo es la que tiene mayor contenido, esto es de esperarse pues el trigo tiene mayor contenido proteico que el maíz, pero estas proteínas no son de alto valor biológico y carecen de aminoácidos esenciales.

Por lo tanto aunque la champurrada de HB-Proticta tenga menor cantidad de proteína, la calidad proteínica es alta, ya que este aporta mayor cantidad de lisina y triptófano, el cual es limitante en el trigo.

En cuanto al contenido de grasa se puede observar que para todas las chapurradas está dentro del rango de 22.5-24.4%, esto era lo esperado debido a que en la receta utilizada (la cual se puede observar en el Apéndice B) se utilizó aproximadamente el 20% de grasa en forma de manteca vegetal y margarina, para la preparación de las champurradas. La grasa en la elaboración de una champurrada es muy importante pues aporta propiedades como lubricación, uniformidad, una masa suave y agradable; también aumenta el valor nutritivo.

Para el contenido de carbohidratos se puede observar que todos se encuentran en el rango del 60-63g, esto es debido a que por ser cereales, este es el macronutriente principal en el alimento.

En el Cuadro No. 27 se puede observar el contenido de humedad, estos valores son bastante bajos para las 3 champurradas, teniendo mayor humedad la de trigo y menor la de HB-Proticta cocido 60-40, esto es una ventaja para ésta champurrada, pues a menor humedad tiene mayor tiempo de vida útil.

El contenido energético de las champurradas se determinó utilizando el mismo método que para calcular el de las harinas. Como se puede observar en el Cuadro No.27, los valores de energía varían poco desde 476Kcal para la champurrada de SCR60-40, hasta 499Kcal para la champurrada de PCO60-40, estas diferencias son debido a la cantidad de macronutrientes en cada uno, pues debido a que la de PCO 60-40 tiene mayor cantidad de grasa y carbohidratos, va a dar como resultado una mayor cantidad de energía.

H. Análisis biológico

Para realizar el análisis biológico de las muestras de champurradas, se realizó la Razón Proteica Neta (NPR) con ratas recién destetadas como animal experimental. Para el análisis biológico se utilizaron cinco dietas distintas, las cuales se pueden observar en el cuadro que se muestra a continuación. La

dieta 1 constituyó en la champurrada de trigo y fue definida como el objeto de comparación para la investigación. La dieta 2 fue la champurrada de maíz Salpor crudo 60-40, la dieta 3 fue la champurrada de maíz HB-Proticta cocido 60-40, la dieta 4 fue una dieta libre de nitrógeno y sin fuente proteica, la cual es utilizada para determinar las pérdidas insensibles de nitrógeno endógeno; y por último la dieta número cinco fue la caseína, la cual constituye el modelo de proteína patrón según la FAO.

Cuadro No. 28: Composición de las dietas utilizadas en el análisis biológico

Ingredientes	Dieta 1 (Champurrada de trigo)	Dieta 2 (Champurrada SCR 60/40)	Dieta 3 (Champurrada PCO 60/40)	Dieta 4 (Libre de nitrógeno)	Dieta 5 (Caseína)
Harina control (100% trigo)	95%	-	-	-	-
Harina de champurrada PCO60/40	-	-	95%	-	-
Harina de champurrada SCR60/40	-	95%	-	-	-
Caseína	-	-	-	-	11%
Mezcla mineral	4%	4%	4%	4%	4%
Mezcla vitamínica	1%	1%	1%	1%	1%
Aceite vegetal	-	-	-	5%	5%
Almidón	-	-	-	90%	79%
Total	100%	100%	100%	100%	100%
% proteína en la dieta	7.78%	6.67%	7.46%	0%	10%

Los métodos para evaluar la calidad proteica basados en el cambio de peso corporal como el NPR, deben de llevar un registro de la ganancia de peso, así como de la cantidad de proteína consumida. El periodo de registro para NPR puede ser de 14 ó 28 días, por lo que es importante mencionar que los datos presentados corresponden a un periodo de 14 días. En el Cuadro No.29 se muestran los valores promedio obtenidos para las variables mencionadas, las cuales fueron medidas en los 6 animales asignados a cada dieta.

Cuadro No.29: Datos promedio determinados en ratas experimentales

Dato (g)	Dieta 1 (Champurrada de trigo)	Dieta 2 (Champurrada SCR 60/40)	Dieta 3 (Champurrada PCO 60/40)	Dieta 4 (Libre de nitrógeno)	Dieta 5 (Caseína)
Aumento de peso	-1.67	-1.50	0.83	-7.37	63.8
Alimento ingerido	67.33	61.0	61.17	72.16	172.2

El propósito de la determinación de NPR era el de evaluar la calidad proteica, midiendo el cambio en el peso corporal asociado con la ingesta de una proteína específica. Se seleccionó este método ya que además de determinar la utilización de la proteína, considera las pérdidas insensibles utilizando un grupo de ratas alimentadas con dieta libre de nitrógeno. En este estudio los animales perdieron peso en el periodo experimental, esto es debido a que éste alimento es muy grasoso (pues tiene aproximadamente un 23% de grasa), por lo que las ratas llenaron muy rápido sus necesidades energéticas diarias y disminuyendo el consumo del alimento.

Según estos datos, 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. Con las dietas de champurradas, con la única que se observó ganancia de peso fue con la champurrada elaborada con maíz HB-Proticta 60/40, lo cual es un reflejo de la mejor calidad de la proteína del maíz HB-Proticta. En cuanto a las otras dos dietas se obtuvo pérdida de peso en lugar de ganancia. Para la champurrada de 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.

El registro individual de la ganancia de peso y alimento total consumido de las ratas se puede observar en el área de Apéndices. Con 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. 30: Razón Proteica Neta (NPR) en ratas experimentales

No. de rata	Dieta 1 (Champurrada de trigo)	Dieta 2 (Champurrada SCR 60/40)	Dieta 3 (Champurrada PCO 60/40)	Dieta 5 (Caseína)
1	1.11	1.30	2.17	4.20
2	0.64	1.19	1.47	4.34
3	0.93	1.65	1.90	4.60
4	1.38	1.45	2.07	3.51
5	1.30	1.58	1.47	4.01
6	1.12	1.46	1.70	4.01
Promedio	1.08	1.44	1.80	4.11

Según se puede observar en el Cuadro No.30 la dieta con la que se obtuvo mayor ganancia de peso es con la dieta de caseína, esto es debido a que como se explicó previamente ésta es una proteína patrón. En cuanto a las champurradas se puede observar 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 HB-Proticta cocido 60/40 obtuvo una razón proteica neta (NPR) mayor, seguida por la champurrada de maíz Salpor crudo 60/40, seguida por la de trigo.

Se puede concluir que la sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz HB-Proticta y Salpor 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, y es aún mejor la sustituida con HB-Proticta cocido 60/40 que la de Salpor crudo 60/40.

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 continuación se presentan las conclusiones obtenidas, con base a los objetivos planteados al inicio de la investigación, considerando los resultados obtenidos al aplicar la metodología propuesta.

- El contenido de proteína de la harina de maíz HB-Proticta, sin importar tratamiento, fue mayor al de maíz Salpor. Según el análisis químico proximal de las harinas, las diferencias entre el contenido energético de las distintas muestras de harina de maíz está relacionado directamente por su contenido de grasa.
- Según el análisis físico se pudo determinar que no hay relación directa entre el tipo de sustitución y tratamiento realizado a la harina de maíz y las características físicas de diámetro. No se observó relación entre estos datos y la aceptación.
- Las champurradas elegidas por el grupo focal fueron la de maíz HB-Proticta cocido a una sustitución parcial de 60-40, y la de maíz Salpor crudo a una sustitución parcial de 60-40, por tener mejores características sensoriales.
- Con base a los resultados de la prueba hedónica, todas las champurradas presentaban características organolépticas 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, como la granulometría de las harinas y procesos térmicos como tostación.
- Según el análisis químico proximal, la champurrada de trigo tiene mayor cantidad de proteína que las champurradas de maíz PCO60-40 y que de SCR60-40. El trigo contiene mayor cantidad de proteína, pero el maíz HB-Proticta contiene una calidad proteica superior, específicamente en aminoácidos esenciales. También fue menor el contenido energético de las champurradas elaboradas con sustitución parcial de harina de maíz, que la control (trigo).
- La sustitución parcial de harina de trigo por harina de maíz HB-Proticta y Salpor 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, y es aún mejor la sustituida con HB-Proticta cocido 60/40 que la de Salpor crudo 60/40.
- 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 HB-Proticta 60-40 cocido y Salpor 60-40 crudo.

IX. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar el análisis sensorial en un laboratorio destinado para esto.
- Determinar el valor energético del producto por calorimetría.
- Se recomienda para el análisis físico hacer mediciones de color y textura.
- Realizar una revisión de la formulación para determinar qué cambios podrían mejorar el producto.
 - Promover el uso del maíz HB-Proticta en productos alimenticios para evitar deficiencias proteicas en la población.
 - Desarrollar productos nuevos con alto valor nutricional para evitar la desnutrición en Guatemala.
 - Para futuras investigaciones se recomienda que el análisis biológico se realice antes y después del horneado, debido a que en este proceso se pierden aminoácidos esenciales disminuyendo la calidad nutricional proteica.