

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

Efecto de la complementación de frijol de soya (*Glycine max. L*) y maíz (*Zea mays L*) en la composición química y sensorial de una bebida.

Trabajo de investigación presentado por Marisabel Morales Muralles para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de los Alimentos.

Guatemala  
2010



Efecto de la complementación de frijol de soya (*Glycine max. L*) y maíz (*Zea mays L*) en la composición química y sensorial de una bebida.

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

Efecto de la complementación de frijol de soya (*Glycine max. L*) y maíz (*Zea mays L*) en la composición química y sensorial de una bebida.

Trabajo de investigación presentado por Marisabel Morales Muralles para optar por el grado académico de Licenciada en Ingeniería en Ciencias de los Alimentos.

Guatemala  
2010

Vo.Bo.:

(f)

(Dr. Ricardo Bressani)

Tribunal:

(f)

(Dr. Ricardo Bressani)

(f)

(Lda. Ana Silvia Colmenares)

(f)

(Lda. Patricia de Palomo)

Fecha de aprobación: 7 de diciembre del 2010

# ÍNDICE

LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE GRÁFICOS .....	ix
RESUMEN .....	x
I. INTRODUCCIÓN .....	1
II. ANTECEDENTES .....	3
A. Necesidades nutricionales.....	3
B. Alimentos complementarios .....	3
C. Composición química del frijol de soya.....	5
1. Proteínas .....	5
2. Carbohidratos.....	5
3. Lípidos .....	5
4. Factores antinutricionales: Inhibidores de Tripsina .....	6
D. Composición química del maíz dulce .....	7
1. Proteínas .....	7
2. Carbohidratos.....	7
3. Lípidos .....	7
E. Composición química del maíz tierno .....	8
1. Proteínas .....	8
2. Carbohidratos.....	8
3. Lípidos .....	8
F. Aspecto sensorial .....	8
G. Método actual utilizado con la “Vaca mecánica” .....	9
III. JUSTIFICACIÓN.....	10
IV. OBJETIVOS.....	12
A. General.....	12
B. Específicos .....	12
V. METODOLOGÍA.....	13
A. Diseño experimental .....	13

1.	Selección de materia prima.....	13
2.	Obtención del extracto de soya .....	13
3.	Obtención de la leche de maíz dulce .....	15
4.	Determinación de los porcentajes de soya y de maíz dulce .....	16
5.	Traslado del método manual para la fabricación de la leche por medio del proceso mecánico (Vaca mecánica).....	16
6.	Adaptación del maíz criollo para la realización de la leche de soya y maíz.....	16
B.	Métodos de Análisis .....	16
1.	Análisis Químicos.....	16
2.	Análisis sensorial .....	18
3.	Análisis estadístico .....	18
VI.	RESULTADOS .....	19
A.	Selección de materia prima.....	19
B.	Obtención de la leche de soya .....	21
C.	Obtención de la leche de maíz .....	30
D.	Realización de mezclas de leche de soya y maíz .....	32
E.	Transferencia del método manual al método de la “Vaca Mecánica” .....	37
VII.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	40
VIII.	CONCLUSIONES .....	44
IX.	RECOMENDACIONES .....	45
X.	BIBLIOGRAFÍA .....	46
XI.	ANEXOS .....	49

## LISTA DE TABLAS

Tabla No.1. Formulaciones comercializadas en Guatemala, hechas a base de harinas compuestas. ....	4
Tabla No.2. Determinación de condiciones para obtener el extracto de soya.....	14
Tabla No.3. Proporciones de soya y maíz dulce.....	16
Tabla No.4. Análisis proximal del frijol de soya.....	19
Tabla No.5. Análisis proximal del maíz dulce.....	20
Tabla No.6. Análisis proximal del maíz tierno.....	21
Tabla No.7. Análisis químico de leche de soya hecha por el método de la Universidad de Illinois con variaciones en el frijol crudo. ....	23
Tabla No. 8. Análisis de varianza de los efectos en las propiedades químicas debido los diferentes tratamientos sobre el frijol de soya.....	24
Tabla No.9. Absorción de agua del frijol de soya a temperatura ambiente. ....	25
Tabla No.10. Nitrógeno soluble en frijol de soya con tratamiento de microondas.....	26
Tabla No.11. Análisis proximal de leche de soya fabricada en el Hospital Hermano Pedro por el método tradicional.....	28
Tabla No.12. Análisis proximal de la leche de soya (tratada previamente en microondas).....	28
Tabla No. 13. Análisis proximal del bagazo (Okara) obtenido durante la fabricación de la leche de soya (tratada previamente en microondas).....	29
Tabla No.14. Análisis proximal de la leche de maíz dulce.....	30
Tabla No.15. Análisis proximal del bagazo obtenido durante la fabricación de la leche de maíz dulce.....	31
Tabla No.16. Análisis proximal de la leche de maíz tierno.....	31
Tabla No.17. Análisis proximal del bagazo obtenido durante la fabricación de la leche de maíz tierno.....	32
Tabla No.18. Proteínas y humedad de mezclas de soya y maíz dulce en diferentes proporciones .	33
Tabla No.19. Análisis de varianza de los efectos en los contenidos químicos-nutricionales de las mezclas de maíz y soya debido a la variación en las proporciones. ....	33
Tabla No.20. Aceptación de las mezclas de leche de soya y maíz en diferentes proporciones basado en una escala hedónica de 5. ....	34
Tabla No.21. Análisis de varianza del efecto sobre la preferencia de las mezclas debido a las proporciones de soya y maíz utilizadas.....	36
Tabla No.22. Rendimientos de las leches de soya y maíz. ....	36

Tabla No.23. Análisis proximal de la leche de soya producida con la “Vaca Mecánica” .....	37
Tabla No.24. Análisis proximal de la leche de soya/maíz dulce en proporción 70:30 producida con la “Vaca Mecánica” .....	38
Tabla No.25. Análisis proximal de la leche de soya/maíz tierno en proporción 70:30 producida con la “Vaca Mecánica” .....	49

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfica No.1. Absorción de agua del frijol de soya a temperatura ambiente.....	25
Gráfica No.2. Nitrógeno soluble en soya tratada por microondas.....	27
Gráfica No.3. Prueba de aceptación de las mezclas de leche de soya y maíz.....	35
Gráfica No.4. Prueba de preferencia de las mezclas de leche de soya y maíz.....	35

## RESUMEN

La realización de este proyecto tenía como objetivo el de elaborar una bebida complementaria a base de leche de soya y maíz, a través del método manual basado en estudios hechos por la Universidad de Illinois y el equipo llamado “Vaca Mecánica”. Con esto se pretende ayudar al Hospital de Obras Sociales del Hermano Pedro ubicado en Antigua Guatemala, en donde se encuentra el equipo mencionado. Se desarrolló un método manual y mecánico para la elaboración de leche de soya para lo cual se llevó a cabo un estudio del uso de microondas y del añejamiento del frijol de soya. Se obtuvo una respuesta organoléptica positiva al realizar el tratamiento con microondas, además de no producir daño en la composición de la bebida. Adicionalmente se realizaron pruebas de remojo y descascarillado del frijol de soya sin resultados satisfactorios.

En cuanto a la bebida complementaria, se obtuvo resultados positivos con respecto a la composición proteica de las mezclas de soya con ambas clases de maíz, siendo el contenido de proteína levemente mayor en la leche de maíz dulce que en la de maíz tierno. La bebida desarrollada a base de frijol de soya y maíz dulce o maíz tierno tuvo resultados de aceptabilidad satisfactorios por parte del panel sensorial, el cual la clasificó dentro de la categoría de “me gusta”.

Finalmente, se demostró que el equipo conocido como “Vaca Mecánica”, originalmente hecha para la elaboración de leche de soya, puede utilizarse para procesar maíz dulce y maíz tierno junto con frijol de soya, y obtener así una bebida compuesta lista para consumir con un contenido de proteínas de  $2.35 \pm 0.01\%$  en la leche de maíz dulce y  $2.32 \pm 0.04\%$  en la leche de maíz tierno.

## I. INTRODUCCIÓN

Se han realizado varios estudios con el objeto de mejorar la calidad proteica de los productos del maíz (*Zea mays*) a través de la fortificación con alimentos de origen vegetal, como el frijol de soya (*Glycine max. L*) (2). Las proteínas son componentes esenciales de la dieta, necesarios para la supervivencia de animales y humanos. La función básica de las proteínas en la nutrición es proveer de cantidades adecuadas de aminoácidos esenciales. Las proteínas de los cereales son deficientes en algunos aminoácidos esenciales como lisina, treonina y triptófano, pero contienen altas cantidades de aminoácidos como metionina y cisteína. En contraste, las proteínas de las leguminosas son fuentes relativamente ricas en lisina, triptófano y treonina por lo que se considera un buen suplemento para productos a base de maíz. (8, 13, 24)

Adelakun, O.E. *et al* (2) encontró que al substituir una mezcla de maíz por 30% de soya el producto aumentó de un 12.27% de proteína en el alimento 100% maíz, hasta 26.97% en la mezcla maíz/soya 50:50. Otro estudio reportó que la adición de 4% de soya desgrasada en dietas para ratas incrementó el contenido proteico en un 1.5% en comparación con una dieta de sólo maíz. (13) En cuanto al contenido de lisina, D. Novotni, *et al.* (24) realizó un estudio en el que evaluó la composición de aminoácidos de harina de soya, harina de maíz y de dos mezclas de ambos. Como era de esperarse se reportaron valores mayores de lisina en soya (57 mg/g) que en maíz (2 mg/g); y al realizar las mezclas maíz/soya 75:25 y 62.5:37.5, la primera tenía menor contenido de lisina que la segunda (42 y 47 mg/g, respectivamente). Martínez-Flores, H.E. *et al.* (22) también evaluó el contenido de lisina en soya y maíz y encontró valores de 59.4 mg/g y 3.32 mg/g, respectivamente.

Además de aumentar la cantidad de proteína, se han observado resultados positivos en estudios biológicos al realizar estas mezclas. Se observó que al alimentar un grupo de ratas con maíz y mezclas maíz/soya durante 25 días, aquellas alimentadas con la mezcla de maíz/soya llegaron a duplicar el peso inicial, mientras que las alimentadas con maíz ganaron poco peso. (13) En otro estudio biológico, Ingbian, E. K. y Adegoke, G. O. desarrollaron fórmulas de *mumu*, un alimento a base de maíz, con diferentes substituciones de soya. Las mezclas maíz/soya que utilizaron fueron 85:15, 80:20, 75:25 y 70:30, las cuales se compararon con una dieta 100% maíz. Se observó que las ratas alimentadas con mezclas maíz/soya tenían al menos el doble del peso

final de las alimentadas con maíz; y que a mayor contenido de soya mayor fue el incremento de peso. (17) Martínez-Flores, H.E, *et al.* (22) observó el mismo comportamiento.

## II. ANTECEDENTES

### A. Necesidades nutricionales

Los requerimientos de nutrientes varían en determinados grupos de personas, por ejemplo en los niños, debido a que ellos tienen necesidades adicionales por el crecimiento. Las recomendaciones nutricionales proporcionan niveles de seguridad y tienen en cuenta las variaciones en las necesidades; por lo tanto, las cifras son a menudo algo mayores de los requerimientos mínimos para tener una buena salud. (1) En cuanto a los requerimientos de proteínas, la FAO recomienda una ingesta que varía entre 14 y 34 g de proteína diarios en niños de 1 a 10 años; de 49 a 63 g y de 48 a 81 g en adolescentes hombres y mujeres (hasta 18 años), respectivamente; y para adultos se recomendó 49 g en mujeres y 55 g en hombres (mayores a 18 años). Estos valores son basados en una dieta que contiene una gran cantidad de cereales, raíces feculentas y legumbres (por lo tanto, alta en fibra) y poca proteína completa (animal); siempre y cuando sean personas no enfermas. (19)

En Guatemala el nivel de consumo de proteínas entre el área urbana y rural y entre los niveles de ingreso no muestra mayores diferencias, lo cual podría explicarse por el alto consumo de proteínas provenientes de cereales y leguminosas entre las familias de menores ingresos. El análisis de aportes y adecuaciones nutricionales muestra, tanto para las diferentes áreas de residencia, como para todas las categorías de ingreso o por región, que el grupo maíz-frijol destaca en importancia, tanto en la estructura proteica, como en la estructura energética de la dieta en toda Guatemala. (30)

### B. Alimentos complementarios

Generalmente los alimentos complementarios se diseñan como mezclas de diferentes ingredientes en proporciones que aseguren un adecuado aporte de energía y macronutrientes. A esta mezcla se le suelen fortificar con vitaminas y minerales. Estas mezclas usualmente son de fácil preparación en el hogar. (12)

Comúnmente el término que se ha utilizado para este tipo de alimentos es el de harinas compuestas, el cual fue creado en 1964 por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), al reconocer la necesidad de buscar una solución al problema alimentario enfrentado por los países que no producen trigo. Las harinas compuestas inicialmente fueron definidas por la FAO como el proceso de mezclar harina de trigo con otros cereales o tubérculos. En 1975, el Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP) propuso extender el concepto de harinas compuestas. En esta propuesta se incluyeron harinas que no necesariamente fueran hechas a partir de cereales y tubérculos, y que no fueran para fines de panificación. Dentro de este grupo se encuentran las harinas compuestas que se elaboran con cereales, plantas leguminosas y oleaginosas y otros productos, y que se usan para preparar alimentos de alto valor nutritivo. En términos generales las harinas compuestas se pueden dividir en: (12)

1. Harinas de cereales suplementadas con proteína, y
2. Harinas a base de cereales y oleaginosas u otros productos.

Una de las primeras de estas fórmulas en comercializarse fue la Incaparina, que se produce desde 1959 en Guatemala. Más tarde surgió la Bienestarina y Vitacereal, producidos también en Guatemala, la Panacrema, elaborada en Panamá, y el Nutricereal, que se elabora en El Salvador. A continuación se muestran algunas características de las formulaciones comercializadas en Guatemala. (12)

Tabla No.1. Formulaciones comercializadas en Guatemala, hechas a base de harinas compuestas.

Característica	Vitacereal	Bienestarina	Incaparina
Ingredientes	Maíz, soya, micronutrientes	Maíz, soya, micronutrientes	Maíz, soya, micronutrientes
Proteína (g/100 g)	15	21	21.3
Grasa (g/100 g)	8	5.6	5.3
Tipo de alimento	Papilla, atol	Atol	Atol

## C. Composición química del frijol de soya

1. Proteínas. La proteína del frijol de soya es valiosa de forma particular debido a que la composición de aminoácidos que posee complementa la de los cereales. La soya tiene como limitantes los aminoácidos sulfurados cisteína y metionina, pero posee suficientes cantidades de lisina. (4) El frijol de soya en base seca contiene hasta 35.0% de proteína, que es un contenido mucho mayor que el de otros granos de leguminosas (20-30%) o el de cereales (8-15%). (26) Existen numerosos estudios que han evaluado la composición química del frijol de soya. Wolf, Walter (36) reportó valores de 41.0% de proteína en harinas y semillas, 53% en harinas y semillas desgrasadas, y 92.8% en aislado de soya.

2. Carbohidratos. Aproximadamente el 34% del frijol de soya está compuesto de carbohidratos. La fracción soluble (10% aprox.) consiste principalmente en azúcares no reductores como sacarosa, rafinosa y estaquiosa. La rafinosa y la estaquiosa son oligosacáridos difíciles de metabolizar por el ser humano, por lo que provocan con frecuencia flatulencia al llegar al intestino grueso. La fracción insoluble está compuesta principalmente por celulosa, hemicelulosa y otras azúcares. Estos polisacáridos son parte de la fibra no digerida por el ser humano. Sin embargo, durante la preparación del extracto de soya la mayor parte de los carbohidratos insolubles no se obtienen. (4)

3. Lípidos. El frijol entero de soya contiene alrededor de 20.5-21% de grasa (36\*), de la cual más del 80% de los ácidos grasos constituyentes son insaturados, siendo los ácidos oleico y linoleico predominantes. Es sabido que los ácidos grasos insaturados, al contrario de los saturados, resultan benéficos para la salud. (32) Sin embargo, los insaturados tienen también la desventaja de ser más susceptibles a la reacción con la enzima oxigenasa, cuya oxidación puede resultar en sabores y olores desagradables en productos derivados de la soya. (11, 4)

4. Factores antinutricionales: Inhibidores de Tripsina. La calidad global nutricional de un producto de soya depende no sólo del contenido de nutrientes, sino también de los factores antinutricionales presentes. (18) Los factores antinutricionales, principalmente inhibidores de tripsina, son un serio obstáculo para el uso de soya no tratada en alimentos. (15) Los inhibidores de tripsina son enzimas ampliamente distribuidas en las plantas. Son polipéptidos que forman complejos de inhibidores enzimáticos con la tripsina pancreática en una tasa molar de 1:1. (9, 16) Los inhibidores de tripsina son causantes del 30-50% del efecto de inhibición de crecimiento y gran parte de la respuesta hipertrófica del páncreas en animales alimentados con soya cruda. Este fenómeno se debe al exceso de producción de colecistoquinina en las paredes intestinales. Aun cuando algunos estudios sugieren que no se puede asegurar que los inhibidores de tripsina tengan el mismo efecto en personas, se recomienda su inactivación. Se ha sugerido que la reducción de la actividad de inhibidores de tripsina de 79 a 87% se puede considerar satisfactoria. Sin embargo, se ha reportado que con la destrucción del 54% de la actividad de los inhibidores de tripsina en harina de soya no se observa hipertrofia pancreática en ratas. Por otro lado, se han analizado fórmulas infantiles a base de soya y se ha encontrado de un 3 a 28% del contenido en soya cruda. (10,15,29\*)

El frijol de soya no es la única leguminosa que posee un alto contenido de inhibidores de tripsina, pero tiene la ventaja en comparación con otras leguminosas de que sus factores antinutricionales sean sensibles al calor. (9, 15, 16) Se ha encontrado un contenido de 39.47 mg (8) y 41.6 mg de tripsina inhibida por g de frijol de soya sin previo tratamiento. (15) Sin embargo este valor disminuye ligeramente luego de remojar por 24 horas el frijol y hasta un 85% luego de calentarlo por vapor a 100°C durante 20 minutos. (16) Martínez – Flores, H.E. *et al.* (22) reportó valores de 6.2 mg de tripsina inhibida /g de pasta de soya, como un valor aceptable; y Yuan, Shaohong, *et al.* (37) obtuvo una leche de soya con una reducción del 25 al 50% de inhibidores de tripsina, luego de blanquear el frijol de soya. Adicionalmente se ha demostrado que la inactivación de los factores antinutricionales por medio de tratamiento térmico mejora el valor nutricional del frijol de soya. (9, 18).

## D. Composición química del maíz dulce

1. Proteínas. Según estudios realizados se reporta que el contenido de proteínas en maíz dulce es de 13.3 - 14.2% en base seca o 3.06 – 3.27% en base húmeda, mayor al contenido de maíz criollo que es de 11.9% en base seca o 2.74% en base húmeda. (29, 31, 34) En cuanto al contenido de lisina se reportaron valores de 2.6- 3.0 g/100 g en el maíz dulce y de 1.7-2.4 g/100 g en el maíz tradicional. (29, 31) Adicionalmente, con base a un estudio realizado en harinas de maíz tratadas térmicamente, se encontró que el tratamiento térmico no tiene un efecto en la composición ni en la digestibilidad de proteína. (7)

2. Carbohidratos. El aporte principal del maíz dulce a la dieta, como de cualquier cereal, se encuentra en los carbohidratos. Se ha reportado un contenido de 22.1% de carbohidratos en maíz dulce. (33) El maíz dulce difiere genéticamente del maíz de campo en que es homocigoto para el alelo recesivo azucarado (Sugary1 - su1). (27) Este gen homocigoto recesivo causa que el maíz dulce acumule hasta 25% de fitoglicógeno, un polisacárido que consiste en glucosa que da la textura cremosa deseable que no es posible conseguir con sólo almidón. Los sacáridos solubles comprenden alrededor del 12% del peso en seco del maíz dulce versus 2-3% en otros tipos. Comúnmente el maíz dulce se consume en tres variedades: en mazorca, granos o crema. (20)

3. Lípidos. Los estudios genéticos han revelado que el contenido de aceite del maíz, a menudo muy diverso, está sujeto a influencias genéticas; el medio ambiente y las prácticas agronómicas pueden influir además en la composición de los ácidos grasos. Además del contenido total de aceite, algunos estudios han demostrado que el contenido de ácidos grasos también puede venir determinado genéticamente, como se ve por los cambios que tienen lugar en el contenido de ácido linoleico del aceite de maíz. (21) Schönhaus, Ilana, y Sgarbieri, Valdemiro realizaron un estudio que evaluaba harinas de maíz dulce y maíz tradicional. Se encontró que el maíz dulce mostraba un contenido de 8.0% de lípidos totales, mayor al 5.0% que posee el maíz tradicional. (29) La fracción de lípidos del maíz está compuesta principalmente de ácido linoleico, siendo éste alrededor del 60% del total de ácidos grasos. (25)

## E. Composición química del maíz tierno

1. Proteínas. Como es sabido, la principal fracción de proteína en el maíz es la prolamina, que en este caso se le conoce con el nombre de zeína. El sitio principal en el que se encuentra la zeína y otras proteínas es en el endosperma. El germen usualmente posee del 15 al 25% de proteína y del 25 al 40% de lisina, de la mazorca completa. (23) Según estudios realizados el contenido de proteínas en maíz tierno oscila alrededor de 9.91% hasta 11.9% (23, 29); mientras que el contenido de lisina puede variar entre 1.7-2.4 g/100 g en el maíz tradicional. (29, 31)

2. Carbohidratos. El aporte principal a la dieta de los cereales en general, son los carbohidratos. En el caso del maíz, se ha reportado un 71.5% de almidón, 2.58% de azúcares y 2.66% de fibra cruda en base seca. (23) Por otro lado, en la mayoría de las variedades de maíz la amilopectina es la fracción más representativa del almidón; aunque existen otras variedades en las que se encuentra presente hasta el 27% de amilosa. Dentro de las azúcares, el 0.1-0.3% es rafinosa, 0.9-1.9% es sacarosa, 0.2-0.5% es glucosa y 0.1-0.4% es fructosa. (23)

3. Lípidos. Como se había mencionado anteriormente, el contenido de aceite del maíz se encuentra sujeto a influencias genéticas, medio ambiente y las prácticas agronómicas. (21) Schönhaus, Ilana, y Sgarbieri, Valdemiro reportaron un contenido de 5.0% de ácidos grasos en maíz, mientras que otros estudios indican que el valor puede oscilar entre 1.2 y 5.7%. (23,25). Además se ha observado que los ácidos grasos del maíz, por lo general se encuentran en la siguiente proporción: 56% linoleico, 30% oleico, 0.7 linolénico, y el resto de esteárico, palmítico, araquídico. (23)

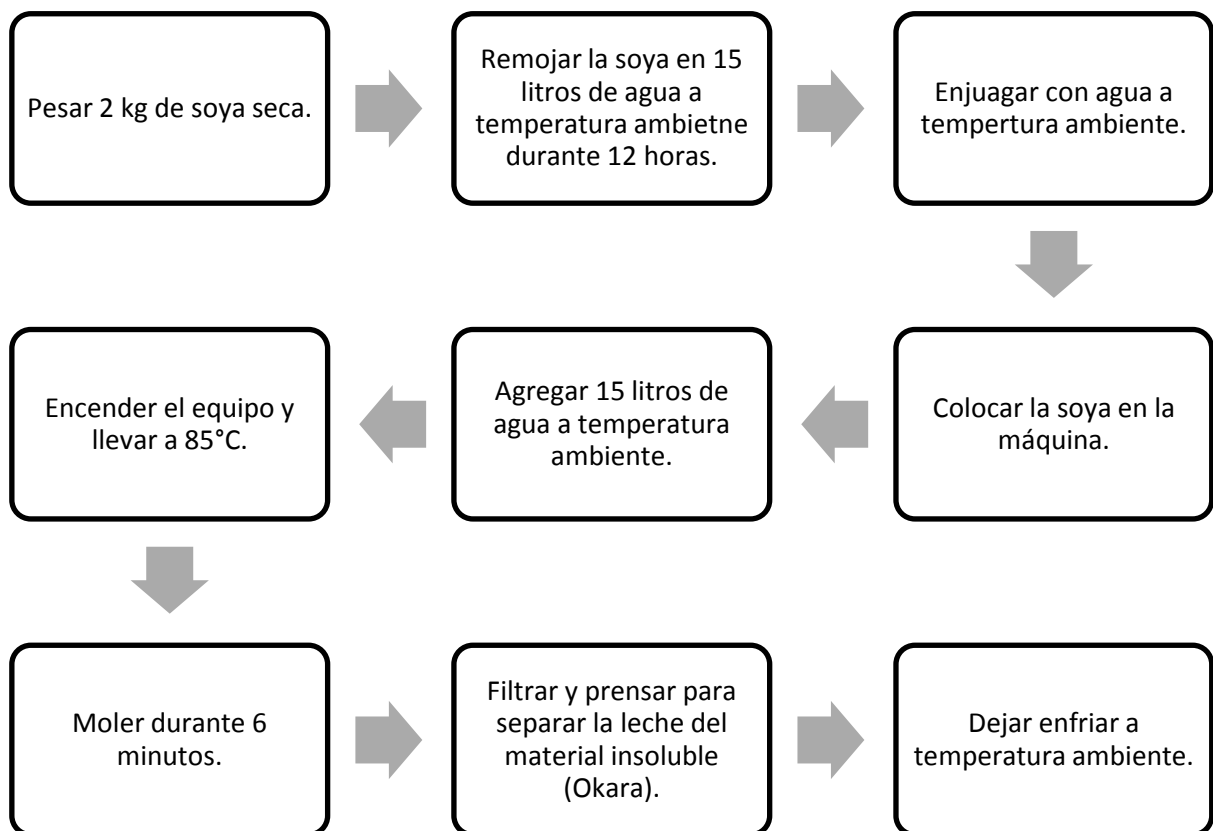
## F. Aspecto sensorial

El resultado en la calidad y contenido proteico derivado de la combinación de soya y maíz ha sido ampliamente estudiado, sin embargo las características sensoriales de los productos hechos a partir de maíz sufren por lo general cambios negativos al substituir una parte por soya. Además de los factores antinutricionales el frijol de soya tiene ciertos compuestos indeseables, no desde el punto de vista nutricional pero sí en cuanto a sus características organolépticas. Esto indica que los

sabores indeseables de la soya son el mayor obstáculo para su uso en alimentos. (28) D. Novotni, *et al.* (24) observó que un incremento mayor al 16.3% en el contenido proteico de una harina de trigo utilizando una mezcla maíz/soya, tenía una fuerte influencia negativa en la calidad sensorial del pan elaborado. Adelakum, O.E. *et al.* (2) reportó que la adición de 10% de soya en un snack hecho a base de maíz tenía atributos sensoriales equivalentes al snack hecho 100% de maíz; sin embargo al substituir por 20%, 30% y 40% de soya, las características organolépticas del alimento empezaron a cambiar de forma negativa.

### G. Método actual utilizado con la “Vaca mecánica”

Diagrama No.1. Método utilizado en el Hospital Hermano Pedro para producir leche de soya.



### III. JUSTIFICACIÓN

El Hospital Hermano Pedro localizado en Antigua Guatemala es una institución no lucrativa y no gubernamental de servicio y proyección a la comunidad, que trabaja en coordinación con voluntarios y entidades nacionales e internacionales. Brinda atención médica a la población de escasos recursos; pacientes externos, internos, quirúrgicos y crónicos; ofreciendo albergue, vestuario y alimentación. Actualmente atiende alrededor de 200 pacientes al día de forma gratuita. Desde el año 2007 el hospital recibió la donación de un equipo conocido como la “Vaca Mecánica” por parte el Club Rotario Guatemala, con el cual se pretendía elaborar una leche de soya que formaría parte del desayuno de los pacientes.

El personal del hospital puso en marcha el proyecto de la Vaca Mecánica elaborando 50 litros de leche de soya diarios. Sin embargo, esta bebida tenía la desventaja de tener una mala calidad sensorial lo que dificultaba su consumo por parte de los pacientes. Adicionalmente se observó que la leche poseía un bajo contenido de proteínas y un alto contenido de inhibidores de tripsina, lo cual no favorecía con la nutrición de los pacientes del hospital. Es así como surge la necesidad de modificar las condiciones de procesamiento del frijol de soya en la obtención de la leche de soya, con el objetivo principal de ofrecer un alimento mejorado tanto en el aspecto sensorial como en el nutricional.

El maíz es en general accesible y de alta aceptación por las personas. Por lo tanto además de la obtención de la leche de soya, surge la idea de mezclarla con maíz para obtener un alimento complementario. El frijol de soya y su composición han sido extensamente estudiadas. El contenido y calidad de proteínas de esta oleaginosa ha sido comprobada en numerosos estudios. De igual forma, la combinación de maíz tradicional con frijol de soya y la mejora nutricional del producto resultante ha sido ampliamente revisada, tal como en el caso del desarrollo de la Incaparina. Sin embargo no existen estudios acerca de mezclas de maíz dulce y frijol de soya, por lo que surge la necesidad de investigar la composición nutricional de un producto hecho a partir de estos. Debido a un cambio genético el maíz dulce posee un sabor azucarado que no se encuentra en el maíz tradicional, por lo que su uso le conferiría al alimento un dulzor particular al producto. Además resulta necesario incluir la posibilidad de utilizar el maíz criollo para la

elaboración de esta leche, debido a que por su mayor accesibilidad en el mercado guatemalteco se convierte en una mejor alternativa para su adecuación en el Hospital.

Por otro lado, la situación de desnutrición en la población guatemalteca no ha cambiado en las últimas décadas. La deficiencia de la población en cuanto a la alimentación y nutrición limita su futuro y reduce sus opciones de desarrollo humano. Esta situación alcanza niveles críticos en el área rural, afecta principalmente a mujeres embarazadas y lactantes, niños y jóvenes, y se agrava entre la población indígena. (6, 30, 35) Por lo tanto cualquier esfuerzo por mejorar esta situación resulta necesario mientras exista este tipo de deficiencias.

Finalmente este estudio brindaría bases para futuras investigaciones relacionadas con la mezcla de soya y maíz dulce, y su efecto en el contenido proteico y la calidad sensorial de un producto elaborado a partir de dichas mezclas.

## IV. OBJETIVOS

### A. General

Elaborar una bebida complementaria a base de leche de soya y maíz dulce/tierno, a través del método manual y el método de la “Vaca Mecánica”.

### B. Específicos

1. Evaluar los rendimientos obtenidos de la elaboración de la leche de maíz dulce/tierno.
2. Evaluar el efecto térmico (microondas) en el frijol de soya sobre la solubilidad del nitrógeno.
3. Evaluar los rendimientos obtenidos de la elaboración de la leche de soya.
4. Evaluar sensorialmente mezclas de leche de soya y maíz 30:70, 40:60, 50:50 y 60:40.
5. Trasladar el método manual para la elaboración de la leche de maíz dulce/tierno y soya, al método de la “Vaca Mecánica”.

## V. METODOLOGÍA

### A. Diseño experimental

#### 1. Selección de materia prima

- a. Se utilizó frijol de soya (*Glycine max (L)*) maduro y seco, el cual fue obtenido del Hospital Hermano Pedro en Antigua Guatemala.
- b. Se utilizó maíz dulce (*Zea mays L. subsp. Mays Saccharata*) crudo en mazorca, el cual fue obtenido de mercados locales.
- c. Se utilizó maíz tierno (*Zea mays L.*) crudo en mazorca, el cual fue obtenido de mercados locales.

#### 2. Obtención del extracto de soya

- a. Análisis químico del frijol de soya. Se realizaron análisis químicos para conocer la composición nutricional del frijol de soya y poder trabajar a partir de esto. Se determinó el contenido de proteínas, grasa, carbohidratos, cenizas y humedad por métodos de la AOAC (3) y de inhibidores de tripsina según el método descrito por C. Smith, *et al.* (33) Para realizar los análisis el frijol de soya se descascarilló y luego se trituró finamente hasta obtener una harina.
- b. Método para la obtención de la leche de soya. El extracto de soya se obtuvo a partir del método descrito por la Universidad de Illinois (4) para la fabricación de leche de soya:
  - Limpiar el grano
  - Escaldar en solución (5 veces el peso del grano en seco) al 0.25%  $\text{NaHCO}_3$  durante 5 minutos.
  - Lavar en agua caliente.

- Escaldar en solución (5 veces el peso del grano en seco) al 0.05%  $\text{NaHCO}_3$  durante 5 minutos.
- Lavar en agua caliente.
- Moler durante 5 minutos en agua caliente (5-10 veces el peso del grano seco).
- Separar el okara de la leche.
- Adicionar 3% de azúcar y 0.2% de sal.
- Pasteurizar la leche de soya durante 20 minutos.
- Envasar y refrigerar.

Luego de obtener la leche de soya se llevó a cabo un análisis proximal del producto líquido obtenido y de los sólidos removidos durante la filtración.

- c. Efecto de remojar, descascarillar y calentar levemente en el frijol de soya. El método descrito en el Diagrama No.1 se utilizó para preparar el blanco. A continuación se describen las muestras a realizar y las variaciones en cada una de ellas.

Tabla No.2. Determinación de condiciones para obtener el extracto de soya

Muestra	Variaciones	Análisis a realizar*
1	Blanco	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Determinación de Proteínas</li> <li>• Determinación de Humedad</li> <li>• Determinación Inhibidores de Tripsina</li> </ul>
2	Remojo por 12 h previo al primer hervor.	
3	Frijol descascarillado previo al pesaje.	
4	Incubado a 38°C por 72 h previo al primer hervor.	

\*Los métodos se detallarán más adelante.

- d. Efecto del procesamiento térmico por microondas en el frijol de soya. Se llevó a cabo el procesamiento térmico del frijol de soya seco por medio de un horno de

microondas. Se colocaron 15 g de frijol de soya en un recipiente y se calentó por microondas durante 15, 30, 45, 60 segundos. Se analizó el contenido de nitrógeno soluble en la soya cruda y en las muestras calentadas.

Para realizar la determinación de nitrógeno soluble primero se descascarillaron los frijoles de soya y luego se molieron hasta obtener una harina. Se tomó una muestra de 1 gramo de harina y se extrajo el nitrógeno en 50 ml de agua durante una hora. Luego se procedió a realizar el análisis descrito por la AOAC para determinación de proteínas por el método de Kjeldahl.

### 3. Obtención de la leche de maíz dulce

- a. Análisis químico del maíz. Se realizaron análisis químicos para conocer la composición nutricional del maíz dulce y criollo y poder trabajar a partir de esto. Se determinó el contenido de proteínas, grasa, carbohidratos, cenizas y humedad. Para hacer los análisis se desgranó el maíz dulce y criollo, los granos obtenidos se homogenizaron y deshidrataron en horno a temperatura constante (80°C) hasta eliminar el agua. Se caracterizó la harina de maíz dulce y criollo por medio de los métodos aprobados por la AOAC, descritos en el apéndice.
- b. Elaboración de la leche de maíz dulce. Para la elaboración de la leche de maíz se tomó como base el método tradicional que se usa en Guatemala para su elaboración: (14)
  - Desgranar las mazorcas.
  - Moler con agua a temperatura ambiente ( $\frac{3}{4}$  veces el peso del grano) durante 5 minutos.
  - Adicionar 3% de azúcar y 0.2% de sal.
  - Hervir durante 5 minutos o hasta obtener la consistencia deseada.

Una vez obtenido el extracto de maíz dulce se realizó una caracterización del producto líquido y de los sólidos removidos durante la filtración.

4. Determinación de los porcentajes de soya y de maíz dulce. Se hicieron cuatro mezclas de maíz y soya a partir de los extractos caracterizados anteriormente. Se llevó a cabo una evaluación sensorial con el objetivo de determinar la muestra de mayor aceptabilidad. Las proporciones que se utilizaron fueron las siguientes:

Tabla No.3. Proporciones de soya y maíz dulce

Muestra	Composición		Análisis a realizar
	Maíz (%)	Soya (%)	
1	60	40	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Análisis sensorial</li> <li>• Análisis de proteínas</li> <li>• Análisis de humedad</li> </ul>
2	50	50	
3	40	60	
4	30	70	

\*Los métodos se detallarán más adelante.

5. Traslado del método manual para la fabricación de la leche por medio del proceso mecánico (Vaca mecánica). Se determinaron las condiciones de proceso (tiempos y temperaturas) adecuadas para llevar a cabo el método manual en un proceso mecánico.

6. Adaptación del maíz criollo para la realización de la leche de soya y maíz. Se llevó a cabo la caracterización del maíz criollo, utilizándolo como sustituto del maíz dulce en la elaboración de la leche. La leche de maíz criollo se elaboró de la misma forma que la de maíz dulce, como se indica en el Diagrama no. 2. Se mezcló en proporción 70:30 de soya y maíz, al igual que se realizó con el maíz dulce.

## B. Métodos de análisis

### 1. Análisis químicos

a. Determinación de proteínas

Método oficial de la AOAC No. 979.09. Proteína (cruda) en Cereales y Oleaginosas -  
Método de Kjeldahl. Para maíz y soya se utiliza  $N \times 6.25$ . (3)

b. Determinación de humedad

Método oficial de la AOAC No. 925.10. Sólidos (Totales) y Humedad en Harinas -  
Método de Horno de Convección. (3)

c. Determinación de carbohidratos

Se realizará por diferencia.

d. Determinación de inhibidores de tripsina

La determinación de contenido de inhibidores de tripsina se realizó según el método descrito por C. Smith, *et al.* (33)

e. Determinación de grasa

Método oficial de la AOAC No. 920.85. Grasa Cruda en Harina – Método de Extracción-Sumersión en Hexano/Soxtec/Randall. (3)

f. Determinación de cenizas

Método oficial de la AOAC No. 923.03. Cenizas en Harina – Método directo. (3)

2. Análisis sensorial. La evaluación sensorial se realizó utilizando muestras recién preparadas con un panel de 15 personas semi-entrenadas, los cuales se instruyeron previo a la prueba. Las muestras se codificaron al azar para eliminar el error en las pruebas. Se utilizó una escala hedónica de aceptabilidad de 5 puntos en donde 5 era muy bueno y 1 era muy malo para cada parámetro. Los parámetros a evaluar fueron textura, sabor, olor y color.

3. Análisis estadístico. Todas las mediciones se realizaron al menos en triplicado y los resultados son expresados en términos de promedio. Se utilizó el Software Statistics Data de Microsoft Excel para analizar los datos obtenidos.

## VI. RESULTADOS

Para llevar a cabo la elaboración de una bebida y el estudio en la complementación de maíz y frijol de soya, primero fue necesaria la realización de una serie de análisis en la materia prima y en los productos desarrollados a partir de la misma. Además se determinaron los métodos para la producción de la leche de soya y maíz tanto por el método manual, como por el método de la Vaca Mecánica; y se realizaron pruebas sensoriales y químicas de la bebida complementaria. Los resultados obtenidos, así como la discusión de su importancia, se describirán a continuación de forma detallada.

### A. Selección de materia prima

Se seleccionó el uso de frijol de soya y maíz por la ampliamente estudiada complementación proteica que se obtiene al combinar dichos alimentos. Como se ha mencionado en numerosos estudios, los productos hechos a partir de cereales y leguminosas poseen una mayor calidad proteica que cuando son hechos de solo uno de ellos, lo cual se atribuye a la complementación entre la metionina y cisteína, abundantes en el maíz, con lisina y triptófano, comunes en el frijol de soya.

Los resultados obtenidos del análisis proximal del frijol de soya seco se muestran en la siguiente tabla.

Tabla No.4. Análisis proximal del frijol de soya

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
% Humedad	8.47	8.54	8.50	8.50 $\pm$ 0.04
% Proteínas	39.22	38.54	39.19	38.98 $\pm$ 0.38
% Grasa	21.35	21.40	21.37	21.37 $\pm$ 0.03
% Cenizas	5.16	5.18	5.23	5.19 $\pm$ 0.04
% Carbohidratos	25.81	26.33	25.71	25.95 $\pm$ 0.34
mg Tripsina inh./g	40.11	39.52	38.48	39.37 $\pm$ 0.83

Se puede observar que los valores obtenidos para el contenido de proteínas ( $38.98 \pm 0.38\%$ ) y grasa ( $21.37 \pm 0.03\%$ ) son similares a los revisados en la literatura (26,36). De igual forma el contenido de inhibidores de tripsina ( $39.37 \pm 0.83$  mg de Tripsina inhibida por gramo) tiene un valor semejante al encontrado en estudios previos. (8,15) Estos datos fueron calculados en base húmeda.

Por otro lado, se pensó inicialmente en la utilización de maíz dulce para la fabricación de la bebida por dos razones principales. Primero, porque el sabor naturalmente dulce de esta variedad de maíz podría ser útil para el aspecto sensorial del producto, tomando en cuenta que el frijol de soya aportaría un fuerte sabor que sería difícil de eliminar o enmascarar. Segundo, por la falta de estudios y de productos desarrollados a partir de maíz dulce el cual, aunque poco común en Guatemala, es producido ampliamente en países extranjeros.

Los resultados obtenidos de los análisis químicos realizados al maíz dulce se encuentran a continuación.

Tabla No.5. Análisis proximal del maíz dulce

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
% Humedad	76.77	76.70	77.50	$76.99 \pm 0.44$
% Proteínas	3.61	3.65	3.61	$3.63 \pm 0.02$
% Grasa	1.15	1.73	1.53	$1.47 \pm 0.30$
% Cenizas	0.85	0.86	0.81	$0.84 \pm 0.03$
% Carbohidratos	17.62	17.07	16.54	$17.07 \pm 0.54$

Como se observa en el análisis proximal, el contenido de proteína es ligeramente mayor al dato encontrado en la literatura, siendo el primero de  $3.63 \pm 0.02\%$  y el segundo de  $3.06 - 3.27\%$ . (29, 31, 34) De forma contraria, el contenido de grasa determinado en esta ocasión, el cual es de  $1.47 \pm 0.30\%$ , es considerablemente menor al  $8\%$  que indica la literatura. (29)

Debido a que, como ya se había mencionado, en Guatemala el maíz dulce es poco cultivado y comercializado, resulta también ser un alimento con un costo relativamente alto en comparación con el maíz criollo. Por tal razón se decidió incluir en el estudio el uso de maíz criollo para la elaboración de la bebida. De forma similar se realizó el análisis proximal para el maíz criollo, cuyos resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla No.6. Análisis proximal del maíz tierno

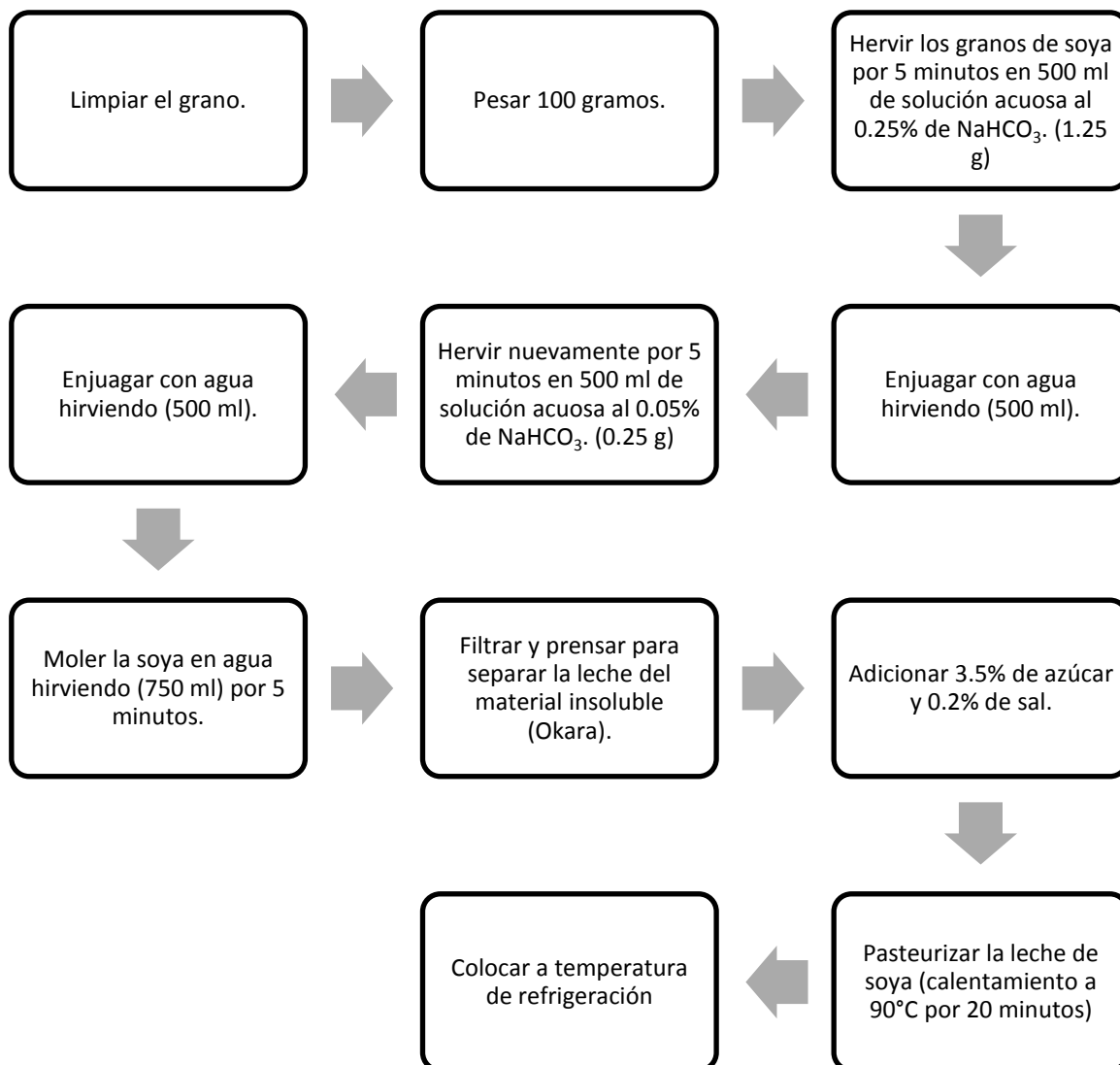
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
% Humedad	76.85	76.27	77.46	76.86 $\pm$ 0.60
% Proteínas	3.18	3.35	3.16	3.23 $\pm$ 0.10
% Grasa	0.46	0.48	0.49	0.48 $\pm$ 0.02
% Cenizas	0.76	0.76	0.76	0.76 $\pm$ 0.002
% Carbohidratos	18.75	19.14	18.12	18.67 $\pm$ 0.51

Los resultados obtenidos del análisis proximal del maíz criollo muestran que el contenido de proteínas y grasa es menor que el del maíz dulce. Esto se debe a que la composición nutricional del maíz difiere de acuerdo a la variedad que se esté estudiando. Se encontró que el valor de porcentaje de proteína obtenido es similar al reportado en estudios anteriores (29, 31, 34); mientras que el contenido de grasa resultó significativamente menor al encontrado en literatura (29).

## B. Obtención de la leche de soya

Uno de los objetivos de este trabajo era el de desarrollar el método para la elaboración de una leche de soya, procurando reducir los inhibidores de tripsina y mejorando las características sensoriales del producto, sin afectar su contenido nutricional. A continuación se muestra el diagrama de flujo del proceso de obtención de leche de soya, el cual está basado en el método descrito por la Universidad de Illinois para la fabricación de leche de soya.

Diagrama No.2. Método para la obtención del extracto de soya



A partir del proceso descrito anteriormente se realizaron numerosas pruebas en las que básicamente se variaba el estado original del frijol de soya previo a su procesamiento. En un inicio se estudió el efecto que tenía descascarillar, añejar o remojar el frijol de soya en la leche, para lo cual se determinó el contenido de humedad, proteínas e inhibidores de tripsina en cada caso. Los resultados de los análisis se muestran en la siguiente tabla. Antes de continuar, es importante aclarar que el término “añejar” se utiliza para referirse a la incubación del frijol de soya durante dos días a 38°C.

Tabla No.7. Análisis químico de leche de soya hecha por el método de la Universidad de Illinois con variaciones en el frijol crudo.

Variante	Análisis químico	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
Control	% Humedad	87.06	87.21	87.12	87.13 ±0.08
	% Proteínas	2.51	2.63	2.56	2.57 ±0.06
	mg Tripsina inh./g	31.58	30.27	30.93	30.93 ±0.66
Descascarillado	% Humedad	86.45	86.89	86.23	86.52 ±0.34
	% Proteínas	2.35	2.36	2.35	2.35 ±0.009
	mg Tripsina inh./g	31.89	32.07	32.65	32.20 ±0.40
Añejado	% Humedad	85.83	85.98	85.79	85.87 ±0.10
	% Proteínas	2.50	2.49	2.54	2.51 ±0.02
	mg Tripsina inh./g	16.87	17.76	17.55	17.39 ±0.47
Remojado	% Humedad	88.74	88.82	88.69	88.75 ±0.07
	% Proteínas	2.84	2.87	2.86	2.85 ±0.02
	mg Tripsina inh./g	26.48	27.54	26.94	26.99 ±0.52

Los valores muestran que la muestra de leche con mayor contenido de proteína fue aquella hecha a partir de frijol de soya remojado, seguida de la muestra hecha con frijol de soya sin tratamiento previo, luego añejado y finalmente descascarillado. Cuando se analizan los resultados se encuentra que en el primer caso el remojo durante 12 horas promovió la solubilización de las proteínas durante la molienda y extracción de la leche de soya dando como resultado una leche con mayor contenido de proteína que la leche control. En el caso del frijol de soya añejado, se obtuvo un valor proteico menor debido a la desnaturalización parcial de las proteínas causada por el calentamiento previo. Finalmente, en el caso de la muestra descascarillada, es probable que una pequeña fracción de proteína se encontrara en la cáscara del frijol y por lo tanto la leche haya tenido un menor contenido.

En cuanto a los inhibidores de tripsina, como era de esperarse la muestra en donde el contenido fue menor fue la de leche hecha con frijol de soya añejado. En este caso, los inhibidores de tripsina disminuyeron en la muestra añejada debido a que el calor ayuda a su destrucción. En cuanto a la muestra remojada, puede que los inhibidores de tripsina se hayan solubilizado parcialmente en el agua de remojo dando al final un menor contenido en la leche. Por último, la muestra de soya descascarillada muestra un valor mayor indicando que los inhibidores de tripsina

probablemente no se encuentren en la cáscara lo que aumenta su proporción en el resto de la muestra.

Para conocer si hubo un efecto significativo en los contenidos de humedad, proteínas e inhibidores de tripsina, debido a los tratamientos térmicos realizados, se llevó a cabo un análisis de varianza, cuyos resultados se muestran a continuación.

Tabla No. 8. Análisis de varianza de los efectos en las propiedades químicas debido los diferentes tratamientos sobre el frijol de soya.

Variante		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	$f_0$	$f_{0.01,3,8}$
% Humedad	Tratamientos	13.718	3	4.573	137.5632	7.59
	Error	0.266	8	0.033		
	Total	13.984	11	-		
% Proteínas	Tratamientos	0.416	3	0.139	18.72485	7.59
	Error	0.059	8	0.0074		
	Total	0.475	11	-		
mg Tripsina Inhibida	Tratamientos	404.16	3	134.72	496.334	7.59
	Error	2.171	8	0.2714		
	Total	406.33	11	-		

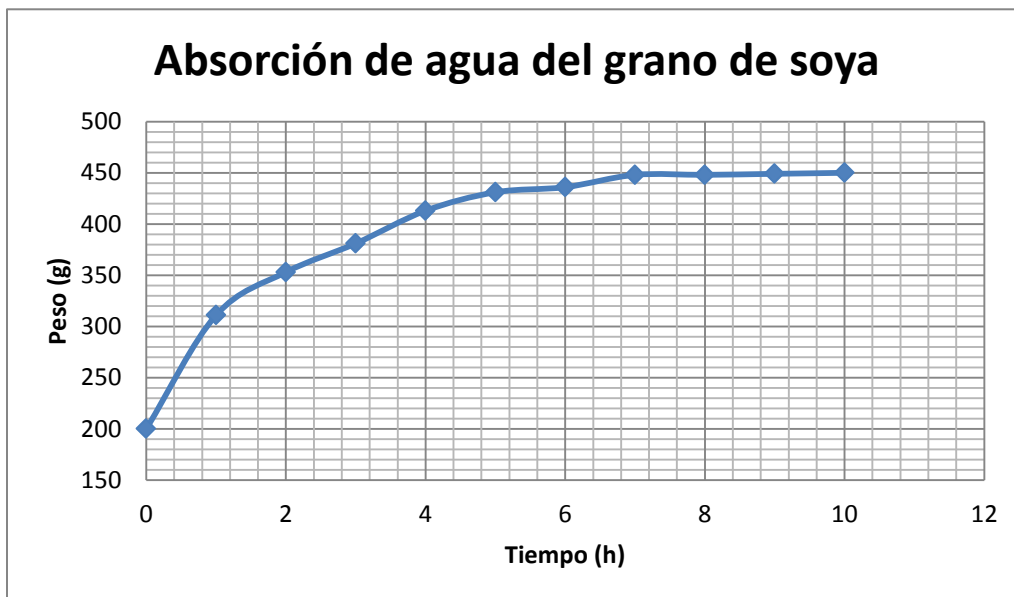
En las tres mediciones realizadas el análisis de varianza muestra que  $f_0$  es mayor a  $f_{0.01,3,8}$ , por lo que se puede decir que los diferentes tratamientos en el frijol de soya sí tuvieron un efecto significativo en las propiedades químicas y nutricionales de la leche de soya.

Por otro lado, se llevó a cabo el análisis de absorción de agua por 10 horas. Los datos se muestran a continuación, seguidos de la gráfica de peso en función del tiempo.

Tabla No.9. Absorción de agua del frijol de soya a temperatura ambiente.

Tiempo (h)	Peso (g)
0	200
1	311
2	353
3	381
4	413
5	431
6	436
7	448
8	448
9	449
10	450

Gráfica No.1. Absorción de agua del frijol de soya a temperatura ambiente.



Como se observa en la gráfica, la pendiente muestra que la mayor parte de la absorción se da durante la primera hora. La curva sigue aumentando de forma constante de la hora 2 hasta la hora 7, donde el peso permanece hasta terminar la corrida.

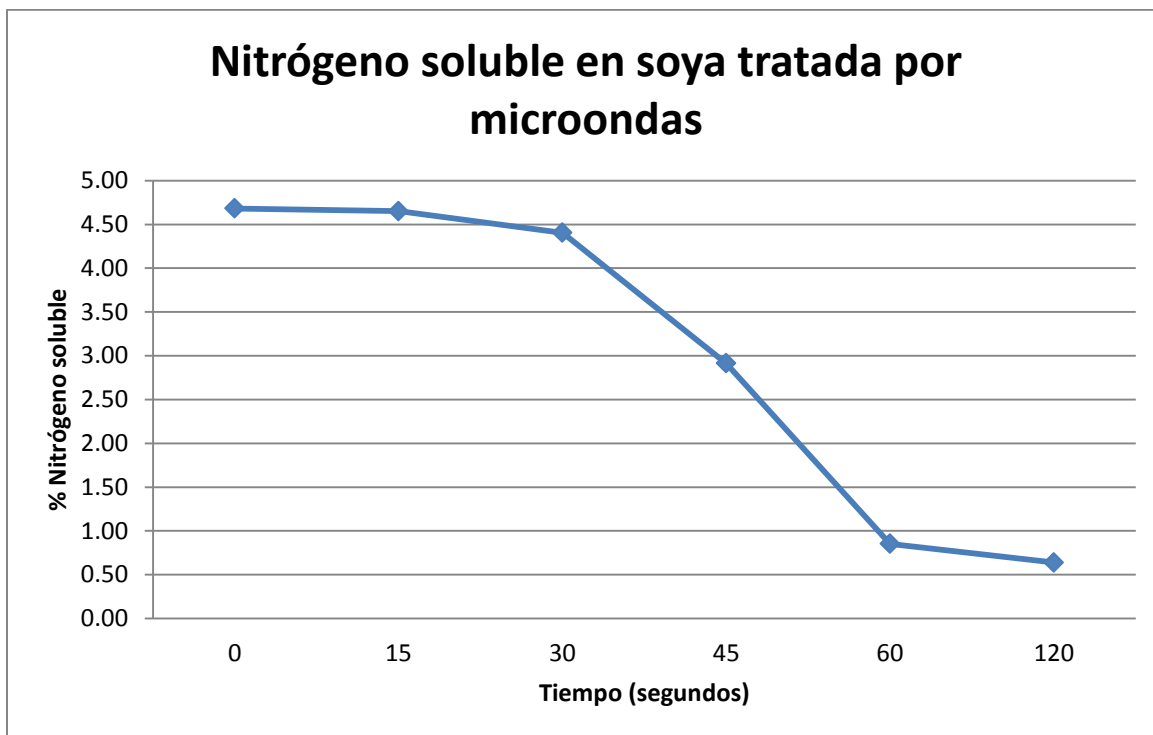
Luego de observar la disminución del contenido de inhibidores de tripsina en la muestra que había sido añejada, y manteniendo el concepto ampliamente probado que indica que los tratamientos térmicos tienen efectos de reducción de inhibidores de tripsina en frijol de soya, se decidió proseguir con una prueba en microondas. Como se revisó en la literatura (37), los tratamientos térmicos de altas temperaturas y cortos tiempos, además de disminuir satisfactoriamente los inhibidores de tripsina en leche de soya, tienen un menor efecto negativo en la reducción de proteínas. Con la prueba en microondas se pretendía conseguir el mismo efecto, es decir, reducir inhibidores de tripsina sin afectar el contenido proteico del frijol de soya. En este caso se utilizaron cinco muestras de frijol de soya, colocadas durante 15, 30, 45, 60 y 120 segundos en horno de microondas, según puede observarse en la siguiente tabla.

Tabla No.10. Nitrógeno soluble en frijol de soya con tratamiento de microondas

Tiempo en microondas (segundos)	Nitrógeno soluble 1	Nitrógeno soluble 2	Nitrógeno soluble 3	Promedio
0	4.64	4.71	4.70	4.68 ±0.04
15	4.69	4.61	4.65	4.65 ±0.04
30	4.39	4.42	4.41	4.41 ±0.02
45	2.88	2.95	2.91	2.91 ±0.03
60	1.10	0.73	0.72	0.85 ±0.21
120	0.73	0.59	0.59	0.64 ±0.08

En cada muestra se determinó el contenido de nitrógeno soluble con lo que se trazó la curva de nitrógeno soluble en función del tiempo, como se muestra a continuación.

Gráfica No.2. Nitrógeno soluble en soya tratada por microondas.



La gráfica anterior muestra una ligera reducción entre la muestra sin tratamiento térmico y las colocadas 15 y 30 segundos en microondas. Luego de los 30 segundos, se observa una abrupta disminución en el nitrógeno soluble hasta los 60 segundos, permaneciendo relativamente constante el próximo minuto. A partir de estos datos, se decidió realizar un tratamiento térmico en microondas de 30 segundos. Es importante mencionar que para la realización de estos análisis se midió el tiempo, pero no la frecuencia de las ondas, por lo que se recomienda en futuras ocasiones realizar estudios específicos en torno al uso de microondas y sus efectos en el frijol de soya.

Se realizó el análisis proximal en la leche de soya fabricada por el método tradicional en el Hospital Hermano Pedro en Antigua Guatemala, la cual se tomó como punto de partida y comparación con la leche desarrollada en el laboratorio. Los datos obtenidos se muestran a continuación.

Tabla No.11. Análisis proximal de leche de soya fabricada en el Hospital Hermano Pedro por el método tradicional.

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
% Humedad	94.35	93.75	93.58	93.89 ±0.40
% Proteínas	1.30	1.30	1.35	1.31 ±0.03
% Grasa	0.77	0.65	0.59	0.67 ±0.09
% Cenizas	0.32	0.36	0.32	0.33 ±0.03
% Carbohidratos	3.27	3.94	4.16	3.79 ±0.47
mg Tripsina inh./g	27.17	28.32	27.96	27.82 ±0.59

Una vez estandarizado el método de fabricación de leche de soya en el laboratorio, se prosiguió a realizar el análisis proximal tanto de la leche como del bagazo (Okara) obtenido. Antes de discutir los resultados obtenidos, es importante definir el concepto de okara. El okara, es el nombre japonés para la pulpa o bagazo que se obtiene luego de fabricar leche de frijol de soya. Este bagazo ha sido utilizado en Asia para la fabricación de alimentos tradicionales, así como para la elaboración de productos vegetarianos como substitutos de carne. Los datos de la leche de soya y el okara se presentan en las siguientes tablas.

Tabla No.12. Análisis proximal de la leche de soya (tratada previamente en microondas)

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
% Humedad	87.03	87.08	87.12	87.07 ±0.05
% Proteínas	2.59	2.59	2.59	2.59 ±0.004
% Grasa	0.74	0.76	0.75	0.75 ±0.01
% Cenizas	0.59	0.54	0.57	0.57 ±0.02
% Carbohidratos	9.07	9.03	8.97	9.02 ±0.05

Tabla No. 13. Análisis proximal del bagazo (Okara) obtenido durante la fabricación de la leche de soya (tratada previamente en microondas)

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Promedio
% Humedad	77.15	77.14	77.12	77.14 ±0.02
% Proteínas	8.04	7.60	7.92	7.86 ±0.23
% Grasa	3.34	3.21	3.09	3.21 ±0.12
% Cenizas	1.25	1.26	1.26	1.26 ±0.01
% Carbohidratos	10.23	10.78	10.61	10.54 ±0.28

Se puede observar que, como era de esperarse, la leche tenía un mayor contenido de humedad que el okara. Sin embargo, el valor de humedad del okara aún es alto, lo cual indica que el método utilizado para separar las fases no era completamente efectivo. Afortunadamente esto limita el rendimiento del producto, pero no afecta el análisis químico. Por otro lado, los valores de proteínas, grasa, cenizas y carbohidratos, son todos mayores en el okara que en la leche de soya. Este resultado se esperaba, dado que se logra únicamente extraer compuestos hidrosolubles durante la producción de la leche de soya. Debido a los valores nutricionales del okara, se recomienda realizar estudios específicos sobre el uso que se le podría dar a este subproducto de la leche de soya.

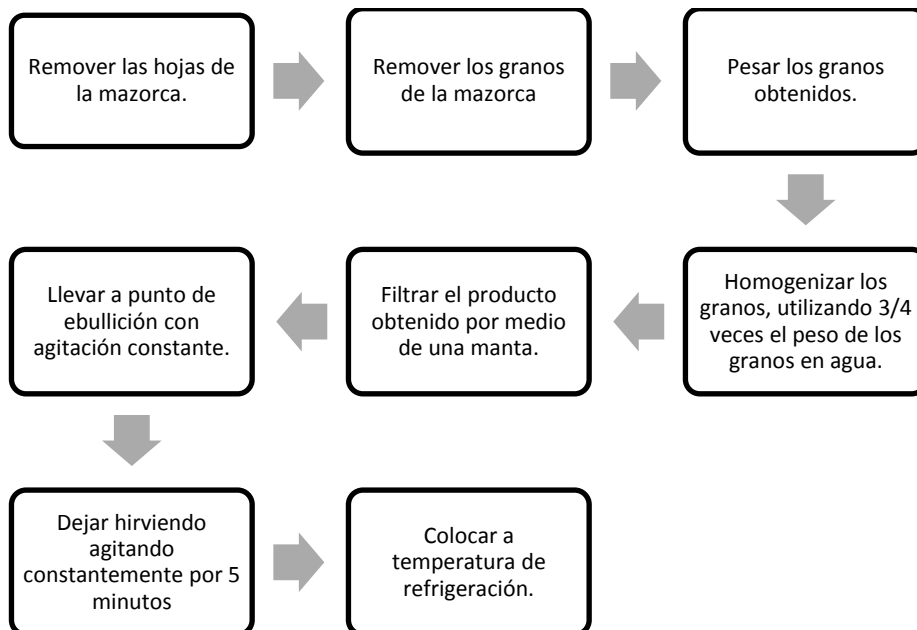
En cuanto a la comparación entre la leche de soya producida en el Hospital Hermano Pedro y la leche desarrollada en el laboratorio, se encontró un satisfactorio aumento en el contenido de proteínas de  $1.31 \pm 0.03\%$  a  $2.59 \pm 0.004\%$ . Además los contenidos de grasa, cenizas y carbohidratos, también resultaron mayores en la leche fabricada en el laboratorio; acompañado de una disminución en el contenido de humedad, lo cual es un resultado positivo.

Estos resultados muestran una clara mejora entre la leche que se estaba produciendo en el hospital, y la que se logró desarrollar en el laboratorio.

### C. Obtención de la leche de maíz

Luego de determinar el método para la elaboración de la leche de soya, se prosiguió a desarrollar el método para la elaboración de leche de maíz. El diagrama a continuación muestra los pasos para la obtención de la leche de maíz.

Diagrama No.3. Método para la obtención del extracto de maíz



Una vez obtenida la muestra se realizó el análisis proximal tanto de la leche como del bagazo restante. Los valores obtenidos se muestran a continuación.

Tabla No.14. Análisis proximal de la leche de maíz dulce

	Fase líquida 1	Fase líquida 2	Fase líquida 3	Promedio
% Humedad	78.45	78.22	78.12	78.26 ±0.17
% Proteínas	2.70	2.78	2.79	2.76 ±0.05
% Grasa	0.12	0.14	0.14	0.13 ±0.01
% Cenizas	0.62	0.70	0.65	0.66 ±0.04
% Carbohidratos	18.12	18.15	18.30	18.19 ±0.10

Tabla No.15. Análisis proximal del bagazo obtenido durante la fabricación de la leche de maíz dulce

	Fase sólida 1	Fase sólida 2	Fase sólida 3	Promedio
% Humedad	72.17	71.81	71.69	71.89 ±0.25
% Proteínas	1.03	1.03	1.03	1.03 ±0.004
% Grasa	0.57	0.44	0.52	0.51 ±0.07
% Cenizas	0.11	0.14	0.12	0.12 ±0.02
% Carbohidratos	26.13	26.57	26.63	26.44 ±0.27

Se puede observar que en este caso la fase líquida tiene un mayor contenido de proteínas y cenizas que la fase sólido, lo cual resulta favorable. A diferencia de lo anterior, los contenidos de grasa y carbohidratos resultaron mayores en la leche de maíz que en el bagazo obtenido.

Más adelante, se realizó el mismo procedimiento utilizando maíz tierno en lugar de maíz dulce. Esta última parte se realizó como complemento del estudio, tomando en cuenta el limitado acceso actual al maíz dulce en Guatemala, en contraste con el más popular maíz tierno. Nuevamente se realizó el análisis químico proximal de la leche de maíz tierno y el bagazo resultante, lo cual se muestra en las siguientes tablas.

Tabla No.16. Análisis proximal de la leche de maíz tierno

	Fase líquida 1	Fase líquida 2	Fase líquida 3	Promedio
% Humedad	87.89	86.74	87.23	87.29 ±0.58
% Proteínas	1.83	1.94	1.88	1.89 ±0.05
% Grasa	0.03	0.05	0.04	0.04 ±0.01
% Cenizas	0.71	0.72	0.72	0.71 ±0.01
% Carbohidratos	9.54	10.55	10.13	10.07 ±0.51

Tabla No.17. Análisis proximal del bagazo obtenido durante la fabricación de la leche de maíz tierno

	Fase sólida 1	Fase sólida 2	Fase sólida 3	Promedio
% Humedad	67.23	67.97	67.43	67.55 ±0.39
% Proteínas	2.25	2.18	2.23	2.22 ±0.04
% Grasa	0.30	0.26	0.27	0.28 ±0.02
% Cenizas	0.24	0.25	0.26	0.25 ±0.01
% Carbohidratos	29.98	29.34	29.81	29.71 ±0.33

Como se puede observar en las tablas anteriores, los valores de proteínas, grasa y carbohidratos, resultaron mayores en el bagazo que en la leche; y sólo el contenido de cenizas tuvo un resultado contrario.

En cuanto a la comparación entre la leche de maíz dulce y la de maíz tierno, se puede observar que la primera tiene valores más altos de proteínas, grasa y carbohidratos, pero no de cenizas. Esto tiene congruencia con el análisis proximal de la materia prima discutido anteriormente.

#### D. Realización de mezclas de leche de soya y maíz

El objetivo general de este trabajo era el de elaborar una bebida complementaria a base de leche de soya y maíz dulce. Para determinar la proporción ideal de dichas mezclas se realizó tanto un análisis químico, como sensorial. Las proporciones evaluadas fueron 70:30, 60:40, 50:50 y 40:60 de soya y maíz, respectivamente. En la siguiente tabla se pueden observar los valores obtenidos durante las pruebas químicas.

Tabla No.18. Proteínas y humedad de mezclas de soya y maíz dulce en diferentes proporciones

		Leche 1	Leche 2	Leche 3	Promedio
70 soya/ 30 maíz	% Humedad	86.90	86.85	86.82	86.86 ±0.04
	% Proteínas	2.89	2.92	2.92	2.91 ±0.02
60 soya/ 40 maíz	% Humedad	86.20	86.38	86.38	86.32 ±0.10
	% Proteínas	2.93	2.91	2.85	2.90 ±0.04
50 soya/ 50 maíz	% Humedad	85.98	86.16	86.09	86.08 ±0.09
	% Proteínas	2.78	2.80	2.81	2.80 ±0.01
40 soya/ 60 maíz	% Humedad	85.16	85.34	85.17	85.22 ±0.10
	% Proteínas	2.67	2.65	2.76	2.70 ±0.06

Como se muestra en la tabla anterior, los contenidos de humedad y de proteína fueron disminuyendo ligeramente conforme se iba reemplazando mayor parte de leche de soya por leche de maíz. El comportamiento en el porcentaje de proteína era de esperarse debido a que la leche de soya posee un mayor contenido neto de proteína que la leche de maíz, como se había discutido anteriormente.

Para asegurar que el cambio en las proporciones de maíz y soya haya tenido un efecto significativo en los contenidos de humedad y proteínas de las mezclas, se realizó un análisis de varianza, cuyos resultados se muestran a continuación.

Tabla No.19. Análisis de varianza de los efectos en los contenidos químicos-nutricionales de las mezclas de maíz y soya debido a la variación en las proporciones.

Variante		Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	$f_0$	$f_{0.01,3,8}$
% Humedad	Tratamientos	4.166	3	1.389	179.75	7.59
	Error	0.062	8	0.008		
	Total	4.228	11	-		
% Proteínas	Tratamientos	0.0915	3	0.030	21.402	7.59
	Error	0.011	8	0.001		
	Total	0.103	11	-		

De forma similar a lo observado con el efecto de los diferentes tratamientos térmicos del frijol de soya sobre la leche; se observa que en este caso  $f_0$  es mayor a  $f_{0.01,3,8}$ . Esto indica que las mezclas de leche de soya y maíz en proporciones de 70:30, 60:40, 50:50 y 40:60, tuvieron un efecto significativo en el contenido de humedad y de proteínas de las muestras analizadas.

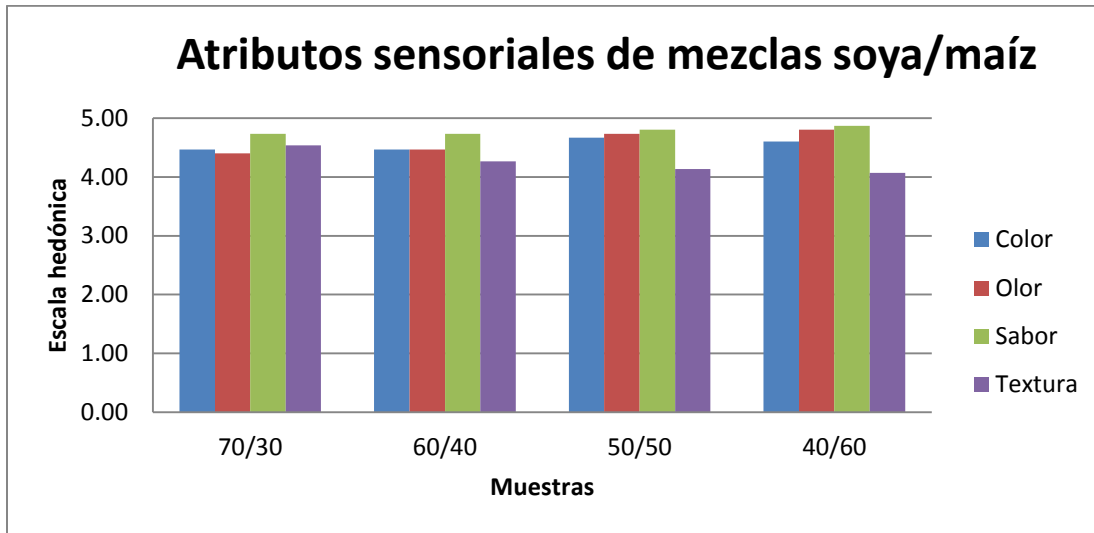
Debido a que los valores de contenido de proteína fueron aceptables para las cuatro mezclas realizadas, se prosiguió a realizar un análisis sensorial, con el objetivo de seleccionar una fórmula. A continuación se muestra la tabla de resultados del análisis sensorial y una gráfica de barras que permite visualizar de mejor forma la aceptabilidad de las muestras.

Tabla No.20. Aceptación de las mezclas de leche de soya y maíz en diferentes proporciones basado en una escala hedónica de 5.

Muestra	Color	Olor	Sabor	Textura
70 soya / 30 maíz	4.47 ±0.74	4.40 ±0.63	4.73 ±0.46	4.53 ±0.64
60 soya / 40 maíz	4.47 ±0.64	4.47 ±0.64	4.73 ±0.46	4.27 ±0.59
50 soya / 50 maíz	4.67 ±0.62	4.73 ±0.46	4.80 ±0.41	4.13 ±0.52
40 soya / 60 maíz	4.60 ±0.63	4.80 ±0.41	4.87 ±0.35	4.07 ±0.59

Los resultados obtenidos de la evaluación de aceptabilidad muestran que los puntajes más altos de sabor, olor y color fueron los de las muestras de 50:50 y 40:60 soya/maíz; mientras que en cuanto a la textura el valor más alto fueron los de las muestras 70:30 y 60:40 soya/maíz.

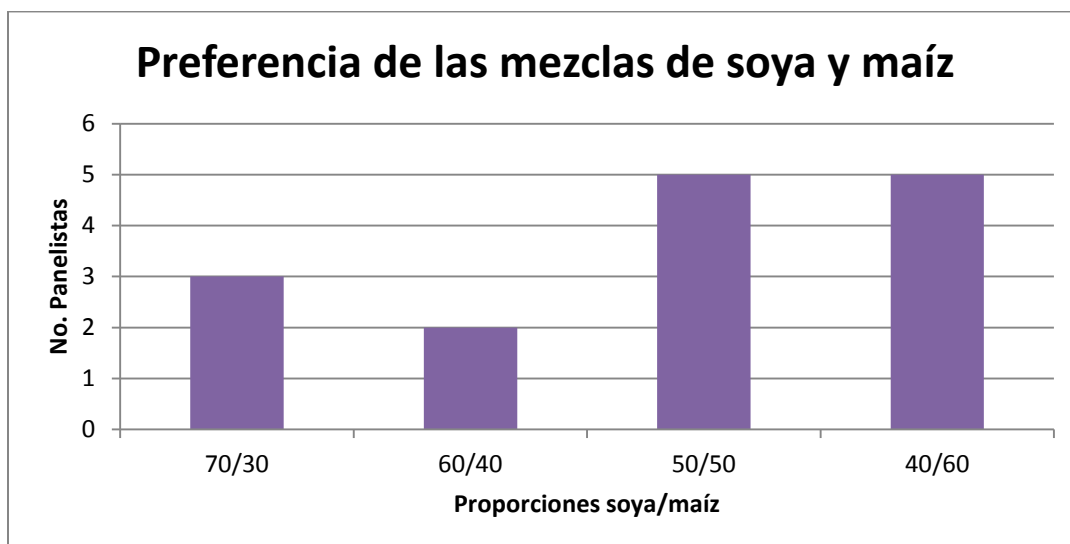
Gráfica No.3. Prueba de aceptación de las mezclas de leche de soya y maíz.



Al observar la gráfica anterior se observa que las variaciones de los atributos entre las mezclas analizadas, no fueron muy grandes. Además se encontró satisfactoriamente que las cuatro mezclas preparadas estaban en un puntaje igual o mayor 4, valor asignado a la frase “me gusta”, según indicó el grupo panelista.

Finalmente los resultados del análisis de preferencia, se muestran en la siguiente gráfica.

Gráfica No.4. Prueba de preferencia de las mezclas de leche de soya y maíz.



Como se puede observar, no existe una sola mezcla con una marcada preferencia al resto de mezclas. Según los resultados obtenidos, del grupo de panelistas utilizado, dos prefirieron la muestra 60 soya/40 maíz, tres la muestra 70 soya/30 maíz, y cinco las muestras 50 soya/50 maíz y 40 soya/60 maíz. Para poder conocer si había una muestra que fuera significativamente de mayor preferencia, se llevó a cabo un análisis de varianza, cuyos resultados se muestran a continuación.

Tabla No.21. Análisis de varianza del efecto sobre la preferencia de las mezclas debido a las proporciones de soya y maíz utilizadas.

Variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	$f_0$	$f_{0.01,3,56}$
Tratamientos	0.45	3	0.15	0.778	4.166
Error	10.8	56	0.193		
Total	11.25	59	-		

A partir del análisis de varianza se encontró que  $f_0 < f_{0.01,3,56}$ , por lo que se puede decir que las proporciones de maíz y soya no tienen un efecto significativo en la preferencia de los panelistas por las mezclas. Es decir, que no existe una mezcla que sea de mayor preferencia que otra. A partir de los resultados obtenidos, se decidió utilizar la muestra de 70 soya y 30 maíz, debido a que era la que tenía mayor contenido de proteínas.

Finalmente se calcularon los rendimientos obtenidos de cada leche fabricada por el método manual, como se muestra a continuación.

Tabla No.22. Rendimientos de las leches de soya y maíz.

Muestra	Peso grano (g)	Peso agua (g)	Peso leche obtenida (g)	Rendimiento (%)
Frijol de soya	100 ±0.01	750 ±0.01	620.3 ±0.2	72.9 ±0.1
Maíz dulce	100 ±0.01	100 ±0.01	186.4 ±0.3	93.0 ±0.09

## E. Transferencia del método manual al método de la “Vaca Mecánica”

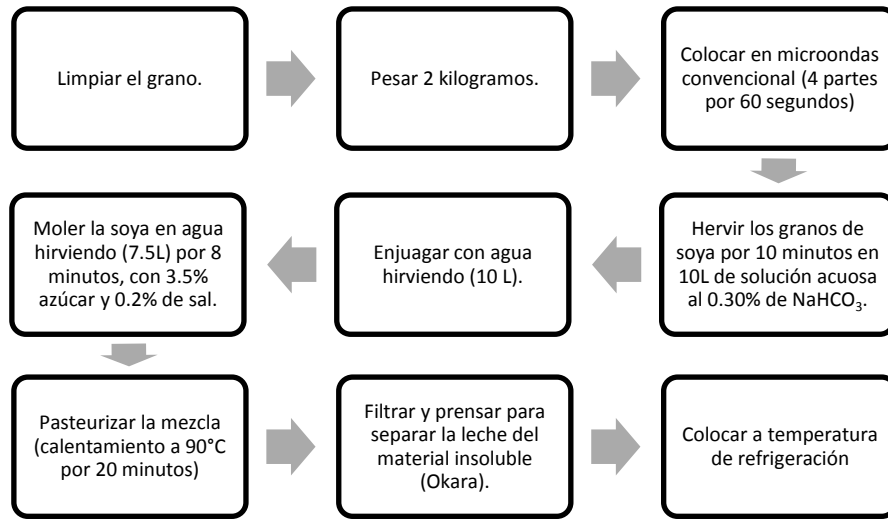
La última parte del proyecto se enfocaba en lograr reproducir la bebida realizada en el laboratorio, utilizando la “Vaca Mecánica” encontrada en el Hospital Hermano Pedro, en Antigua Guatemala. A continuación se muestran los resultados obtenidos.

Tabla No.23. Análisis proximal de la leche de soya producida con la “Vaca Mecánica”

	Leche 1	Leche 2	Leche 3	Promedio
% Humedad	86.85	86.90	86.90	86.88 ±0.07
% Proteínas	2.56	2.56	2.56	2.56 ±0.01
% Grasa	0.63	0.65	0.70	0.66 ±0.03
% Cenizas	0.81	0.90	0.80	0.84 ±0.05
% Carbohidratos	9.16	8.98	9.03	9.06 ±0.09
mg Tripsina inh./g	15.33	14.56	15.98	15.29 ±0.71

Debido a que el hospital tiene la necesidad de hacer uso de la leche de soya sola, lo primero que se realizó fue la adecuación del método desarrollado en el laboratorio a la Vaca Mecánica. En la tabla anterior se pueden observar los resultados del análisis proximal. Si se comparan con la Tabla No.7 discutida anteriormente, resalta el aumento del contenido total de proteína de un 1.31 ±0.03% a un 2.56 ±0.01%; de igual forma aumentó el contenido de cenizas y de carbohidratos aproximadamente al doble del valor inicial. Otro resultado satisfactorio fue la disminución de alrededor del 50% del contenido de inhibidores de tripsina entre la leche de soya fabricada actualmente y la obtenida con el método desarrollado. A continuación se muestra el diagrama de proceso del método para la elaboración de leche de soya en la Vaca mecánica.

Diagrama No. 4. Método mecánico para la elaboración de leche de soya



Finalmente los resultados del análisis proximal de las mezclas de leche de soya con maíz dulce y con maíz tierno, se muestran a continuación.

Tabla No.24. Análisis proximal de la leche de soya/maíz dulce en proporción 70:30 producida con la “Vaca Mecánica”

	Leche 1	Leche 2	Leche 3	Promedio
% Humedad	87.50	87.50	87.62	87.54 ±0.03
% Proteínas	2.35	2.35	2.35	2.35 ±0.01
% Grasa	0.66	0.66	0.60	0.64 ±0.03
% Cenizas	0.66	0.65	0.62	0.64 ±0.02
% Carbohidratos	8.82	8.84	8.82	8.83 ±0.01
mg Tripsina inh./g	11.81	10.14	10.83	10.93 ±0.84

Al observar el contenido total de proteína de la mezcla de soya y maíz dulce, se ve una disminución en comparación con la leche de soya sola. Como se había discutido anteriormente, esto era algo que se esperaba debido a que el maíz por naturaleza tiene mucho menor contenido de proteína. Sin embargo, en este caso se debe resaltar que lo que se buscaba con esta mezcla vegetal, era obtener una bebida complementaria. Como se ha revisado en la teoría, las mezclas de soya y maíz poseen la ventaja nutricional de poseer una mejor calidad proteica que cada alimento por separado, debido a que la soya tiene como limitantes los aminoácidos sulfurados cisteína y

metionina (presentes en el maíz) pero posee suficientes cantidades de lisina (ausente en el maíz).

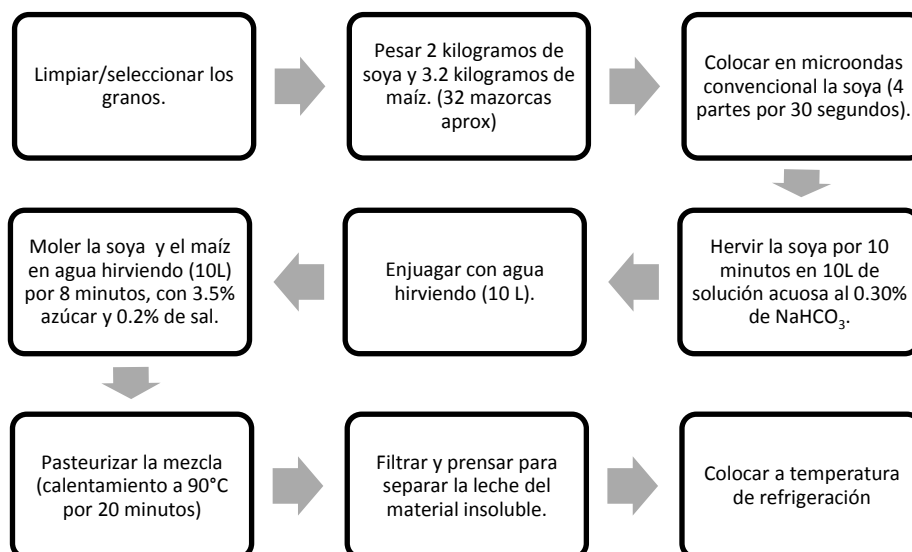
(4)

Tabla No.25. Análisis proximal de la leche de soya/maíz tierno en proporción 70:30 producida con la "Vaca Mecánica"

	Leche 1	Leche 2	Leche 3	Promedio
% Humedad	87.63	87.60	87.47	87.57 $\pm$ 0.09
% Proteínas	2.31	2.36	2.29	2.32 $\pm$ 0.04
% Grasa	0.10	0.09	0.11	0.10 $\pm$ 0.01
% Cenizas	0.64	0.64	0.64	0.64 $\pm$ 0.003
% Carbohidratos	9.32	9.49	9.30	9.37 $\pm$ 0.11

Al realizar el mismo procedimiento para elaborar la bebida, pero sustituyendo el maíz dulce por el maíz tierno, se observó que los valores de proteína disminuyeron ligeramente de un 2.35  $\pm$ 0.01% a un 2.32  $\pm$ 0.04% debido a la naturaleza de cada materia prima. Sin embargo, se encontró que satisfactoriamente este valor aún supera por mucho al contenido de proteína en la leche de soya actualmente preparada en el hospital. A continuación se muestra el diagrama final del proceso completo, incluyendo maíz dulce o maíz tierno.

Diagrama No. 5. Método mecánico para la elaboración de la bebida de soya y maíz dulce o tierno.



## VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Desde el año 2007 el Hospital Hermano Pedro recibió la donación de un equipo conocido como “la Vaca Mecánica” por parte el Club Rotario Guatemala, con el cual se pretendía elaborar una leche de soya que formaría parte del desayuno de los pacientes. El personal del hospital puso en marcha el proyecto de la Vaca Mecánica elaborando 50 litros de leche de soya diarios. Sin embargo, esta bebida tenía la desventaja de tener una mala calidad sensorial lo que dificultaba su consumo por parte de los pacientes. Adicionalmente se observó que la leche poseía un bajo contenido de proteínas y un alto contenido de inhibidores de tripsina, lo cual no favorecía con la nutrición de los pacientes del hospital. Es así como surgió la necesidad de modificar las condiciones de procesamiento del frijol de soya en la obtención de la leche de soya, con el fin de ofrecer un alimento mejorado tanto en el aspecto sensorial como en el nutricional. Para alcanzar este objetivo se trabajó tomando como base de referencia el método para elaboración manual de leche de soya establecido por la Universidad de Illionois. Además se decidió llevar a cabo una mezcla con cereales, en este caso maíz dulce y maíz tierno, con el objetivo de favorecer el sabor de la leche.

Como es sabido los inhibidores de tripsina tienen efectos negativos a la salud por lo que se conocen como factores antinutricionales. Estudios anteriores muestran que los inhibidores de tripsina son causantes del 30-50% del efecto de inhibición de crecimiento y gran parte de la respuesta hipertrófica del páncreas en animales alimentados con soya cruda. (15,10) La literatura también muestra que los tratamientos térmicos tienen un efecto en la reducción de inhibidores de tripsina, pero lamentablemente también lo tienen en la reducción del contenido de proteína en la leche de soya. (8, 15, 16) Esta disminución de contenidos totales, se debe principalmente a la reducción de la solubilidad tanto en los inhibidores de tripsina, como en la proteína. Esta reducción en la solubilidad es la causa de que luego de llevar a cabo diversos tratamientos térmicos, tanto los inhibidores de tripsina como las proteínas se encuentran en mayor cantidad en el okara y no en la leche.

En este caso se observó un comportamiento similar al aplicar dos tratamientos térmicos previos a la fabricación de leche. El proceso de añejamiento, que se refería a la incubación del frijol de soya a una temperatura de 38°C por dos días, mostró una disminución de inhibidores de

tripsina y de proteína en comparación con la muestra control, tal como se observa en la Tabla No.4. Además se detectó una reducción en los sabores indeseables característicos del frijol de soya, al realizar dicho tratamiento térmico. Sin embargo, este proceso era largo y poco práctico para llevarlo a cabo en el hospital, por lo que se vio la necesidad de hacer un diferente procesamiento que diera resultados similares.

Según la teoría, los tratamientos de alta temperatura y corto tiempo, como la pasteurización HTST, dan resultados favorables en cuanto a la reducción de inhibidores de tripsina en leche de soya, y permitiendo mantener un contenido aceptable de proteína. (37) Debido a las limitaciones en cuanto a equipos y recursos existentes en el hospital, surgió la idea de utilizar el microondas para darle un tratamiento térmico al frijol en donde se alcanzara temperaturas altas en corto tiempo. De esta forma se encontró que el uso de microondas como proceso térmico en el frijol de soya previo a la preparación de la leche, daba resultados positivos respecto al contenido de proteínas. Adicionalmente, aun con limitaciones en las evaluaciones sensoriales, se detectó una reducción en los sabores clásicos de la soya, incluso obteniendo una mejor respuesta organoléptica que con la muestra añejada. Es importante observar que el calentamiento por microondas, aun cuando fue por un tiempo muy corto, tuvo un efecto positivo en la percepción sensorial de la leche. Podría suponerse que esto se deba a la disminución de la solubilidad de enzimas como la oxigenasa, la cual da lugar a la rancidez de los aceites de la soya y por lo tanto, a los sabores y olores indeseables asociados a la misma. (11, 14)

Por otro lado, resaltó el comportamiento del contenido de proteínas en las muestras colocadas en microondas en diferentes tiempos. Como se pudo observar en la Gráfica No.2., el nitrógeno soluble en soya tratada por microondas disminuyó abruptamente luego de 30 segundos. Esto se relaciona a los estudios que muestran que las altas temperaturas y cortos tiempos tienen un efecto favorable en diferentes alimentos, ya que eliminan o inactivan satisfactoriamente enzimas o microorganismos indeseables, sin afectar la calidad nutricional, como sucedería con los tratamientos térmicos por largos tiempos. (37) Es importante recordar que en este caso el uso de microondas no fue controlado en cuanto a la frecuencia de ondas, por lo que se recomendaría realizar estudios específicos en torno al uso de este tratamiento térmico.

Una fase importante de resaltar en este trabajo es la utilización del maíz dulce y el maíz tierno. Es sabido que en Guatemala el atol de maíz es ampliamente aceptado dentro de la población debido a su agradable sabor. Es por esta razón que se decidió utilizar el maíz, con la idea inicial de ocultar o enmascarar los sabores indeseables del frijol de soya. Al factor sensorial se le suma el factor nutricional de los alimentos complementarios hechos a partir de una leguminosa y un cereal. Actualmente existen numerosos estudios que han demostrado que las mezclas, generalmente de harinas, de maíz y soya han dado resultados positivos en cuanto al contenido de proteínas, la calidad proteica y los perfiles de aminoácidos. La complementación de las proteínas de mezclas vegetales se debe al contenido de aminoácidos como lisina, treonina y triptófano, deficientes en el maíz pero presentes en el frijol de soya; junto con los aminoácidos como metionina y cisteína, ausentes en la soya y presentes en el maíz. (2, 8, 13, 14, 24)

Se ha observado en estudios anteriores que animales que han consumido mezclas de harina de soya y maíz, han aumentado hasta el doble de su peso en comparación con aquellos animales cuya dieta ha sido únicamente de uno de los alimentos vegetales. (13, 17, 22, 24) Estos resultados se explican por el bajo contenido de aminoácidos azufrados presentes en el frijol de soya, pero abundantes en el maíz, lo que permite obtener un alimento de mayor calidad nutricional. Aun cuando para esta investigación no fue posible llevar a cabo un estudio biológico, se recomienda realizarlo para comprobar si la bebida desarrollada tendría el efecto esperado en animales de laboratorio. Otro análisis que suele ser útil es la determinación del perfil de aminoácidos. La literatura muestra que se ha encontrado un aumento favorable de lisina en mezclas de soya y maíz, comparado con el maíz solo. (2, 22, 24) En este caso tampoco se pudo determinar el perfil de aminoácidos de la bebida formulada, pero se recomienda realizarlo para futuras investigaciones. Debido a que en este caso no fue posible la realización de dichos estudios, la elección de la mezcla a utilizar se llevó a cabo con base en cálculos preliminares que fueron confirmados con los análisis de proteína, en donde se encontró que la muestra con mayor contenido de proteína sería aquella que tuviera una mayor proporción de soya.

Además, durante este estudio se hizo una comparación entre dos variedades de maíz, utilizadas para producir la bebida mediante el mismo método. Primero es importante mencionar la diferencia del contenido de proteína entre el maíz dulce y el tierno, en donde el primero tiene un mayor porcentaje que el segundo. Esta diferencia es parte de la naturaleza de cada variedad, y

podría verse corregida durante la fertilización del maíz. Es importante recordar que ambas variedades de maíz tienen la ventaja de que se encuentran en estado natural al momento de su cosecha, lo que permite una mayor facilidad en la extracción de la proteína debido a su alta solubilidad en esta fase. En contraste, si se utilizara maíz más maduro, se obtendría una menor solubilidad y concentración de proteínas en la leche.

Al llevar a cabo las bebidas complementarias, no se percibió una diferencia sensorial en cuanto a textura y sabor entre la elaborada con maíz dulce y la elaborada con maíz tierno; sin embargo, nuevamente se observó una reducción del contenido de proteínas en la bebida que tenía maíz tierno con respecto a la de maíz dulce. Por otro lado, resulta importante mencionar la disminución de inhibidores de tripsina obtenida en la bebida complementaria. Se observó que se alcanzó una reducción del 60% entre la leche de soya que se prepara actualmente en el hospital y la bebida desarrollada. Esta reducción se considera satisfactoria, ya que aunque no se hizo un estudio biológico en donde se evaluara la presencia de un efecto negativo en esta bebida, la literatura ha reportado que con la destrucción del 54% de la actividad de los inhibidores de tripsina en harina de soya no se observa hipertrofia pancreática en animales de laboratorio. (33)

Uno de los mayores retos fue el traspaso del método manual desarrollado en el laboratorio, al método de la vaca mecánica. Después de varios ensayos, se estableció el método y las condiciones del equipo mecánico, en las que se obtenía un producto similar al elaborado en el laboratorio. Además se pudo demostrar que el equipo donado originalmente para la elaboración de leche de soya, localizado en el Hospital Hermano Pedro en Antigua Guatemala, conocido comúnmente como “vaca mecánica”, es posible utilizarse para procesar otro tipo de granos. En este caso los granos que se procesaron, maíz dulce y maíz tierno, fueron introducidos al equipo junto con el frijol de soya, y se obtuvo satisfactoriamente la bebida complementaria lista para consumir.

Por último, es importante mencionar que durante la fabricación de esta bebida, se obtuvo como subproducto un bagazo compuesto de soya y maíz dulce o tierno según el caso, con los cuales se recomienda llevar a cabo estudios específicos acerca de su uso y de su calidad nutricional.

## VIII. CONCLUSIONES

1. Se alcanzó el objetivo de desarrollar una bebida complementaria a base de frijol de soya y maíz por medio del método manual y de la “Vaca mecánica” localizada en el Hospital Hermano Pedro en Antigua Guatemala, con un contenido de proteínas de  $2.35 \pm 0.01\%$  en la leche de maíz dulce y  $2.32 \pm 0.04\%$  en la leche de maíz tierno.
2. Se encontró que el uso de microondas a una frecuencia de 2,450 mHZ por 30 segundos en el frijol de soya, daba como resultado una mejor respuesta organoléptica que el añejamiento ( $37^{\circ}\text{C}$  por 2 días) del mismo, obteniendo además una leche de igual composición. Adicionalmente se realizaron pruebas de remojo y descascarillado del frijol de soya sin resultados satisfactorios.
3. La bebida desarrollada a base de frijol de soya y maíz dulce o maíz tierno tuvo resultados de aceptabilidad positivos por parte del panel sensorial, el cual la clasificó dentro de la categoría de “me gusta”.
4. Se demostró que la “Vaca Mecánica”, originalmente hecha para la elaboración de leche de soya, puede utilizarse para procesar maíz dulce y maíz tierno junto con frijol de soya, y obtener así una bebida compuesta lista para consumir.

## IX. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda estandarizar la procedencia del maíz dulce y maíz tierno, debido a que esto afecta la composición química y nutricional del grano, y por lo tanto también afecta la composición del producto que se elabore a partir de éste.
2. Es importante mencionar que para la realización de los análisis del efecto del tratamiento con microondas, se varió el tiempo pero no la frecuencia de las ondas, por lo que se recomienda en futuras ocasiones realizar estudios específicos en torno al uso de microondas y sus efectos en el frijol de soya.
3. Se recomienda llevar a cabo un estudio biológico con las muestras de frijol de soya, maíz dulce, maíz tierno y mezclas soya/maíz 70:30, 60:40, 50:50, 40:60, con el objetivo de conocer cuál de ellas tendría una mejor calidad nutricional.
4. La literatura muestra que se ha encontrado un aumento favorable de lisina en mezclas de soya y maíz, comparado con el maíz solo; y que además la soya se complementa con los aminoácidos azufrados presentes en el maíz. En este caso no se determinó el perfil de aminoácidos de la bebida formulada, pero se recomienda realizarlo para futuras investigaciones.
5. Aun cuando no se conoce con certeza la composición nutricional del bagazo obtenido durante la elaboración de leche de soya, denominado comúnmente okara, se recomienda realizar estudios específicos sobre el uso que se le podría dar a este subproducto, y a la mezcla de okara con bagazo de maíz.
6. Se recomienda llevar a cabo una evaluación de los costos de la fabricación de la bebida desarrollada a través del equipo mecánico, y analizar la factibilidad de este proyecto.

## X. BIBLIOGRAFÍA

1. Adams, Clifford A. 2003. *Nutricines: Food Components in Health and Nutrition*. 18<sup>a</sup> ed. Nottingham, Nottingham University Press. 61-63, 71-72 págs.
2. Adelakun, O.E., *et al.* 2005. "Effect of soybean substitution on some physical, compositional and sensory properties of kokoro (a local maize snack)". *Europe Food Research & Technology*. [Nigeria]. 220(1):79-82
3. AOAC International. 2005. *Official methods of analysis*. 18 ed. E.E.U.U., Association of Official Analytical Chemists.
4. *Asociación Americana de Soya*. s.f. Programa Internacional de Soya (INSTOY). Universidad de Illinois, Urbana. 25 págs.
5. Badui Dergal, Salvador. 2006. *Química de los alimentos*. 4<sup>a</sup> edición. México D.F., Pearson Educación. 776 págs.
6. Barreda, Carlos. 2007. *Guatemala: crecimiento económico, pobreza y redistribución*. Estudios Fiscales y Presupuestarios CIIDH. Guatemala. 25 págs.
7. Bressani, Ricardo, *et al.* 1962. "The Nutritional Evaluation of Processed Whole Corn Flours". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. [Guatemala]. 10(4): 308-312
8. Caygill, John C., *et al.* 1981. "Imitation Milks From *Cicer arietinum* (L.), *Vigna unguiculata* (L.) Walpers and *Vigna radiata* (L.) Wilczek and Other Legumes". *Journal of the Science of Food & Agriculture*. [Inglaterra] 32(6): 601-607
9. Coles, Richard, *et al.* 2003. *Food Packaging Technology*. Nueva York, CRC Press. 53 págs.
10. Collins, J.L. y Beaty, B.F. 1980. "Heat Inactivation of Trypsin Inhibitor in Fresh Green Beans and Physiological Responses of Rats Fed the Beans". *Journal of Food Science*. [E.E.U.U.] 45: 542-546
11. Dendy, David A. V. y Dobraszczyk, Bogdan J. 2001. *Cereales y productos derivados: Químicos y Tecnología*. México, Editorial ACRIBIA, S.A. 391 págs.
12. Elías, L.G. 1999. "Concepto y tecnología para la elaboración y uso de harinas compuestas". Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá, Guatemala.
13. Figueroa Cárdenas, Juan de Dios, *et al.* 2003. "National quality of nixtamal tortillas fortified with vitamins and soy proteins". *International Journal of Food Science and Nutrition*. [México, D.F.] 54(3): 189-200

14. Figueroa, Catalina. 2006. *Cocina Guatemalteca: Arte, sabor y colorido*. Guatemala, Editorial Piedra Santa. 6 págs.
15. Haddad, Joseph y Allaf, Karim. 2007. "A study of the impact of instantaneous controlled pressure drop on the trypsin inhibitors of soybean". *Journal of Food Engineering*. [Francia] 79(1): 353-357
16. Hwei-Ming, Bau, *et al.* 1997. "Effect of Germination on Chemical Composition, Biochemical Constituents and Antinutritional Factors of Soya Beans (*Glycine Max*) Seeds". *Journal of Science Food and Agriculture*. [Francia]. 73: 1-9
17. Ingbian, Emmanuel K. y Adegoke, Gabriel O. 2007. "Nutritional quality of protein-enriched mumu – a traditional cereal food product". *International Journal of Food Science and Technology*. [Nigeria]. 42: 476-481
18. Kwok, Kin-Chor, *et al.* 2002. "Optimizing Conditions for Thermal Processes of Soy Milk". *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. [Hong Kong]. 50(17): 4834-4838
19. Latham, Michael C. 2002. "Nutrición Humana en el Mundo en Desarrollo". *Food and Nutrition Series, FAO* [E.E.U.U.] 29 págs.
20. Lorenz, Klaus J. y Kulp, Karel. 1991. *Handbook of Cereal Science & Technology*. Nueva York, Marcel Dekker Inc. 55-65 págs.
21. Lubin, D. 1995. "Sorghum and Millets in Human Nutrition". *Food and Nutrition Series, FAO* [Italia]. 27 págs.
22. Martinez-Flores, H.E., *et al.* 2005. "Sensorial and biological evaluation of an extruded product made from corn supplemented with soybean and safflower pastes". *International Journal of Food Science and Technology*. [México, D.F.]. 40: 517-524
23. Matz, Samuel A. 1969. "Cereal Science". The Avi Publishing Company, Inc. [E.E.U.U.]. 239 págs.
24. Novotni, D., *et al.* 2009. "Production of High Protein Bread Using Extruded Corn and Soybean Flour Blend". *Italian Journal of Food Science* [Croacia]. 21(2): 123-133
25. Olson, R.A. y Frey, K.J. 1987. *Nutritional quality of cereal grains: Genetic and agronomic improvement*. Estados Unidos, American society of Agronomy, Inc. 205 págs.
26. Pérez, Adrián, *et al.* 2008. "Extrusion cooking of a maize/soyben mixture: Factors affecting expanded product characteristics and flour dispersion viscosity". *Journal of Food Engineering*. [Argentina]. 87(3): 333-340

27. Pukrushpan, T., *et al.* 1978. "Effects of Blanching on Protein Fractions of Certain Sweet Corn Cultivars". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. [E.E.U.U.] 26(2): 503-504
28. Rackis, Joseph J. *et al.* 1970. "Flavor and Flatulence Factors in Soybean Protein Products". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. [E.E.U.U.] 18(6): 977-982
29. R.W. Peace, *et al.* 1992. "Trypsin inhibitors levels in soy-based infant formulas and commercial soy protein isolates and concentrates". *Food Research International*. [Canada] 25(2): 137-141.
30. Schönhaus, Ilana, y Sgarbieri, Valdemiro. 1983. "Inherited Characteristics of Composition and Protein Nutritive Value of a New Cultivar of Maize (Nutrimaiz) in Two Stages of Maturity". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. [E.E.U.U.] 31(1): 1-7
31. SEGEPLAN, INE & URL. 2006. *Mapas de pobreza y desigualdad de Guatemala*. Gobierno de Guatemala.
32. Sgarbieri, Valdemiro, *et al.* 1977. "Chemical Composition and Nutritional Properties of a Sugary-1/Opaque-2 (su<sub>1</sub>/o<sub>2</sub>) Variety of Maize (*Zea mays* L.)" *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. [Brasil]. 25(5): 1098-1104
33. Sikorski, Zdzislaw E. 2002. *Chemical and Functional Properties of Food Components*. 2<sup>a</sup> Ed. E.E.U.U., CRC Press. 18 págs.
34. Smith, C., *et al.* 1980. "Determination of Trypsin Inhibitor Levels in Foodstuffs" *Journal of Science Food and Agriculture*. [Países Bajos]. 31: 341-350
35. Tracy, William F. *et al.* 2006. "Recurrent Mutation and Genome Evolution: Example of Sugary 1 and the Origin of Sweet Maize". *The Plant Genome - Crop Science*. [E.E.U.U.] (1):49-54
36. Uribe Correa, Alberto. 2007. *Perspectivas en nutrición humana*. Universidad de Antioquia, Colombia. 49, 69-70 págs.
37. Wolf, Walter J. 1970. "Soybean Proteins: Their Functional, Chemical, and Physical Properties". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. [E.E.U.U.]. 18(6): 969-976
38. Yuan, Shaohong, *et al.* 2008. "Elimination of Trypsin Inhibitor Activity and Beany Flavor in Soybean by Consecutive Blanching and Ultrahigh-Temperature (UHT) Processing". *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. [Dakota]. 56(17): 7957-7963

## XI. ANEXOS

Fotografía No.1. Frijol de soya crudo



Fotografía No.2. Frijol de soya hervido en solución de Bicarbonato de Sodio



Fotografía No.3.Subproducto de la leche de soya denominado Okara



Fotografía No.4. Leche de soya fabricada en el laboratorio



Fotografía No.5. Mazorca de maíz dulce



Fotografía No.6. Maíz dulce desgranado



Fotografía No.7. Maíz dulce licuado



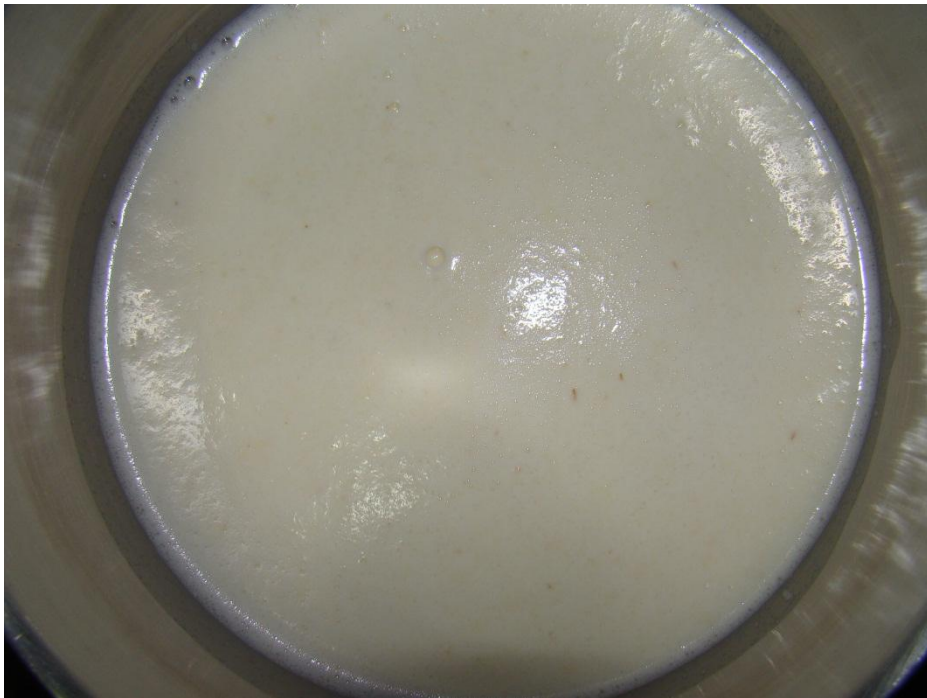
Fotografía No.8. Mazorca de maíz tierno



Fotografía No.9. Maíz tierno desgranado



Fotografía No.10. Maíz tierno licuado



Fotografía No.11. Leche de soya y maíz dulce fabricada en el laboratorio



Fotografía No.12. Leche de soya y maíz tierno fabricada en el laboratorio



Fotografía No.13. Ensamblaje de la “Vaca Mecánica” (1)



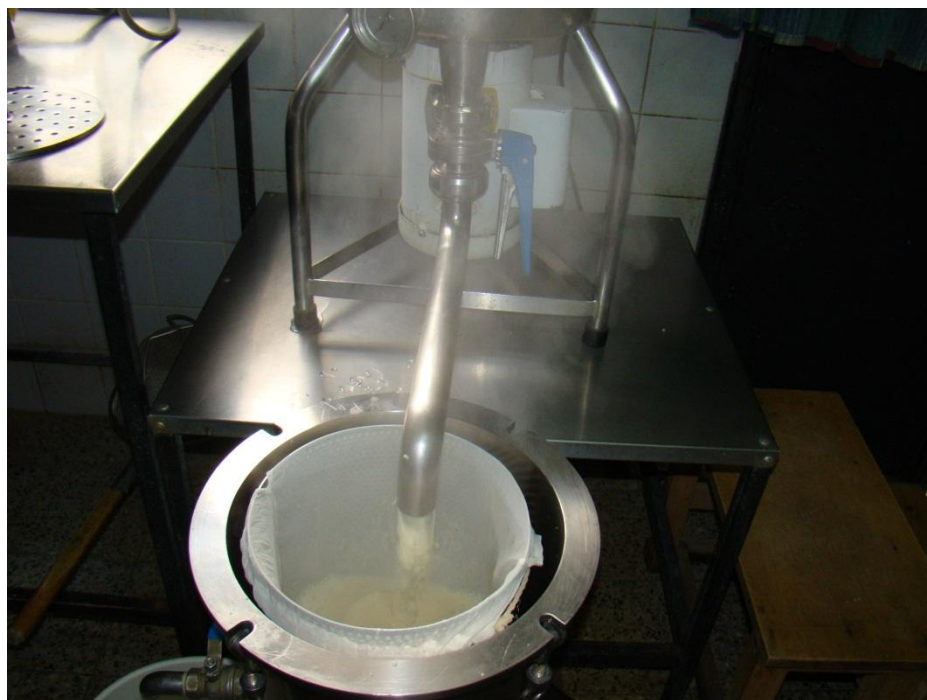
Fotografía No.14. Ensamblaje de la “Vaca Mecánica” (2)



Fotografía No.15. Equipo conocido como “Vaca Mecánica”



Fotografía No.16. Elaboración de leche de soya y maíz con la “Vaca Mecánica”



Fotografía No.17. Separación del bagazo y la leche de soya y maíz con la “Vaca Mecánica”.



Fotografía No.18. Obtención de la leche de soya y maíz con la “Vaca Mecánica”.

