

**Desarrollo y evaluación de harina para  
tortillas a base de maíz y harina de soya  
parcialmente desgrasada**

**Adriana Soto Rodríguez Gil**

**ZAMORANO**  
Carrera de Agroindustria  
Diciembre, 2004

ZAMORANO  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA

# **Desarrollo y evaluación de harina para tortillas a base de maíz y harina de soya parcialmente desgrasada**

Proyecto especial presentado como requisito parcial  
para optar al título de Ingeniera en Agroindustria  
en el grado académico de Licenciatura.

Presentado por

**Adriana Soto Rodríguez Gil**

Honduras  
**Diciembre, 2004**

La autora concede a Zamorano permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para fines educativos. Para otras personas físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

---

Adriana Soto Rodríguez Gil

**Honduras**  
Diciembre, 2004

## **Desarrollo y evaluación de harina para tortillas a base de maíz y harina de soya parcialmente desgrasada**

Presentado por

Adriana Soto Rodríguez Gil

Aprobado:

---

Francisco Javier Bueso, Ph. D.  
Asesor Principal

---

Raúl Espinal, Ph. D.  
Coordinador de Carrera

---

Julio R. López, M. Sc.  
Asesor

---

Aurelio Revilla, M. S. A.  
Decano Académico Interino

---

Kenneth Hoadley, D. B. A.  
Rector

## **DEDICATORIA**

A Dios que me ha acompañado siempre.

A mi mamá Adriana que con su amor y su sonrisa me dio siempre aliento.

A mi papá Carlos por regalarme su amor.

A mi hermano Pablo que confió en mí y por el eterno lazo que nos mantiene unidos.

A Franklin que con sus palabras y amor me dio fuerza cuando más la necesitaba.

## AGRADECIMIENTOS

A Dios por darme vida e iluminar mi camino.

A mi mamá por su amor, preocupación, consejos, por creer en mí y apoyarme siempre.

A mi papá por su amor, los valores que me enseñó y por alegrarse con mis logros.

A mi hermano por su cariño y apoyo.

A mi querido Franklin por el amor, los detalles, la preocupación y todas sus palabras de aliento que no me dejaron darme por vencida y tengo guardadas por siempre.

A la Lic. Gladys por la confianza, ayuda y cariño que fueron claves para el desarrollo de este proyecto.

A mis asesores, el Dr. Francisco Bueso y el Ing. Julio López por darme apoyo, seguridad y confianza en la realización de esta tesis.

A la familia Vaca Morán, Fernando, Myriam, David y Miguel Ángel por su amistad, cariño, generosidad, confianza y oraciones.

A la familia Weingartner y todo el equipo de NSRL por creer en mí y por su ayuda.

A mis abuelos, tíos y primos que a pesar de la distancia estuvieron siempre pendientes.

A mis amigos y compañeros Chabe S., Gaby R., César A., Romi S., Eliana R., Maylin Y., Patrick V., Sonia M., Víctor A. y Sarahí O. por los buenos momentos, alegrías y tristezas inolvidables y por haber sido de una manera u otra parte de este proyecto.

A Paul, Ximena, Daniel y el Cuerpo de Voluntarios de Ambulancia por todas las experiencias y por brindarme su confianza.

A los docentes y staff de la carrera de Agroindustria y del Centro de Evaluación de Alimentos por sus conocimientos y ayuda brindada.

A todos aquellos que desde mi primer día en Zamorano colaboraron para que mi experiencia fuera más allá de las aulas de clase.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

A Howard Buffet y a Zamorano por la beca otorgada.

Al Nacional Soybean Research Laboratory (NSRL) en la University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC) por los fondos aportados para este estudio.

## RESUMEN

Soto, Adriana. 2004. Desarrollo y evaluación de harina para tortillas a base de maíz y harina de soya parcialmente desgrasada. Proyecto especial del Programa de Ingeniería Agroindustrial, Zamorano, Honduras. 40 p.

El interés creciente por alimentos con menor procesamiento y propiedades nutraceuticas promueve el uso de soya como ingrediente. El objetivo del estudio fue desarrollar y evaluar harina para tortillas a base de maíz y harina de soya parcialmente desgrasada por extrusión y prensado. Se realizó en el International Soybean Program, Universidad de Illinois, y Centro de Evaluación de Alimentos, Zamorano. La harina se caracterizó química, física y microbiológicamente; se evaluó su vida útil analizando cambios en humedad, actividad de agua, mesófilos aerobios, mohos y levaduras, coliformes totales, índice de peróxidos y ácido tiobarbitúrico (TBA) a 0, 4, 8 y 12 semanas de almacenamiento. La harina fue evaluada mediante tortillas por un panel sensorial mediante una prueba de aceptación con estudiantes de Zamorano y una comunidad rural. La formulación final sustituyó 6% de harina de maíz nixtamalizado con harina de soya. La harina tuvo 9.74% humedad, 74.45% carbohidratos, 8.98% proteína, 3.69% grasa, 1.7% fibra y 1.48% ceniza. No hubo aumentos significativos en humedad, pero sí en actividad de agua desde la semana 8. El valor de TBA se mantuvo debajo del límite mientras que el índice de peróxidos lo superó en la semana 8. Los recuentos microbiológicos permanecieron debajo de los límites y no se detectaron coliformes. La vida útil de la harina fue 8 semanas y se le considera inocua. La aceptación general promedio de las tortillas fue 7.4 sobre 9, y 72% de los encuestados las evaluó como aceptables, con medias mayores para la comunidad rural ( $p < 0.05$ ).

**Palabras clave:** alimento funcional, extrusión y prensado, panel sensorial, vida útil.

---

Francisco J. Bueso, Ph.D.

## CONTENIDO

|  |      |
|--|------|
| Portadilla.....  | i    |
| Autoría.....   | ii   |
| Hoja de firmas.....  | iii  |
| Dedicatoria.....   | iv   |
| Agradecimientos .....  | v    |
| Agradecimiento a patrocinadores .....                                  | vi   |
| Resumen.....   | vii  |
| Contenido.....   | viii |
| Índice de cuadros .....  | xi   |
| Índice de figuras.....   | xiii |
| Índice de anexos.....  | xiv  |
| <br>   |      |
| 1. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....   | 1    |
| 1.1 <b>OBJETIVOS</b> .....   | 2    |
| 1.1.1 Objetivo general.....  | 2    |
| 1.1.2 Objetivos específicos .....                                      | 2    |
| 1.2 <b>ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO</b> .....                   | 2    |
| 1.2.1 Alcances.....  | 2    |
| 1.2.2 Limitaciones.....  | 3    |
| <br>   |      |
| 2. <b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....                                 | 4    |
| 2.1 <b>CONTEXTO GENERAL</b> .....                                      | 4    |
| 2.2 <b>LA SOYA</b> .....   | 5    |
| 2.2.1 Composición nutricional del frijol soya.....                     | 5    |
| 2.2.2 Beneficios a la salud .....                                      | 5    |
| 2.3 <b>TECNOLOGÍA DE EXTRUSIÓN Y PENSADO DE SOYA</b> .....             | 6    |
| 2.3.1 Ventajas de la extrusión y prensado.....                         | 7    |
| 2.3.2 Funcionalidad en productos alimentarios .....                    | 8    |
| 2.3.3 Ventajas de Procesamiento .....                                  | 8    |
| 2.3.4 Beneficios .....   | 8    |
| 2.4 <b>HARINA DE SOYA PARCIALMENTE DESGRASADA</b> .....                | 9    |
| 2.4.1 Definición .....   | 9    |
| 2.4.2 Composición química y valor nutricional.....                     | 9    |
| 2.4.3 Contenido de proteína y aminoácidos.....                         | 9    |
| 2.4.4 Otros compuestos.....  | 10   |
| 2.5 <b>FORTIFICACIÓN DE TORTILLAS DE MAÍZ CON HARINA DE SOYA</b> ..... | 10   |
| 2.6 <b>VIDA UTIL O VIDA DE ANAQUEL</b> .....                           | 11   |

|         |   |    |
|---------|---|----|
| 2.6.1   | Definición.....   | 11 |
| 2.6.2   | Factores que afectan la vida útil de un producto.....                                 | 12 |
| 2.6.3   | Evaluación de la vida útil.....   | 12 |
| 2.6.3.1 | Prueba de almacenamiento en tiempo real.....  | 12 |
| 2.7     | <b>EVALUACIÓN SENSORIAL</b> .....   | 12 |
| 2.7.1   | Pruebas sensoriales al consumidor.....  | 12 |
| 2.7.2   | Grupos focales.....   | 13 |
| 2.7.3   | Pruebas de aceptación.....  | 13 |
| 2.7.3.1 | Prueba hedónica.....  | 13 |
| 3.      | <b>MATERIALES Y MÉTODOS</b> .....   | 14 |
| 3.1     | <b>UBICACIÓN</b> .....  | 14 |
| 3.2     | <b>MATERIALES</b> .....   | 14 |
| 3.3     | <b>EQUIPO</b> .....   | 15 |
| 3.4     | <b>DISEÑO EXPERIMENTAL</b> .....  | 15 |
| 3.5     | <b>MÉTODOS</b> .....  | 15 |
| 3.5.1   | Obtención de la harina de soya parcialmente desgrasada por extrusión y prensado ..... | 15 |
| 3.5.2   | Formulación de la harina de maíz fortificada .....                                    | 16 |
| 3.5.3   | Caracterización del producto .....  | 16 |
| 3.5.4   | Estudio de vida útil de la harina para tortillas.....                                 | 17 |
| 3.5.4.1 | Extracción de grasa para análisis de lipoxidación .....                               | 17 |
| 3.5.5   | Elaboración de las tortillas.....   | 18 |
| 3.5.6   | Evaluación sensorial de la harina para tortillas.....                                 | 18 |
| 3.5.6.1 | Panel sensorial.....  | 18 |
| 3.5.6.2 | Pruebas de aceptación en Zamorano y Jicarito.....                                     | 18 |
| 3.5.7   | Análisis estadístico.....   | 18 |
| 3.5.8   | Análisis de costos de la harina .....   | 19 |
| 4.      | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....   | 20 |
| 4.1     | <b>OBTENCIÓN DE LA HARINA DE SOYA PARCIALMENTE DESGRASADA</b> .....                   | 20 |
| 4.2     | <b>FORMULACIÓN DEL PRODUCTO</b> .....   | 20 |
| 4.3     | <b>CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO</b> .....   | 21 |
| 4.3.1   | Análisis químico proximal.....  | 21 |
| 4.3.2   | Análisis físicos.....   | 22 |
| 4.4     | <b>ESTUDIO DE VIDA ÚTIL</b> .....   | 22 |
| 4.5     | <b>EVALUACIÓN SENSORIAL</b> .....   | 26 |
| 4.5.1   | Panel sensorial.....  | 26 |
| 4.5.2   | Prueba de aceptación en Zamorano y Jicarito.....                                      | 26 |
| 4.6     | <b>ANÁLISIS DE COSTOS DEL PRODUCTO</b> .....  | 30 |
| 5.      | <b>CONCLUSIONES</b> .....   | 32 |
| 6.      | <b>RECOMENDACIONES</b> .....  | 33 |

|    |                           |    |
|----|---------------------------|----|
| 7. | <b>BIBLIOGRAFÍA</b> ..... | 34 |
| 8. | <b>ANEXOS</b> .....       | 37 |

## ÍNDICE DE CUADROS

### Cuadro

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | Composición nutricional del frijol soya por cada 100 g.....   | 5  |
| 2.  | Composición química de la harina de soya parcialmente desgrasada por extrusión y prensado y la harina de soya desgrasada con solventes..... | 9  |
| 3.  | Contenido de aminoácidos en por g de proteína harina de soya parcialmente desgrasada .....  | 10 |
| 4.  | Formulación final del producto.....   | 16 |
| 5.  | Análisis realizados para la caracterización del prototipo de la harina para tortillas .....   | 16 |
| 6.  | Análisis realizados para el estudio de vida útil del prototipo de la harina.....  | 17 |
| 7.  | Límites microbiológicos permitidos en harina para tortillas. ....   | 18 |
| 8.  | Rendimientos de aceite y torta de soya a partir de 100 kg de soya entera.....   | 20 |
| 9.  | Composición química de la harina.....   | 21 |
| 10. | Características físicas de la harina de maíz con 6% de soya. ....   | 22 |
| 11. | Perfil granulométrico del producto .....  | 22 |
| 12. | Cambios en contenido de humedad y actividad de agua en la harina fortificada durante el almacenamiento.....                                 | 23 |
| 13. | Cambios en carga microbiológica en la harina fortificada durante el almacenamiento .....  | 23 |
| 14. | Calificación para los atributos evaluados en las tortillas elaboradas con el prototipo de harina por el panel sensorial. ....               | 26 |
| 15. | Calificaciones de la prueba de aceptación de las tortillas elaboradas con la harina fortificada.....  | 27 |

16. Costos variables de la harina por kg, con base en precios comerciales  
en dólares americanos y lempiras ..... 31

## ÍNDICE DE FIGURAS

### Figura

|    |   |    |
|----|---|----|
| 1. | Cambios en la concentración de peróxidos causados por enranciamiento no enzimático de la harina de maíz con 6% de soya durante el almacenamiento. ....                      | 24 |
| 2. | Cambios en la concentración de malonaldehído (valor de TBA) causados por enranciamiento no enzimático de la harina de maíz con 6% de soya durante el almacenamiento. ....   | 24 |
| 3. | Comparación de los niveles de malonaldehído (TBA) y actividad de agua ( $A_w$ ) durante el almacenamiento de la harina de maíz con 6% de soya parcialmente desgrasada. .... | 25 |
| 4. | Distribución de frecuencias de aceptabilidad general de las tortillas elaboradas con la harina fortificada en Zamorano y Jicarito. ....                                     | 28 |
| 5. | Distribución de frecuencias de aceptabilidad de la apariencia de las tortillas elaboradas con la harina fortificada en Zamorano y Jicarito. ....                            | 28 |
| 6. | Distribución de frecuencias de aceptabilidad del sabor de las tortillas elaboradas con la harina fortificada en Zamorano y Jicarito. ....                                   | 29 |
| 7. | Distribución de frecuencias de aceptabilidad del olor de las tortillas elaboradas con la harina fortificada en Zamorano y Jicarito. ....                                    | 29 |
| 8. | Distribución de frecuencias de aceptabilidad de la textura de las tortillas elaboradas con la harina fortificada en Zamorano y Jicarito. ....                               | 30 |
| 9. | Distribución de frecuencias de aceptabilidad del color de las tortillas elaboradas con la harina fortificada en Zamorano y Jicarito. ....                                   | 30 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

### Anexo

1. Formato para la evaluación sensorial con el panel sensorial ..... 38
2. Formato para la prueba de aceptación en el comedor de Zamorano y Jicarito..... 39
3. Cambios en la concentración de peróxidos y malonaldehído causados por enranciamiento no enzimático de la harina de maíz con 6% de soya durante el almacenamiento. .... 40
4. Cálculo de la calificación de aminoácidos corregida para digestibilidad de proteína (PDCAAS por sus sigas en inglés) en la harina de maíz con 6% de soya parcialmente desgrasada (HMS)..... 40

## 1. INTRODUCCIÓN

El maíz es uno de los alimentos de mayor consumo a nivel mundial. En el caso de Latinoamérica, el maíz ha sido desde México hasta el centro de Sudamérica el alimento fundamental de sus habitantes. El consumo de la tortilla hecha a base de maíz nixtamalizado se popularizó desde la antigüedad con los aztecas y mayas, conservándose hasta hoy sin mayores modificaciones especialmente en México y Centroamérica. Este alimento compone en estos casos la base de la dieta, puesto que es barato, versátil y fácil de preparar. En el caso de Honduras, la dieta se ha constituido tradicionalmente de maíz y frijol. Esto ha cubierto los requerimientos de carbohidratos y proteínas en cantidad, mas no en calidad especialmente en lo que aminoácidos se refiere, volviendo a la población propensa a un sinnúmero de enfermedades debidas a malnutrición.

Estudios realizados por el Grupo MASECA, GRUMA, (Revista Peninsular, 1998) demuestran que el valor proteico (tasa de eficiencia de proteína, PER por sus siglas en inglés) de la tortilla por sí sola es bastante pobre (PER de 0.9 g por kilo), y una sustitución con soya en un 6% lo aumenta significativamente a un PER de 1.18 g por kilo. Cabe mencionar que la calidad de la proteína final mejora debido a que los aminoácidos (en especial los azufrados) se complementan. El Programa Mundial de Alimentos junto con la Presidencia de la República de Honduras ha impulsado el programa de la Merienda Escolar, el cual incluye alimentos con soya. Por otra parte el INCAP en Guatemala desarrolló la Incaparina, una bebida con proteína vegetal, mientras que el Programa Iniciativa Mundial para la Soya en la Salud Humana (WISHH, por sus siglas en inglés) ha promovido el uso de la soya a nivel mundial por medio de proyectos, entre ellos la introducción de una harina de maíz fortificada con soya en México (WISHH, 2003).

El presente estudio abordó la problemática nutricional de los países donde el maíz es la base de la nutrición, enfocándose en Honduras. La fortificación de la harina de maíz con harina de soya parcialmente desgrasada es una nueva alternativa para mejorar la calidad proteica de alimentos tales como las tortillas. Se escogió la harina de soya parcialmente desgrasada debido a que su obtención requiere poco procesamiento mediante un sistema exclusivamente mecánico de extrusión y prensado, el cual no utiliza solventes. Este sistema es una opción económica para pequeños productores o cooperativas de soya y a su vez reduce la presencia de agente químicos en los alimentos.

## **1.1 OBJETIVOS**

### **1.1.1 Objetivo general**

Desarrollar y evaluar una harina para tortillas a base de maíz y harina de soya parcialmente desgrasada obtenida por un proceso mecánico de extrusión y prensado.

### **1.1.2 Objetivos específicos**

- Desarrollar una harina para tortillas que contenga maíz y 6% de soya parcialmente desgrasada.
- 
- Realizar la caracterización física, química y microbiológica de la harina de maíz con soya con énfasis en su valor nutricional.
- 
- Realizar pruebas de aceptación del producto con personas en Zamorano y Jicarito, Francisco Morazán, Honduras.
- 
- Efectuar un estudio de vida útil de la harina a lo largo de doce semanas posteriores a su elaboración evaluando humedad, oxidación de grasas, actividad de agua, calidad microbiológica y percepción sensorial.
- 
- Efectuar un detalle de los costos variables del producto.

## **1.2 ALCANCES Y LIMITACIONES DEL ESTUDIO**

### **1.2.1 Alcances**

- Utilizar una tecnología alternativa para obtener harina de soya parcialmente desgrasada.
- Elaborar una mezcla para una harina fortificada con base en estudios realizados anteriormente.
- Caracterizar químicamente con un análisis proximal la mezcla.
- Realizar análisis de vida útil de la mezcla analizando humedad, actividad de agua, carga microbiológica y lipoxidación mediante índice de peróxidos y ácido tiobarbitúrico.
- Determinar el nivel de aceptación de un grupo de potenciales consumidores hacia las tortillas elaboradas con la harina.

### **1.2.2 Limitaciones**

- Zamorano no cuenta con la maquinaria necesaria para elaborar harina de soya parcialmente desgrasada por extrusión y prensado.
- Limitantes económicas y de tiempo no permitieron extender el estudio de vida útil por un periodo más prolongado.

## **2. REVISIÓN DE LITERATURA**

### **2.1 CONTEXTO GENERAL**

Desde su domesticación, el maíz ha influido en el desarrollo de las grandes civilizaciones de Meso América. La nixtamalización permite transformar el maíz en tortilla que ha sido la base de la supervivencia y el desarrollo de nuestra sociedad por más de 3500 años. Actualmente, la falta de una dieta apropiada, por la limitación de recursos económicos y el incremento de la población, indica que la población es más dependiente de la tortilla para su alimentación diaria. En particular, el consumo de tortilla en zonas rurales se incrementa considerablemente en épocas de crisis económica. (Figuroa, 2001).

De acuerdo con Figuroa (2001) en México la tortilla forma parte de la dieta de todos los estratos sociales, con un consumo per cápita de 120 Kg anuales, esto es, 328 g/día. La tortilla sola provee 38.8% de las proteínas, 45.2% de las calorías y 49.1 % del calcio de la dieta diaria de la población de México; en las zonas rurales provee aproximadamente el 70% del total de calorías y el 50% de las proteínas ingeridas diariamente. Este no es solamente el caso específico de México, sino que se observa una tendencia de consumo muy similar en Centroamérica. Sin embargo, como cualquier otro alimento, la tortilla sola no puede aportar todos los requerimientos nutricionales del organismo necesarios para su mantención y desarrollo. El retraso en el desarrollo corporal de los niños de las zonas rurales, en especial en los estados más pobres de México como Oaxaca y Chiapas, se debe a deficiencias nutricionales. Lo anterior se ve reflejado en deficiencias de talla y peso.

Los resultados de estudios realizados con animales y seres humanos, sobre adición de aminoácidos limitantes, han servido de base para evaluar distintos tipos de suplementos proteicos con objeto de mejorar la calidad del maíz tratado en agua de cal. Muchos investigadores han publicado estudios sobre la fortificación con proteínas de la harina de maíz tratada con cal, utilizando diversas fuentes alimentarias, entre ellas leche, sorgo, harina de semilla de algodón, harina de pescado, levadura torula y caseína. El aumento de la calidad es de por lo menos el 200 por ciento del valor proteico del maíz. Los estudios muestran que se alcanza una tasa de eficiencia proteica (PER por sus siglas en inglés) máxima añadiendo de 4 a 6 por ciento de proteínas de soya, ya sea entera, de harina (50 por ciento), de concentrado proteico o de proteínas de soya obtenidas por aislamiento (FAO, 1993).

## 2.2 LA SOYA

La soya es una planta herbácea de ciclo anual, de porte erguido y de 0,5 a 1,5 metros de altura. Posee hojas grandes, trifoliadas y pubescentes. Sus flores, de pequeño tamaño, son de un color blanco-amarillento o azul- violáceo y se encuentran agrupadas en inflorescencias, situadas en las axilas de las hojas. Su legumbre posee vainas cortas, cada una de las cuales contiene de una a cuatro semillas oleaginosas (con un 20% de aceite) y esféricas. La soya se consume directamente en forma de dos productos: semillas y aceite. Además, estos se puede utilizar como materia prima para obtener una gran variedad de subproductos (Calvo, 2003).

### 2.2.1 Composición nutricional del frijol soya

Según Calvo (2003) el contenido en nutrientes de la legumbre (por cada 100 g) es:

**Cuadro 1. Composición nutricional del frijol soya por cada 100 g.**

| <b>Nutriente</b>  | <b>Cantidad</b> |
|-------------------|-----------------|
| Energía           | 442 Kcal        |
| Proteínas         | 35 g            |
| Carbohidratos     | 30 g            |
| Fibra alimentaria | 5 g             |
| Lípidos totales   | 18 g            |
| Colesterol        | 0 mg            |
| Sodio             | 5 mg            |

Fuente: Calvo (2003)

### 2.2.2 Beneficios a la salud

De acuerdo con Gilbert (2003) el frijol soya es el único alimento vegetal que contiene todos los aminoácidos esenciales que el cuerpo necesita, además de aportar una gran cantidad de vitaminas, minerales y compuestos fitoquímicos (isoflavonas) que en conjunto dan como resultado numerosos beneficios a la salud. Adicionalmente los alimentos de soya no contienen colesterol y generalmente son altos en fibra.

Investigaciones realizadas muestran que el consumo diario de al menos 25 g de proteína de soya y 30-50 mg de isoflavonas puede mejorar y mantener un buen estado de salud. Esto equivale a 1-2 porciones de alimentos de soya al día. Algunas de las propiedades de la soya y sus efectos positivos a la salud son:

- La proteína y las isoflavonas de soya reducen los niveles de colesterol de baja densidad (LDL por sus siglas en inglés) y disminuyen la coagulación de la sangre (trombosis), lo cual reduce el riesgo de ataques al corazón y paro cardíaco.
- La proteína e isoflavonas de soya proveen antioxidantes, reducen las plaquetas de coagulación de la sangre, mejoran la presión sanguínea y promueven la salud de los vasos sanguíneos. Esto protege al cuerpo del daño de radicales libres, fortalece el sistema inmune y reduce el riesgo de arterosclerosis (endurecimiento de las arterias), enfermedades cardíacas e hipertensión (presión sanguínea alta).
- La fibra soluble de la soya protege al cuerpo de varios cánceres relacionados al sistema digestivo, tales como el cáncer de colon y recto. Por otro lado sus isoflavonas pueden proteger al cuerpo de varios cánceres relacionados con las hormonas como el cáncer de mama, endometrial (uterino) y de próstata.
- La proteína de soya mejora la habilidad del cuerpo de retener y absorber el calcio en los huesos, mientras que sus isoflavonas retardan el desgaste de los huesos e inhiben la destrucción ósea, lo que ayuda a prevenir la osteoporosis.
- Las isoflavonas de soya ayudan al cuerpo a regular el estrógeno cuando esta hormona está declinando o fluctuando, lo que ayuda a aliviar muchos de los síntomas de la menopausia o premenstruales.
- La proteína y fibra soluble de soya ayudan a regular los niveles de glucosa y filtración de los riñones, promoviendo el control de condiciones diabéticas y enfermedades renales (Gilbert, 2003).

### **2.3 TECNOLOGÍA DE EXTRUSIÓN Y PRENSADO DE SOYA**

De acuerdo con Weingartner (1996) la tecnología de extrusión y prensado consiste en un método alternativo a la extracción de aceite con solventes. En el proceso, la soya se limpia y se quiebra en pedazos. La soya puede estar descascarillada, pero no es necesario. Las partículas de soya quebrada son pasadas a través de un extrusor seco, el cual consiste en un tornillo que rota dentro de un barril. La soya tiene un tiempo de residencia en el extrusor de aproximadamente 25 segundos, de donde sale a una temperatura entre 132 y 143 °C. El proceso de extrusión mejora la calidad nutricional de la soya destruyendo factores que reducen su digestibilidad. Después de abandonar el extrusor, la soya caliente se trasfiere a una prensa de tornillo, la cual exprime el aceite de la soya. Los productos obtenidos son torta de soya y aceite crudo de soya. El sabor de la torta es suave y contiene alrededor de 45% de proteína.

Según el International Soybean Program, INTSOY (2000), en años recientes las plantas de extracción con solventes en gran escala han reemplazado el equipo de extracción mecánica para el procesamiento de soya. El proceso con solventes, en el cual el aceite es lavado de hojuelas utilizando hexano, puede remover fácilmente al menos el 99% (en

comparación con la extrusión y prensado que remueven de 75 a 80%) del aceite disponible en la soya. La torta proteica residual provee grandes cantidades de alimento animal barato y la base para numerosos usos alimentarios e industriales. Sin embargo, se ha comprobado que actualmente esta tecnología no es rentable para agricultores y empresarios individuales en países en desarrollo.

Dado que la soya tiene un contenido relativamente bajo de aceite en comparación con otras oleaginosas (22% en contraste con 45 a 55% en oleaginosas), los métodos convencionales de prensado producen rendimientos de aceite bajos. Por otro lado, pasar la soya por la prensa varias veces incrementa los rendimientos de aceite, pero también provoca un sobrecalentamiento en la torta, resultando en colores y sabores indeseables. De acuerdo con estudios recientes realizados por INTSOY (2000) estos problemas pueden solucionarse utilizando un extrusor de pequeña escala para acondicionar la soya calentándola por fricción bajo presión. El tornillo transporta los ingredientes a través de una serie de restricciones dentro de una cámara cilíndrica, forzando finalmente el material a través de un dado.

El extrusor ofrece una manera conveniente de cocinar la soya y romper los tejidos grasos en una fracción del tiempo requerido para métodos tradicionales de acondicionamiento. El tiempo corto de cocción y la alta temperatura (aprox. 135° C) es adecuada para destruir satisfactoriamente agentes anti-nutricionales tales como el inhibidor de tripsina, hemaglutininas, saponinas, etc., y no tan larga como para destruir componentes nutricionales importantes tal como la proteína (INTSOY, 2000).

### **2.3.1 Ventajas de la extrusión y prensado**

De Acuerdo con Jakush (2002) los resultados de combinar el extrusor y la prensa en una sola operación incluyen:

- Rendimientos de aceite cerca de 75% con un solo paso a través del extrusor.
- Producción de aceite natural de alta calidad.
- Producción de una torta parcialmente desgrasada rica en proteína.
- Alta digestibilidad de proteínas y aminoácidos (>90%).
- Excelente estabilidad en almacenamiento a largo plazo por la reducción en humedad.
- El nivel de esterilización es superior a cualquier otro método gracias a las altas temperaturas de procesamiento; hay destrucción completa de bacterias, virus, mohos y levaduras.

### **2.3.2 Funcionalidad en productos alimentarios**

Según Weingartner (1996) los resultados de las investigaciones realizadas por INTSOY indican que la combinación de los procesos de extrusión y prensado produce un aceite y una torta de alta calidad natural y comestible, con un color parecido al de la materia prima. Dicha torta, con base en la residualidad del aceite, tiene en teoría baja estabilidad a la oxidación en comparación a la obtenida por extracción con solventes. La torta puede ser utilizada en numerosos productos alimentarios incluyendo:

- Una harina de soya parcialmente desgrasada adecuada para panes y tortillas.
- Alimentos embutidos.
- Bebidas.
- Productos para fortificación proteica en general.

### **2.3.3 Ventajas de Procesamiento**

El método de extrusión y prensado también hace el proceso de molienda más fácil. Los frijoles soya enteros no pueden ser molidos hasta convertirse en harina con equipos convencionales de molienda tal como molinos de plato y martillo debido a su alto contenido de grasa, por lo tanto limitando la producción de harina de soya con toda su grasa en la mayoría de países en desarrollo. La torta parcialmente desgrasada producida por la combinación de la extrusión y el prensado se muele muy bien en molinos de martillo convencionales (INTSOY, 2000).

### **2.3.4 Beneficios**

De acuerdo con INTSOY (2000) la combinación de la tecnología de extrusión y prensado tiene un gran potencial para:

- Desarrollar productos de valor agregado con un potencial de mercado alto como alimentos funcionales.
- Incrementar el procesamiento descentralizado de soya en regiones donde la producción es tan pequeña como 3000 a 5000 hectáreas.
- Acercar el procesamiento de soya a muchos agricultores y empresarios individuales interesados en el mercadeo de aceite de alta calidad comestible, junto con alimento para animales y alimentos de soya ricos en proteína.
- Promover una nueva actividad económica que resulte tanto en una nutrición humana mejorada como una mayor demanda de frijol soya y productos procesados de soya.

## 2.4 HARINA DE SOYA PARCIALMENTE DESGRASADA

### 2.4.1 Definición

De acuerdo con The Soyfoods Association of North America (2002) la harina de soya proviene de frijoles de soya descascarillados y cocidos que son molidos hasta obtener un polvo fino. Para elaborar la harina de soya parcialmente desgrasada, un proceso mecánico remueve la entre 50 y 70% del aceite, mientras que un proceso químico remueve todo el aceite de harina desgrasada.

### 2.4.2 Composición química y valor nutricional

La harina de soya contiene 1/3 de la cantidad de grasa encontrada en la harina de soya entera (Soyfoods Association of North America, 2002). En el Cuadro 2 se muestra la composición química de la harina de soya con base en 100 gramos.

**Cuadro 2. Composición química de la harina de soya parcialmente desgrasada por extrusión y prensado y la harina de soya desgrasada con solventes.**

| Componente            | Cantidad - Harina de Soya                        |                          |
|-----------------------|--|--------------------------|
|                       | Parcialmente desgrasada por extrusión y prensado | Desgrasada con solventes |
| <b>Calorías</b>       | <b>369</b>                                       | <b>327</b>               |
| Calorías de grasa     | 56   | 10                       |
| Grasa Total           | 7g   | 1g                       |
| Grasa Saturada        | 1g   | 0g                       |
| Colesterol            | 0mg  | 0mg                      |
| Sodio                 | 18mg   | 20mg                     |
| Carbohidratos totales | 34g  | 34g                      |
| Fibra dietética       | 10g  | 15g                      |
| Azúcares              | 20g  | 18g                      |
| <b>Proteína</b>       | <b>51g</b>                                       | <b>51g</b>               |

Fuente: Nutrition Data, 2004

### 2.4.3 Contenido de proteína y aminoácidos

Como se mencionó anteriormente, la soya contiene todos los aminoácidos esenciales, lo que califica a su proteína de alta calidad. A pesar de tener un contenido bajo de aminoácidos azufrados, contiene una gran cantidad de otros aminoácidos tales como

lisina, lo que la hace adecuada para elaborar mezclas con cereales (Soyfoods Association, 2002). El contenido de aminoácidos en 100 g de harina de soya parcialmente desgrasada se muestra en el Cuadro 3.

#### 2.4.4 Otros compuestos

Según la Asociación Americana de la Soya (2000) la soya contiene fitoquímicos, compuestos que incluyen a las isoflavonas. Los fitoquímicos son considerados como 'no nutritivos'; sin embargo su consumo es importante para la prevención de enfermedades como el cáncer y del corazón. Las isoflavonas actúan como estrógenos débiles. La harina de soya parcialmente desgrasada es la que contiene mayor cantidad de isoflavonas por porción (50 mg en cada 22 g), debido a que en el proceso de extrusión y prensado, a diferencia de la extracción con hexano, no hay solvente alguno que arrastre estos compuestos.

**Cuadro 3. Contenido de aminoácidos en por g de proteína harina de soya parcialmente desgrasada**

| Aminoácido Esencial     | mg/g proteína |                | Porcentaje del estándar |
|-------------------------|---------------|----------------|-------------------------|
|                         | Estándar      | Harina de soya |                         |
| Triptófano              | 11            | 13             | 118                     |
| Treonina                | 34            | 40             | 118                     |
| Isoleucina              | 28            | 44             | 157                     |
| Leucina                 | 66            | 74             | 112                     |
| Lisina                  | 58            | 61             | 105                     |
| Metionina + Cisteína    | 25            | 27             | 108                     |
| Fenilalanina + Tirosina | 63            | 82             | 130                     |
| Valina                  | 35            | 46             | 131                     |
| Histidina               | 19            | 25             | 132                     |

Fuente: Nutrition Data, 2004

## 2.5 FORTIFICACIÓN DE TORTILLAS DE MAÍZ CON HARINA DE SOYA

A causa de la gran importancia del maíz como alimento básico de muchas personas, principalmente de los países en desarrollo, y de su bajo valor nutritivo, sobre todo en lo que se refiere a las proteínas, se han hecho múltiples esfuerzos para mejorar el aprovechamiento biológico de sus nutrientes. Se han ensayado tres métodos: la manipulación genética, la elaboración y el enriquecimiento. En lo que se refiere al último método, ha habido muchos esfuerzos por enriquecer el maíz con aminoácidos y fuentes diversas de proteínas como soya y amaranto, con óptimos resultados. Este método puede

llegar a ser importante en el futuro, a medida que aumente el número de personas que consuman alimentos elaborados industrialmente, que se pueden enriquecer con más facilidad y eficacia (FAO, 2003).

De acuerdo con la FAO (1993) muchos investigadores han publicado estudios sobre el enriquecimiento proteico de la harina de maíz nixtamalizado, utilizando diversas fuentes alimentarias, entre ellas leche, sorgo, harina de semilla de algodón, harina de pescado, levadura torula y caseína; con un mayor énfasis en la fortificación con fuentes de origen vegetal.

Según la FAO, los estudios realizados por Bressani *et al.* (1978 y 1981) demostraron que se alcanza una tasa de eficiencia proteica (PER por sus siglas en inglés) máximo añadiendo de cuatro a seis g por ciento de proteínas de soya, ya sea de soya entera, harina, concentrado proteico o proteínas de soya obtenidas por aislamiento, de donde se realiza la selección tomando en cuenta su mayor disponibilidad, menor costo y aplicaciones prácticas. Este 4 a 6% de proteína corresponde a 15% de soya entera u 8% de harina de soya. Estudios como el realizado por Fajardo *et al.* (2001) en Guatemala demostraron que la adición de hasta 30% de soya en las tortillas de maíz no afectaba negativamente las características organolépticas del alimento.

Sin embargo, por otra parte los estudios realizados por Figueroa *et al.* (2001) mostraron que adiciones mayores a 4% de pasta de soya desgrasada en las tortillas de maíz nixtamalizado tenían influencia significativa sobre el sabor y color de las tortillas, por lo que se decidió utilizar concentraciones no mayores al 8% de soya en el producto final. Otro estudio realizado por la American Soyfoods Association (1998) probaron que la adición de entre 6 y 8% de soya a la harina para tortillas de maíz mejoraba notablemente su textura final, ya que promovía mayor absorción de humedad.

El conjunto de estudios realizados coincidió en una sustitución óptima de entre 6y 8% de soya con el fin de elaborar tortillas de maíz nixtamalizado, por lo que una iniciativa del Programa Iniciativa Mundial para la Soya en la Salud Humana (WISHH, por sus siglas en inglés) ha promovido el uso de la soya a nivel mundial por medio de proyectos, entre ellos la introducción de una harina de maíz fortificada con soya en México a partir del año 2003. Otros proyectos afines incluyen la promoción del uso de soya en sustitución del maíz para elaborar diversos productos en Centroamérica a partir de 2004.

## **2.6 VIDA ÚTIL O VIDA DE ANAQUEL**

### **2.6.1 Definición**

Se define como vida útil o de anaquel el tiempo durante el cual un producto, generalmente envasado, permanecerá en buenas condiciones para ser vendido y consumido (Bancomext, 2001).

## 2.6.2 Factores que afectan la vida útil de un producto

De acuerdo con Taub y Singh (1998) la vida útil de un producto empacado depende de una serie de variables asociadas a la composición y procesamiento del producto, su material de empaque y las condiciones de almacenamiento. El valor comercial de un producto empacado, incluyendo su calidad, seguridad alimentaria y conveniencia es afectada por la vida útil del producto. Una vez que se establece la formulación del producto, se selecciona el sistema apropiado de empaque. El empaque como barrera funcional regula la transferencia de gases, vapores, vapor de agua y otros compuestos de bajo peso molecular, así como las transferencias de calor y la penetración de radiación electromagnética de diferentes longitudes de onda.

## 2.6.3 Evaluación de la vida útil

Según Taub y Singh (1998) existen tres métodos de evaluación de vida útil:

- Prueba de almacenamiento en tiempo real.
- Pruebas aceleradas.
- Simulación y estimaciones basadas en modelos.

**2.6.3.1 Prueba de almacenamiento en tiempo real.** La prueba de almacenamiento en tiempo real por medio de un estudio de estabilidad a largo plazo involucra almacenar un producto bajo condiciones típicas de almacenamiento de temperatura y humedad relativa. Las muestras son analizadas para las características que se deseen evaluar en intervalos de tiempo regulares y el factor de degradación es registrado (Taub y Singh, 1998).

## 2.7 EVALUACIÓN SENSORIAL

Stone, citado por Lawless y Heymann (1998) define la evaluación sensorial como el método científico usado para evocar, medir, analizar e interpretar las respuestas a los productos como son percibidas a través de la vista, olfato, gusto, tacto y audición. El papel de una evaluación sensorial es proveer información válida y confiable a los departamentos de investigación y desarrollo, producción y mercadeo con el fin de que la administración tome decisiones estratégicas acerca de las propiedades sensoriales percibidas de los productos (Meilgaard *et al.*, 1999).

### 2.7.1 Pruebas sensoriales al consumidor

Según Resurrection (1998) las pruebas al consumidor es una de las actividades más importantes en el desarrollo de productos. El propósito principal de las pruebas afectivas a consumidores es evaluar la respuesta personal de actuales y potenciales consumidores

de un producto, ideas de productos, o características específicas de productos. Las pruebas con consumidores son extremadamente importantes a través de los diferentes estados en el ciclo del producto. Estos estados incluyen el desarrollo del producto, mantenimiento, mejoramiento y optimización, y la valoración del potencial de mercado.

### **2.7.2 Grupos focales**

El grupo focal es un método mediante el cual grupos pequeños de consumidores son utilizados para obtener información acerca de su reacción a productos y conceptos, y para investigar otros aspectos varios de las percepciones y reacciones de los panelistas. Este método es utilizado para determinar los atributos de los productos que los consumidores creen son importantes y deben ser maximizados en el producto, y las características que les disgustan a los consumidores y piensan deben ser minimizadas o eliminadas del producto. La característica distintiva de este método es el enfoque no estructurado (Resurrection, 1998).

Resurrection (1998) indica que los grupos focales varían en tamaño y consisten idealmente de ocho a 12 participantes que representan al mercado meta liderados por un moderador calificado. El grupo se sienta a una mesa, donde el moderador dirige la discusión que dura de 90 a 120 minutos.

### **2.7.3 Pruebas de aceptación**

La aceptación de un alimento por parte de un consumidor puede ser definida como una experiencia caracterizada por una actitud positiva hacia el alimento. La aceptación puede ser medida por la preferencia o el gusto por un alimento en específico (Amerine *et al.*, citado por Resurrection, 1998). La medición de la aceptabilidad es inferida de puntuaciones en escalas. Las pruebas de aceptación por el consumidor miden la aceptabilidad o el gusto por un alimento. Las medidas de aceptación pueden ser hechas en un solo producto y no necesitan la comparación con otro producto (Resurrection, 1998).

**2.7.3.1 Prueba hedónica.** De acuerdo con Resurrección (1998) la escala hedónica de 9 puntos es una escala de calificación que ha sido utilizada por muchos años en evaluación sensorial en la industria de alimentos para determinar su aceptación. El número de categorías en la escala que han sido utilizados incluyen las escalas de 5, 7 y 9 puntos. La escala de tres puntos no es recomendada para el uso con consumidores adultos, debido a que éstos tienden a evitar el uso de puntos extremos de la escala al calificar muestras de productos alimentarios.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN

El presente estudio se realizó en el International Soybean Program (INTSOY) de la University of Illinois at Urbana-Champaign (UIUC) y en el Centro de Evaluación de Alimentos de la Escuela Agrícola Panamericana. La obtención de la harina de soya, formulación del producto y pruebas con panel sensorial se realizaron en INTSOY; mientras que la caracterización y el estudio de vida útil se llevaron a cabo en el Centro de Evaluación de Alimentos. La evaluación sensorial de aceptabilidad se realizó en el comedor Doris Zemurray de la Escuela Agrícola Panamericana y en las escuelas superiores de la comunidad de El Jicarito.

#### 3.2 MATERIALES

- Frijol soya descascarillado en mitades al 12% de humedad.
- Harina de maíz nixtamalizada, marca MASECA.
- Agua purificada.
- Reactivos para análisis químicos: éter etílico,  $H_2SO_4$  al 1.25% y grado técnico, NaOH al 1.25 y 40%, catalizador de  $CuSO_4$  y  $Na_2SO_4$ , HCl al 0.1N, solución de ácido acético y cloroformo en proporción 3 a 2, solución saturada de KI, solución de tiosulfato de sodio 0.01N, solución de almidón al 1%, reactivo TBA, 1-butanol.
- Medios de cultivo Plate Count Agar (PCA), Potato Dextrose Agar (PDA) y Violet Red Bile Agar (VRBA).
- Peptona.
- Agua destilada.
- Bolsas estériles.
- Platos petri.
- Vasos de 6 oz.
- Platos de cartón.
- Servilletas.
- Formularios de encuesta.
- Recipientes para preparar masa.

### 3.3 EQUIPO

- Extrusor INSTA-PRO Modelo 600JR.
- Transportador de tornillo sinfín Spiroflow Modelo 44.
- Prensa de tornillo (*Expeller*) Hander Modelo EX-100.
- Molino de cuchillas Thomas-Wiley Modelo 4.
- Tasas medidoras.
- Formador de tortillas.
- Estufa de gas.
- Sellador en caliente.
- Balanza analítica METTLER Modelo AE200.
- Balanza de precisión Denver Instrument Modelo XIE-510.
- Horno Fisher Scientific Isotemp Oven.
- Micro Kjeldahl.
- Sistema de extracción de grasa Goldfish LABCONCO Modelo 35001.
- Espectrofotómetro Milton Roy Modelo Spectronic 20.
- Campana de flujo laminar LABCONCO Modelo 47700.
- Incubadora Thermolyne Type 42000.
- STOMACHER®.
- AQUALAB ® Model Series 3TE.
- ColorFlex HunterLab®.
- Portable Sieve Shaker CE Tyler Mod. RX®.
- Columnas de destilación.

### 3.4 DISEÑO EXPERIMENTAL

Tanto para la caracterización como para el estudio de vida útil de la harina se utilizó un diseño completamente al azar (DCA). Únicamente en la prueba de aceptación se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA), donde cada población (Zamorano y Jicarito) constituyó un bloque.

### 3.5 MÉTODOS

#### 3.5.1 Obtención de la harina de soya parcialmente desgrasada por extrusión y prensado

La soya descascarillada en mitades al 12% de humedad fue extrudida con un tiempo de retención de aproximadamente 10 segundos a 135°C. El producto obtenido fue transportado mediante un tornillo sinfín a la prensa de tornillo con un tiempo de retención de aproximadamente 15 segundos. En esta etapa se obtuvieron 83.33 kg de torta de soya parcialmente desgrasada y 12.22 kg de aceite de soya 100 kg de soya descascarillada

inicial. Posteriormente la torta fue extrudida nuevamente y finalmente molida en un molino de cuchillas para obtener un polvo fino de entre 5 y 15% de humedad.

### 3.5.2 Formulación de la harina de maíz fortificada

La mezcla se formuló tomando como base los estudios realizados en México por GRUMA (Revista Peninsular, 1998), donde se utilizó una sustitución de 6% de harina de soya en la harina de maíz nixtamalizada. Se probaron concentraciones de harina de soya parcialmente desgrasada en múltiplos de seis hasta 30%. Cada una de estas concentraciones fue evaluada por un panel sensorial compuesto por ocho mexicanos y dos estadounidenses, los cuales determinaron la mejor concentración basados en el grado medio de aceptación, sabor, apariencia, textura y color.

#### Cuadro 4. Formulación final del producto.

| Ingrediente                  | %  |
|------------------------------|----|
| Harina de maíz nixtamalizada | 94 |
| Harina de soya baja en grasa | 6  |

### 3.5.3 Caracterización del producto

Se realizaron análisis de composición química, características físicas y perfil microbiológico de la mezcla por duplicado, como se detalla en el cuadro 5.

#### Cuadro 5. Análisis realizados para la caracterización del prototipo de la harina para tortillas.

|                 | Análisis                             |        | Método oficial AOAC, 1997   |
|-----------------|--------------------------------------|--------|-----------------------------|
| Químicos        | Humedad                              | 925.10 | Gravimétrico, horno a 105°C |
|                 | Proteína (N x 6.25)                  | 920.86 | MicroKjeldahl               |
|                 | Extracto etéreo                      | 920.85 | Goldfish                    |
|                 | Cenizas                              | 923.03 | Gravimétrico                |
|                 | Fibra Cruda                          | 920.86 | Gravimétrico                |
|                 | Actividad de agua                    | -      | Aqualab                     |
| Físicos         | Color                                | -      | ColorFlex (HunterLab)       |
|                 | Granulometría                        | -      | Portable sieve shaker       |
| Microbiológicos | Recuento total de mesófilos aerobios | 988.18 | PCA                         |
|                 | Recuento total de mohos y levaduras  | 995.21 | PDA                         |
|                 | Recuento total de coliformes         | 989.11 | VRBA                        |

### 3.5.4 Estudio de vida útil de la harina para tortillas

Se prepararon diez muestras de 500g de harina de maíz con soya del lote elaborado en UIUC y se envasaron en bolsas de plástico (polietileno) nuevas; éstas se almacenaron en condiciones ambientales que simulaban las condiciones de almacenamiento en las comunidades (22 – 24°C). Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA).

Dichas bolsas se abrieron a las cuatro, ocho, y 12 semanas (2 bolsas cada periodo) después de su elaboración y se analizaron para compararlas con el producto recién elaborado (control del día 0). A cada muestra se le realizaron los análisis que se muestran en el Cuadro 6, los cuales permitieron evaluar la estabilidad del producto en almacenamiento.

Aumentos en humedad y actividad de agua debidos a la higroscopicidad de la mezcla permitirían evaluar la calidad del empaque y explicar la proliferación de microorganismos y la lipoxidación. La evaluación de la lipoxidación indicaría la estabilidad de las grasas en el producto, un punto que se consideró importante debido a la presencia de la harina de soya parcialmente desgrasada en lugar de harina desgrasada con solventes o concentrados proteicos de soya.

Los resultados de los conteos microbiológicos se compararon con los estándares aceptados para harina para tortillas según la norma COGUANOR de Guatemala NGO 34 190 (Cuadro 7).

**3.5.4.1 Extracción de grasa para análisis de lipoxidación.** Se extrajo la grasa de la harina utilizando columnas de extracción con reflujo de acetona sobre paquetes de papel filtro que contenían 20-25 g de harina cada uno. La acetona en la cual la grasa estaba disuelta fue posteriormente extraída por destilación.

**Cuadro 6. Análisis realizados para el estudio de vida útil del prototipo de la harina.**

|                 | <b>Análisis</b>                      | <b>Método oficial AOAC, 1997</b> |                             |
|-----------------|--------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Químicos        | Humedad                              | 925.10                           | Gravimétrico, horno a 105°C |
|                 | Actividad de agua                    | -                                | Aqualab                     |
|                 | Lipoxidación                         | 956.33                           | Indice de Peróxidos         |
|                 |                                      | -                                | Acido Tiobarbitúrico        |
| Microbiológicos | Recuento total de mesófilos aerobios | 988.18                           | PCA                         |
|                 | Recuento total de mohos y levaduras  | 995.21                           | PDA                         |
|                 | Recuento total de coliformes         | 989.11                           | VRBA                        |

**Cuadro 7. Límites microbiológicos permitidos en harina para tortillas.**

| <b>Análisis microbiológico</b>       | <b>Recuento máximo permitido, UFC/g</b> |
|--------------------------------------|---|
| Recuento total de mesófilos aerobios | $10^4$ - $10^5$                         |
| Recuento total de mohos y levaduras  | $10^2$ - $10^4$                         |
| Recuento total de coliformes         | $10$ - $10^2$                           |

Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (2000).

### **3.5.5 Elaboración de las tortillas**

Se elaboraron tortillas de aproximadamente 15cm de diámetro y entre 1 y 2 mm de grosor con el fin de realizar evaluaciones sensoriales del producto, utilizando 1.25 partes de agua por cada parte de harina compuesta en peso. Esta relación se determinó con base en las instrucciones del paquete de la harina de maíz. Las tortillas para la prueba de aceptación fueron elaboradas en la comunidad de Jicarito.

### **3.5.6 Evaluación sensorial de la harina para tortillas**

**3.5.6.1 Panel sensorial.** Mediante un panel sensorial constituido por 10 adultos, se evaluó la aceptación, apariencia, el sabor, la textura y el color de la harina. Se presentaron a cada panelista tortillas de 30 g aproximadamente, con un formato para evaluar el producto (Anexo 1) el cual incluía una escala hedónica de 9 niveles para cada parámetro, siendo 1 el peor y 9 el mejor. Se realizó un análisis de varianza con los resultados de estas calificaciones.

**3.5.6.2 Pruebas de aceptación en Zamorano y Jicarito.** Las tortillas elaboradas con la harina fueron evaluadas sensorialmente con 150 estudiantes de Zamorano y 150 estudiantes de escuelas superiores de la comunidad de Jicarito. Cada panelista fue presentado con una tortilla de aproximadamente 30g y un formato para evaluar mediante una escala hedónica de 9 niveles el grado medio de aceptación, apariencia, sabor, olor, textura, y color (Anexo 2). Se estableció que una puntuación de 7 a 9 calificaba al producto como aceptable. Se definió que un nivel alto de aceptación sería por encima de 70%. Estos resultados se evaluaron a través de una separación de medias, análisis de varianza y distribución de frecuencias.

### **3.5.7 Análisis estadístico**

Los datos obtenidos fueron analizados con el programa SAS® (Statistical Analysis System) utilizando análisis de varianza (ANDEVA) y la prueba SNK con ajuste por

tiempo para realizar la separación de medias obtenidas en el estudio de vida útil, así como para determinar si existía una diferencia estadísticamente significativa en el nivel de aceptación por localidad. Los resultados se comprobaron pro medio de una prueba de chi cuadrado.

### **3.5.8 Análisis de costos de la harina**

Se calcularon los costos del producto considerando únicamente el costo de los ingredientes, ya que el único proceso involucrado es el mezclado. Lo anterior fue comparado con el precio comercial de la harina de maíz utilizada para ver el costo incremental.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 OBTENCIÓN DE LA HARINA DE SOYA PARCIALMENTE DESGRASADA

Como se puede observar en el Cuadro 8, se obtuvieron 4 diferentes fracciones a partir de soya entera al 12% de humedad, entre ellas torta de soya para elaborar harina. La composición de la harina de soya obtenida fue 47.5% de proteína, 7.5% de humedad y 3.4% de grasa (Goldfish).

**Cuadro 8. Rendimientos de aceite y torta de soya a partir de 100 kg de soya entera.**

| <b>Fracción</b>                          | <b>Cantidad (kg)</b> |
|--|----------------------|
| Aceite                                   | 11                   |
| Torta de soya (a ser molida para harina) | 75                   |
| Pérdidas por descascarillado             | 10                   |
| Pérdidas de humedad                      | 4                    |
| <b>Total</b>                             | <b>100</b>           |

De acuerdo con los resultados podemos decir que en el proceso de extrusión y prensado se obtienen rendimientos considerables, donde las mayores pérdidas son por descascarillado, esto en el caso de utilizar soya entera. La pérdida de humedad es algo deseable, puesto que entre menos humedad tenga la harina de soya, tendrá una mayor estabilidad microbiológica y menor tendencia a la lipoxidación siempre y cuando reciba un manejo adecuado.

### 4.2 FORMULACIÓN DEL PRODUCTO

Se realizó una sustitución de 6% de harina de soya en la harina de maíz nixtamalizada con base en investigaciones previas realizadas en México (Revista Peninsular, 1998), ya que se determinó que esta concentración no mostraba el sabor característico de la soya y tenía un mínimo efecto en la textura de las tortillas. Esta concentración fue elegida también debido a que aumenta significativamente la calidad proteica, como se muestra más adelante.

Si bien es cierto la sustitución con harina de soya parcialmente desgrasada aumenta los costos del producto, el uso de harina obtenida por extrusión y prensado reduce la

presencia de sabores indeseables debido a las altas temperaturas de procesamiento, así como la renuencia de los consumidores hacia productos que han sido procesados con solventes. Al momento de reconstituir la mezcla para obtener masa para tortillas o productos afines, no es necesario realizar cambios en la cantidad de agua que se agrega normalmente, esto fue también confirmado por la persona a cargo de elaborar las tortillas para las pruebas de aceptación (Guillén, 2004). Industrialmente será sencillo elaborar la mezcla utilizando dosificadores de harina de soya en la línea de producción de la harina nixtamalizada.

### 4.3 CARACTERIZACIÓN DEL PRODUCTO

#### 4.3.1 Análisis químico proximal

En el Cuadro 9 se muestran los resultados del análisis químico proximal de la harina de maíz con soya. Se promediaron los resultados de dos repeticiones de estos análisis.

**Cuadro 9. Composición química de la harina.**

| Componente        | g/100g                      |                |                |
|-------------------|-----------------------------|----------------|----------------|
|                   | Harina de maíz<br>+ 6% soya | Harina de maíz | Harina de soya |
| Humedad           | 9.74 ± 0.15                 | 9.60           | 7.26           |
| Carbohidratos     | 74.45 ± 0.39                | 77.89          | 30.92          |
| Proteína          | 8.98 ± 0.13                 | 6.41           | 47.56          |
| Extracto etéreo   | 3.69 ± 0.07                 | 3.44           | 5.68           |
| Ceniza            | 1.48 ± 0.06                 | 1.21           | 6.18           |
| Fibra cruda       | 1.70 ± 0.02                 | 1.45           | 2.40           |
| Actividad de agua | 0.556 ± 0.003               | -              | -              |

La humedad y la actividad de agua de la mezcla fueron bajas y favorables para mantener la estabilidad del producto, ya que valores de actividad de agua menores a 0.6 no favorecen el crecimiento de microorganismos. El contenido de proteína de la mezcla aumentó en un 1.5% aproximadamente con respecto a la harina de maíz nixtamalizada, debido a que la harina de soya contiene casi 48% de proteína vs. 6.41% de la harina de maíz. En el caso del extracto etéreo, la cantidad de grasa de la mezcla también aumentó debido a que la harina de soya parcialmente desgrasada contiene más grasa que la harina de maíz. De la misma manera hubo un aumento en la cantidad de cenizas. Los carbohidratos totales y la fibra cruda se reportaron en 74.45% y 1.7% respectivamente.

### 4.3.2 Análisis físicos

Los resultados de los análisis físicos se muestran en el Cuadro 10 como promedio de 2 repeticiones. El perfil granulométrico del producto se muestra posteriormente en el Cuadro 11.

**Cuadro 10. Características físicas de la harina de maíz con 6% de soya.**

| Característica física | Media± desviación estándar | Estándar medido en MASECA |
|-----------------------|----------------------------|---------------------------|
| Color de la harina    |                            |                           |
| L                     | 84.08 ± 0.19               | 84.95 ± 0.12              |
| a                     | 1.00 ± 0.08                | 0.64 ± 0.04               |
| b                     | 13.02 ± 0.08               | 12.47 ± 0.10              |

**Cuadro 11. Perfil granulométrico del producto**

| Mesh                    | Distribución de tamaño de partículas (%) |     |     |     |     |      |      |      |      |      |      |
|-------------------------|--|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
|                         | 18                                       | 20  | 30  | 35  | 40  | 60   | 80   | 100  | 120  | 200  | <200 |
| Harina de maíz con soya | 0.2                                      | -   | 0.4 | -   | 1.0 | 45.2 | 39.5 | 2.6  | -    | 11.1 | 0.2  |
| Harina para tortillas*  | -  | 0.5 | -   | 2.4 | -   | 29.7 | 36.8 | 14.2 | 11.2 | 5.9  | -    |

\*Fuente: Lusas y Rooney, 2000.

La harina tiene un color levemente menos blanco, más rojo y menos amarillo que la harina de maíz nixtamalizada comercial (Cuadro 11). Esta diferencia en color es debida a la presencia de la harina de soya, la cual es de un color pardo; sin embargo esta diferencia fue un atributo deseable en el análisis sensorial de aceptación. La granulometría del prototipo se ajustó a las del estándar de harina para tortillas, donde la mayor parte de las partículas se encuentran entre 60 y 80 partículas por pulgada cuadrada (*mesh*). Se pudo notar la presencia de partículas de 35 mesh, lo cual puede ser corregido mediante un mejor molido de la torta de soya al elaborar la harina para incorporarla al producto final.

## 4.4 ESTUDIO DE VIDA ÚTIL

Los resultados de los análisis realizados en el estudio de vida útil se muestran en el Cuadro 12, en donde se promediaron las dos réplicas para cada muestreo.

No se observó un incremento significativo en el contenido de humedad de la harina de maíz con 6% de soya durante el periodo que se evaluó el producto, lo que indica que el empaque fue adecuado. Se notó un incremento en la actividad de agua de la semana 0 a la 4, a partir de donde este parámetro se mantuvo estadísticamente igual. El aumento significativo en la actividad de agua pudo haber sido producido por un defecto en el sello de la bolsa, lo que permitió que la harina buscara estabilizar su presión de vapor con el

ambiente. A pesar de la diferencia estadísticamente significativa, el aumento no fue del nivel suficiente para promover la proliferación de microorganismos. Los resultados de los análisis microbiológicos a lo largo del estudio se muestran en el Cuadro 13.

**Cuadro 12. Cambios en contenido de humedad y actividad de agua en la harina fortificada durante el almacenamiento**

| <b>Componente</b> | <b>Semana 0</b>            | <b>Semana 4</b>            | <b>Semana 8</b>            | <b>Semana 12</b>           |
|-------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Humedad %         | 9.74 <sup>a</sup> ± 0.15   | 9.80 <sup>a</sup> ± 0.04   | 9.84 <sup>a</sup> ± 0.05   | 9.90 <sup>a</sup> ± 0.12   |
| Actividad de agua | 0.556 <sup>a</sup> ± 0.003 | 0.568 <sup>b</sup> ± 0.004 | 0.574 <sup>b</sup> ± 0.001 | 0.572 <sup>b</sup> ± 0.005 |

Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias (p<0.05).

**Cuadro 13. Cambios en carga microbiológica en la harina fortificada durante el almacenamiento**

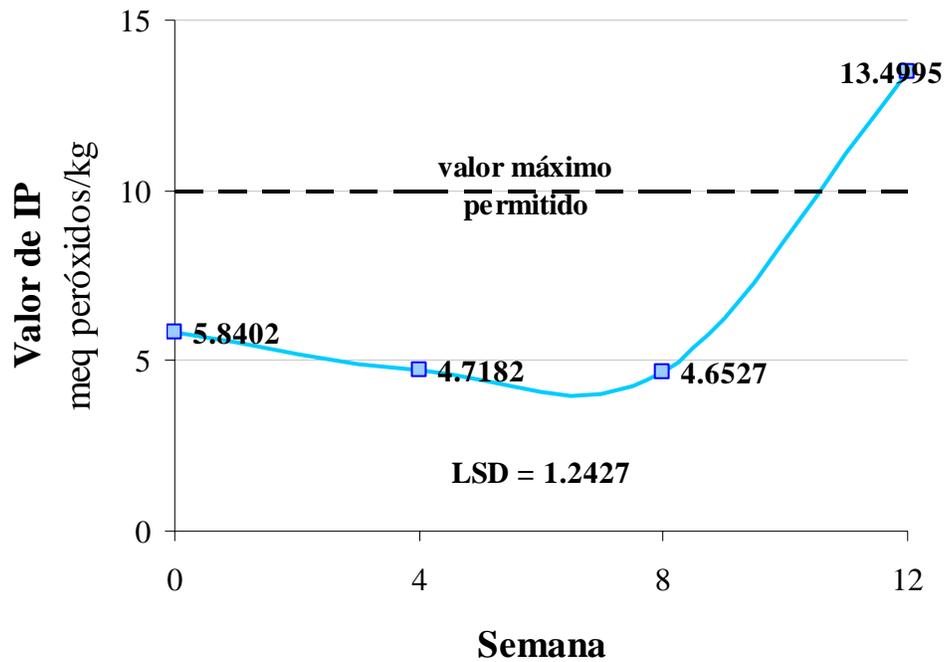
| <b>Análisis microbiológico</b>       | <b>Medias<sup>1</sup> UFC/g</b>  |                                  |                                    |                                  | <b>Límite<sup>2</sup><br/>UFC/g</b> |
|--------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------------|-------------------------------------|
|                                      | <b>Semana 0</b>                  | <b>Semana 4</b>                  | <b>Semana 8</b>                    | <b>Semana 12</b>                 |                                     |
| Recuento total de mesófilos aerobios | 4 <sup>a</sup> x 10 <sup>2</sup> | 2 <sup>b</sup> x 10 <sup>2</sup> | 4.5 <sup>a</sup> x 10 <sup>2</sup> | 5 <sup>a</sup> x 10 <sup>2</sup> | 10 <sup>5</sup>                     |
| Recuento total de mohos y levaduras  | 4 <sup>a</sup> x 10              | 4 <sup>a</sup> x 10              | 1 <sup>b</sup> x 10                | 2 <sup>b</sup> x 10              | 10 <sup>4</sup>                     |
| Recuento total de coliformes         | <1 x 10 <sup>4</sup>             | <1 x 10 <sup>4</sup>             | <1 x 10 <sup>4</sup>               | <1 x 10 <sup>4</sup>             | 10 <sup>2</sup>                     |

<sup>1</sup>Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias (p <0.05).

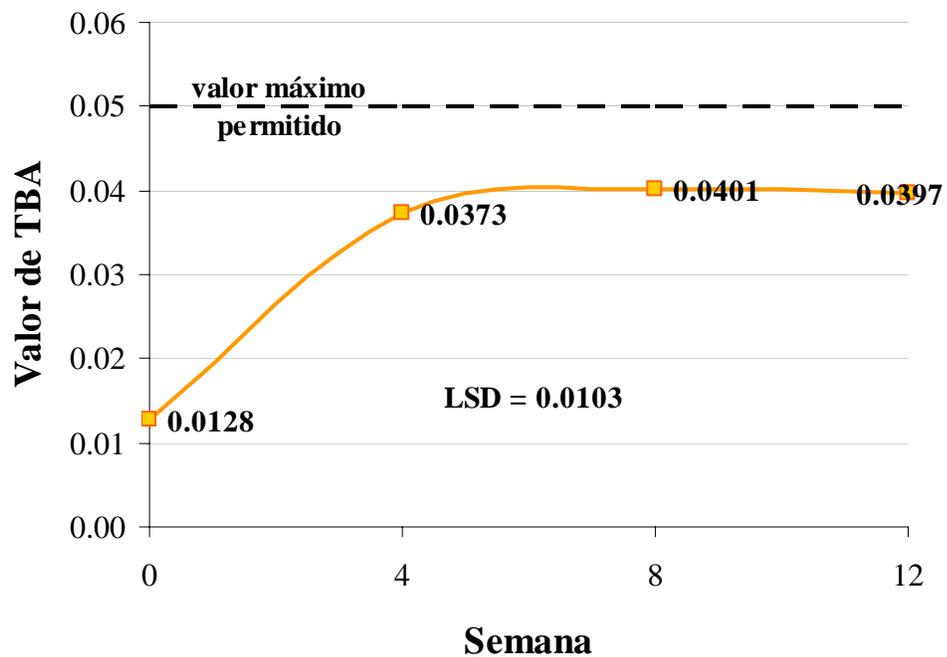
<sup>2</sup>Fuente: Comisión Guatemalteca de Normas (2000).

Las diferencias encontradas en la semana 4 para mesófilos aerobios muestran un dato fuera de tipo, mientras que las diferencias en las semanas 8 y 12 para mohos y levaduras, muestran un posible error experimental. Sin embargo, en todos los muestreos los recuentos se mantuvieron muy por debajo del límite permitido, por lo que se puede considerar que el producto es inocuo y tiene muy buena estabilidad microbiológica.

Los resultados de los análisis de enranciamiento no enzimático durante el almacenamiento se muestran en las Figuras 1 y 2 y en el Anexo 3.



**Figura 1. Cambios en la concentración de peróxidos causados por enranciamiento no enzimático de la harina de maíz con 6% de soya durante el almacenamiento.**

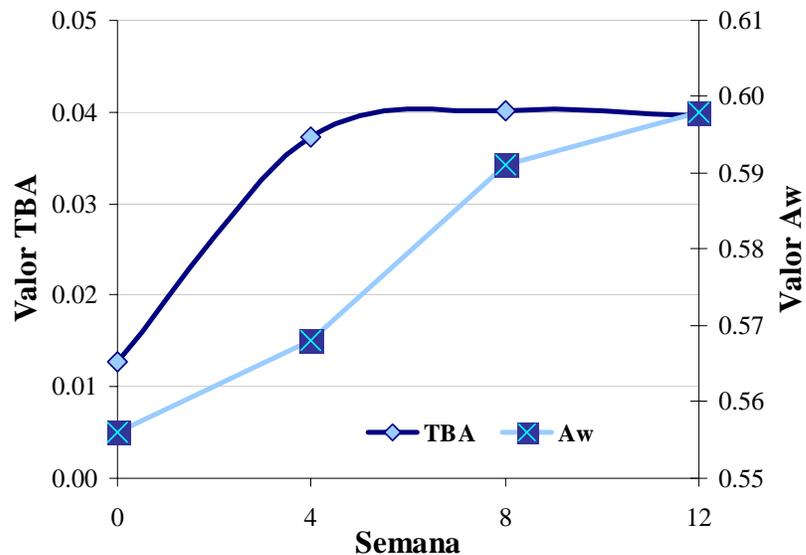


**Figura 2. Cambios en la concentración de malonaldehído (valor de TBA) causados por enranciamiento no enzimático de la harina de maíz con 6% de soya durante el almacenamiento.**

Para el índice de peróxidos no aumentó significativamente en las primeras 8 semanas de almacenamiento. A partir de ahí se observó un aumento significativo en la concentración de peróxidos en la harina hasta sobrepasar el límite máximo establecido por el Codex Alimentarius (1989) de 10 meq de peróxido/kg durante la semana 12. Por otro lado, la concentración de malonaldehído mostró un aumento estadísticamente significativo de la semana cero a la semana 4, a partir de donde se presentó un periodo de estabilidad sin diferencias significativas hasta la semana 12. Sin embargo, el valor de TBA nunca superó los límites permitidos según López *et al.* (2000).

En el caso del índice de peróxidos, la tendencia creciente se debió a que los peróxidos son producto de las primeras etapas de oxidación, mientras que el malonaldehído es un producto secundario y esto explica que los valores se mantuvieran estables y por debajo del nivel máximo permitido. El aumento aparente de la semana cero a la 4 en el valor de TBA pudo deberse a un error de medición en la semana cero debido al reactivo utilizado, que probablemente estaba en malas condiciones y no mostró el cambio de color característico.

Se puede aseverar entonces que desde el punto de vista de estabilidad de grasas el producto tuvo una vida útil de ocho semanas (con base en el índice de peróxidos); sin embargo debe verificarse este valor en la harina de maíz sin mezclar ya que ésta representa la mayor parte del producto y su calidad tendrá una influencia directa en sus características finales.



**Figura 3. Comparación de los niveles de malonaldehído (TBA) y actividad de agua (Aw) durante el almacenamiento de la harina de maíz con 6% de soya parcialmente desgrasada.**

Se detectó una correlación significativa y positiva (84.7%) entre el valor de TBA y la actividad de agua (Figura 3). El aumento en la actividad de agua de la harina estuvo relacionado con el aumento en el valor de TBA en la grasa del producto. Entre todos los demás parámetros donde se esperaba alguna correlación no se encontraron coeficientes de correlación significativos (no mayores a 47%), por lo que no se puede afirmar que la humedad o la actividad de agua tuvo influencia en la carga microbiológica a lo largo del tiempo.

## 4.5 EVALUACIÓN SENSORIAL

### 4.5.1 Panel sensorial

Según se muestra en el Cuadro 14, los atributos de la tortilla que recibieron menores calificaciones fueron el sabor y la textura. La calificación baja en sabor se debió a que si bien es cierto la cantidad de soya es poca, existe la presencia de un ligero sabor residual característico. Por otro lado el problema de textura se reflejó en la maleabilidad de las tortillas. Esto posiblemente se debió a la falta de uniformidad en su grosor, consecuencia de que fueron elaboradas a mano. Solamente 4 de los 10 panelistas reportaron que fueron capaces de percibir el sabor característico de la soya. Se sugirió una mayor uniformidad en la elaboración en cuanto a grosor, por lo que en las pruebas de aceptación posteriores las tortillas fueron elaboradas por una tortillera de la comunidad de Jicarito. Todos los atributos se mantuvieron con puntuaciones arriba de 7, por lo que se prosiguió con el estudio de aceptación en Zamorano y Jicarito.

**Cuadro 14. Calificación para los atributos evaluados en las tortillas elaboradas con el prototipo de harina por el panel sensorial.**

| <b>Atributo</b> | <b>Media* <math>\pm</math> desviación estándar</b> |
|-----------------|--|
| Aceptación      | 7.7 $\pm$ 0.95                                     |
| Apariencia      | 7.8 $\pm$ 1.03                                     |
| Sabor           | 7.2 $\pm$ 1.23                                     |
| Textura         | 7.3 $\pm$ 1.42                                     |
| Color           | 7.6 $\pm$ 1.58                                     |

\* n = 10

### 4.5.2 Prueba de aceptación en Zamorano y Jicarito

Los resultados de la prueba de aceptación se muestran en el Cuadro 15. En dicho cuadro se muestra que las tortillas elaboradas con la harina fortificada tuvieron un nivel de aceptación significativamente mayor en Jicarito que en Zamorano para todos los

atributos, sin embargo esto es deseable debido a que el producto final estaría dirigido a programas de apoyo a comunidades tal como la merienda escolar. Se obtuvo un valor de chi cuadrado de 6 ( $X^2 > 3.48$ ), para un grado de libertad, lo que confirma una mayor aceptación general en Jicarito.

**Cuadro 15. Calificaciones de la prueba de aceptación de las tortillas elaboradas con la harina fortificada.**

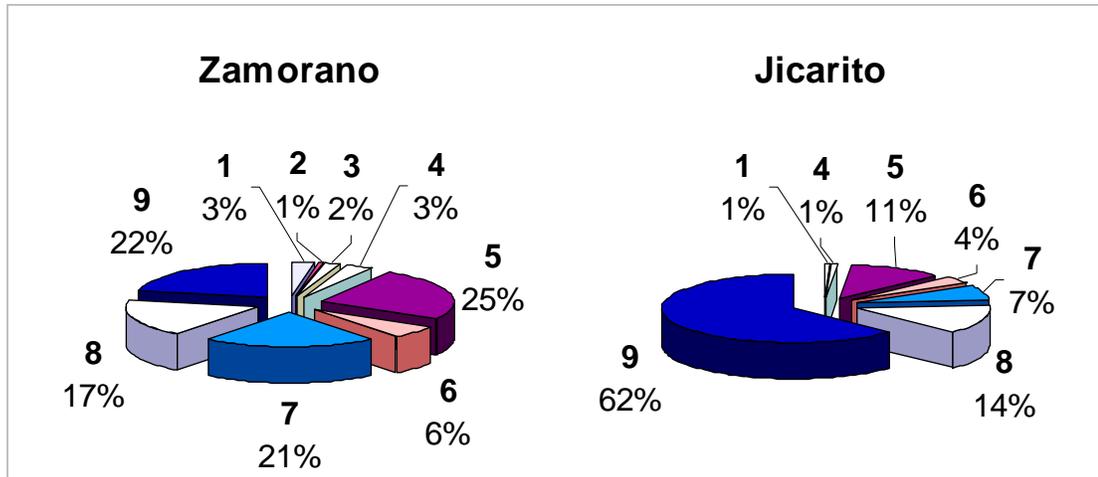
| Atributo   | Media $\pm$ desviación estándar |                            |               |
|------------|---------------------------------|----------------------------|---------------|
|            | Zamorano                        | Jicarito                   | Total         |
| Aceptación | 6.7 <sup>a</sup> $\pm$ 1.9      | 8.1 <sup>b</sup> $\pm$ 1.5 | 7.4 $\pm$ 1.9 |
| Apariencia | 7.0 <sup>a</sup> $\pm$ 1.9      | 8.0 <sup>b</sup> $\pm$ 1.6 | 7.5 $\pm$ 1.9 |
| Sabor      | 6.7 <sup>a</sup> $\pm$ 2.1      | 8.1 <sup>b</sup> $\pm$ 1.7 | 7.4 $\pm$ 2.0 |
| Olor       | 7.0 <sup>a</sup> $\pm$ 2.0      | 7.9 <sup>b</sup> $\pm$ 1.8 | 7.4 $\pm$ 2.0 |
| Textura    | 7.2 <sup>a</sup> $\pm$ 1.9      | 8.1 <sup>b</sup> $\pm$ 1.5 | 7.7 $\pm$ 1.8 |
| Color      | 7.3 <sup>a</sup> $\pm$ 1.9      | 8.2 <sup>b</sup> $\pm$ 1.4 | 7.8 $\pm$ 1.7 |

Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias ( $p < 0.05$ ).

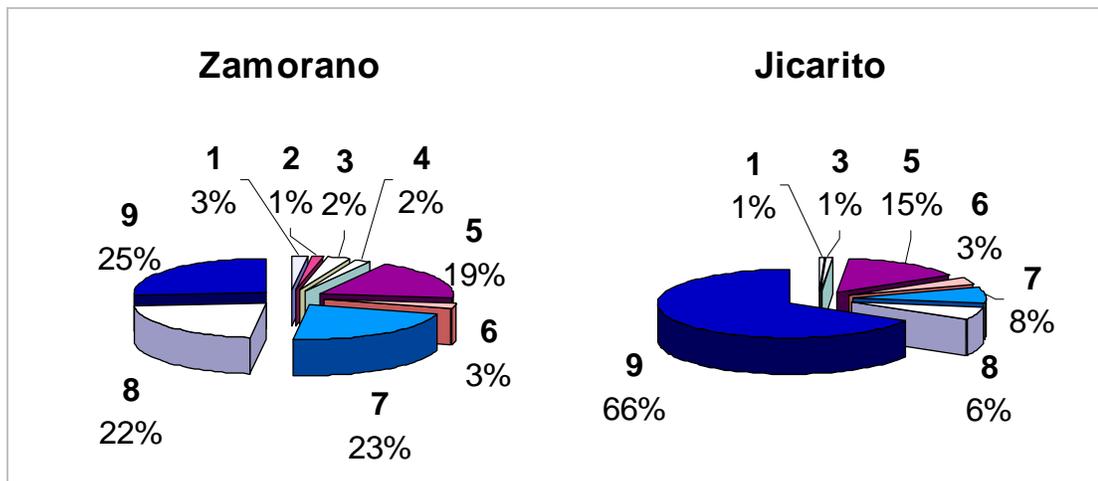
La distribución de frecuencias para cada puntuación otorgada por los panelistas en la escala hedónica de aceptación para cada uno de los atributos por localidad se muestra en las figuras 4 a 9. En dicha escala 1 es el peor y 9 el mejor. En las Figuras 4 a 9 se muestra en negrillas la calificación en la escala y debajo el porcentaje de individuos de cada localidad que asignaron dicha calificación al atributo evaluado.

La distribución de frecuencias de las calificaciones (Figuras 4 a 9), muestra que la mayor parte de los panelistas evaluaron la tortilla como moderadamente aceptable, muy aceptable y extremadamente aceptable (Valores de 7 a 9 en la escala hedónica). En promedio los dos grupos aceptaron el producto en un 72%, donde el mejor atributo fue el color (81%) y el que recibió menor calificación fue el sabor (72%); todos los demás atributos tuvieron niveles de aceptación mayores a 75%.

Para el caso específico de Zamorano, la aceptación general fue de 61%, donde el atributo con mayor calificación fue el color (77%) y el que recibió menor calificación fue el sabor (62%); todos los demás atributos tuvieron niveles de aceptación mayores a 67%. A pesar de que la mayoría de atributos tuvieron porcentajes de aceptación menores a 75%, se consideran buenos, en especial si se toma en cuenta que los estudiantes en Zamorano son un poco renuentes al consumo de tortillas de maíz y que dichos niveles se mantuvieron siempre arriba de 60%. También se pudo observar que los estudiantes de Zamorano son más sensibles al percibir el sabor característico de la soya, probablemente por factores culturales y educativos.

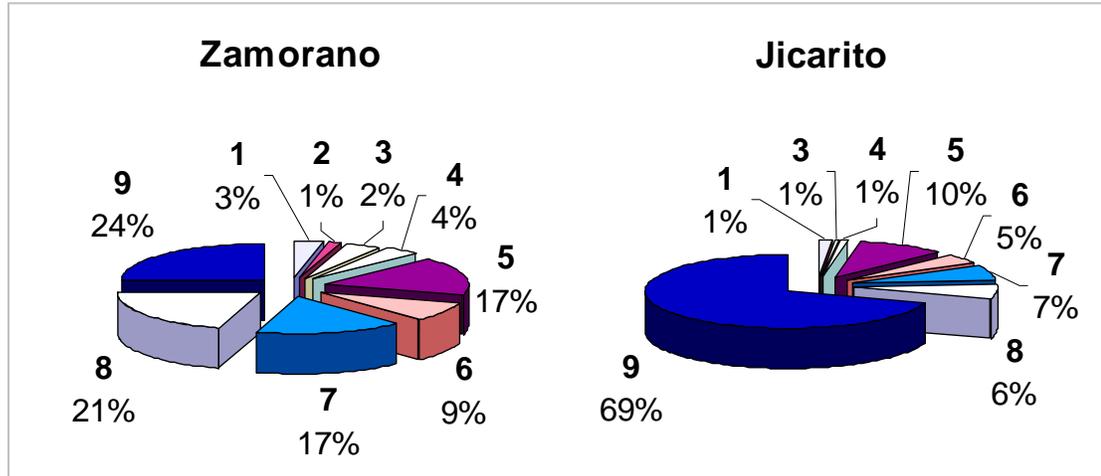


**Figura 4. Distribución de frecuencias de aceptabilidad general de las tortillas elaboradas con la harina fortificada en Zamorano y Jicarito.**

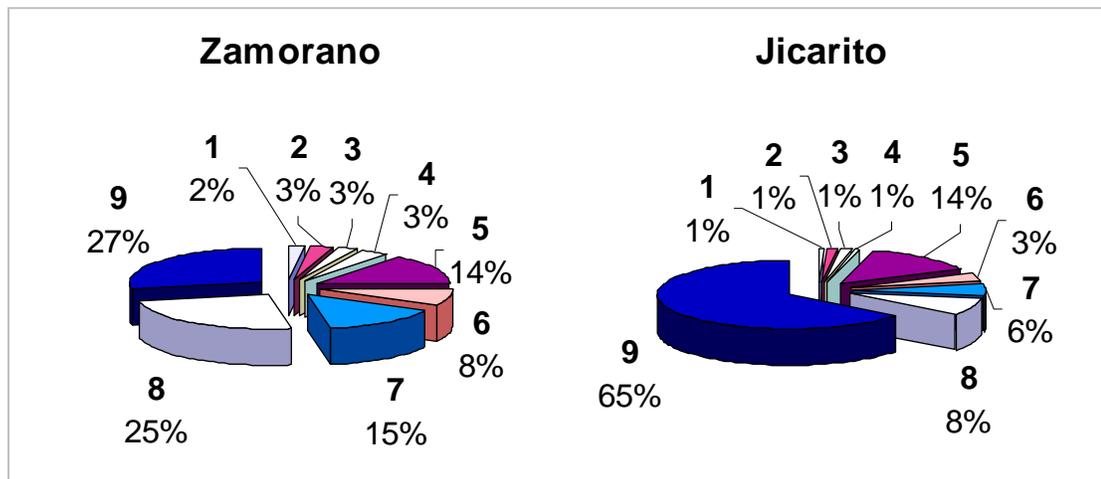


**Figura 5. Distribución de frecuencias de aceptabilidad de la apariencia de las tortillas elaboradas con la harina fortificada en Zamorano y Jicarito.**

Por otra parte, en Jicarito la aceptación general fue de 83%, donde el atributo con mayor calificación fue el color (85%) y el que recibió menor calificación fue el olor (79%); todos los demás atributos tuvieron niveles de aceptación mayores a 81%. Se puede aseverar entonces que el producto fue aceptable en esta comunidad ya que todos los atributos tuvieron calificaciones en la escala de 7 a 9 sobre 9 en más de 75%. Se debe notar también que los panelistas en Jicarito asignaron un valor de 9 en un 62 a 69% para todos los atributos, lo que puede denotar por una parte anuencia al producto pero por otra patía a contestar la encuesta con detalle.

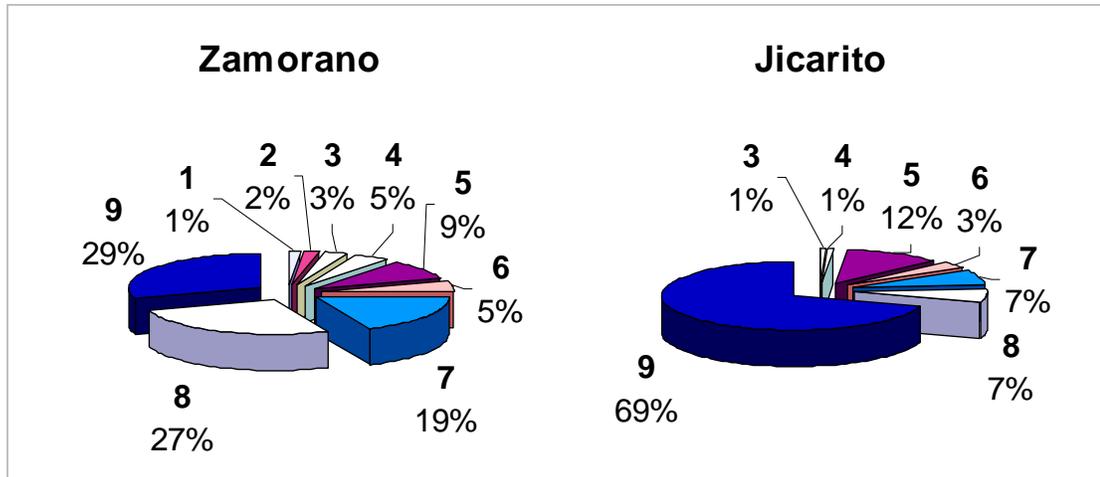


**Figura 6. Distribución de frecuencias de aceptabilidad del sabor de las tortillas elaboradas con la harina fortificada en Zamorano y Jicarito.**

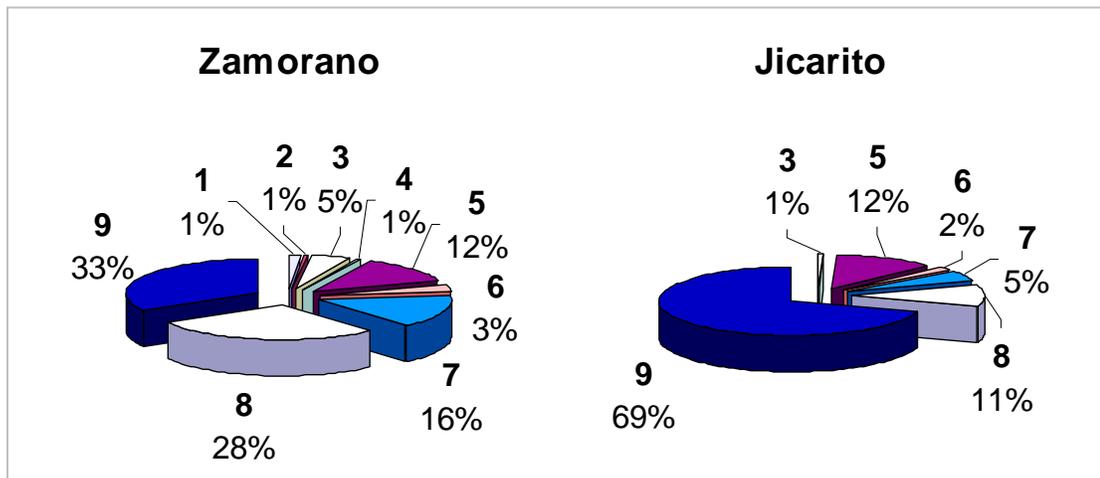


**Figura 7. Distribución de frecuencias de aceptabilidad del olor de las tortillas elaboradas con la harina fortificada en Zamorano y Jicarito.**

Es interesante notar cómo los habitantes de esta comunidad percibieron el olor como el atributo menos aceptable, mientras que tanto en Zamorano como en Jicarito el mejor atributo fue el color. Esto pudo haberse debido a que la harina mezclada tiene un color ligeramente más rojo y amarillo que la harina de maíz nixtamalizada comercial (como se mostró previamente), lo que finalmente pudo haber producido un color que asemejaba al de la tortilla elaborada con nixtamal.



**Figura 8. Distribución de frecuencias de aceptabilidad de la textura de las tortillas elaboradas con la harina fortificada en Zamorano y Jicarito.**



**Figura 9. Distribución de frecuencias de aceptabilidad del color de las tortillas elaboradas con la harina fortificada en Zamorano y Jicarito.**

#### 4.6 ANÁLISIS DE COSTOS DEL PRODUCTO

Los costos de los ingredientes por kg de producto final se detallan en el Cuadro 16.

El ingrediente de mayor costo fue la harina de maíz nixtamalizado, debido a que constituye la mayor parte del producto. La harina de soya parcialmente desgrasada representó el 13.85% de los costos variables. Sin embargo, solo hay incremento de 9% en precio final en contraste con el aumento en calidad de proteína que es de 44% (ver Anexo 4).

**Cuadro 16. Costos variables de la harina por kg, con base en precios comerciales en dólares americanos y lempiras.**

| <b>Ingrediente</b>             | <b>Costo (US\$)</b> | <b>Costo (L.)</b> | <b>% Total de costos variables</b> |
|--------------------------------|---------------------|-------------------|------------------------------------|
| Harina de soya baja en grasa   | 0.06                | 1.08              | 13.85                              |
| Harina de maíz nixtamalizado   | 0.37                | 6.74              | 86.15                              |
| <b>Totales</b>                 | <b>0.43</b>         | <b>7.82</b>       | <b>100.00</b>                      |
| Costo harina de maíz/kg        | 0.39                | 7.17              |                                    |
| Incremento porcentual en costo | 9.07                | 9.07              |                                    |

## 5. CONCLUSIONES

- La fortificación de la harina de maíz con soya aumentó significativamente los niveles de grasa, fibra, ceniza y proteína, en el caso de ésta última no solamente en cantidad sino más pronunciadamente en calidad.
- El perfil granulométrico de la harina se ajustó al patrón de comparación, la harina para tortillas de maíz; mientras que el color se tornó ligeramente más oscuro, amarillo y rojo.
- La harina fortificada tuvo incrementos significativos en la actividad de agua y oxidación de grasas limitando su vida útil a 8 semanas bajo las condiciones del estudio.
- La harina fortificada mostró ser un producto inocuo para el consumidor a nivel microbiológico debido a los bajos conteos registrados en el estudio de vida útil.
- Las tortillas elaboradas con la harina fortificada tuvieron un alto nivel de aceptación por estudiantes adultos tanto en el área rural como universitaria.
- El producto final mostró un aumento significativo en costo (9.07%) en comparación a la harina de maíz nixtamalizado, sin embargo el aumento principalmente en calidad de proteína justifica el costo adicional.

## 6. RECOMENDACIONES

- Evaluar preservantes de flexibilidad para este producto, como carboxi metil celulosa (CMC) con el fin de mejorar la textura de las tortillas.
- Realizar un análisis financiero del establecimiento de una planta de extrusión y prensado local para minimizar costos al utilizar la harina de soya parcialmente desgrasada en proyectos nacionales de desarrollo.
- Asegurar el molido uniforme de la harina de soya mediante tamices.
- Evaluar el contenido nutricional y la rancidez oxidativa de cada uno de los ingredientes de la formulación antes de mezclarlos para predecir su contribución en los valores de los análisis y si existen diferencias en estabilidad dentro de la matriz del alimento, en especial en el caso de vida útil.
- Evaluar el producto en la elaboración de otros alimentos tales como tamales, pupusas, *snacks*, etc.
- Realizar pruebas de aceptación a mayor escala, en la zona urbana y con otros alimentos además de tortillas así como probando la tortilla con acompañamiento.
- Realizar estudios de vida útil en la tortilla elaborada con el producto, comparándola con una tortilla elaborada con la harina de maíz nixtamalizado comercial.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Alvídrez-Morales, A.; González-Martínez, B.; Jiménez-Salas, Z. 2002. Tendencias en la producción de alimentos: Alimentos funcionales (en línea). Consultado 20 Nov. 2003. Disponible en [http://www.uanl.mx/publicaciones/respyn/iii/3/ensayos/alimentos\\_funcionales.html](http://www.uanl.mx/publicaciones/respyn/iii/3/ensayos/alimentos_funcionales.html)

AOAC (Association of Official Analytical Chemistry). 1997. Methods of Analysis of the AOAC International. 3 ed. Volumen II, Maryland. USA.

Asociación Americana de la Soya. (2000). Efecto de la soya en la salud (en línea). Consultado 3 Mayo 2004. Disponible en <http://www.ag.uiuc.edu/~asala/espanol/market/salud.htm>

Bancomext. 2001. Definición de vida útil (en línea). Consultado 2 Jun 2004. Disponible en [www.bancomext.com/Bancomext/aplicaciones/glosario/nvglosario.jsp?seccion=182&letra=v](http://www.bancomext.com/Bancomext/aplicaciones/glosario/nvglosario.jsp?seccion=182&letra=v)

Calvo, D. 2003. La soja: valor dietético y nutricional (en línea). Consultado 3 Mayo 2004. Disponible en [http://www.diodora.com/documentos/nutricion\\_soja.htm](http://www.diodora.com/documentos/nutricion_soja.htm)

Comisión Guatemalteca de Normas. 2000. Normas Guatemaltecas para alimentos COGUANOR.

Fajardo, M.; Flores, M.; Romero, L.; Palma, A. 2001. Aceptabilidad de tortillas elaboradas a base de maíz + soya en tres comunidades del oriente de Guatemala (en línea). Consultado 4 Feb. 2004. Disponible en <http://benson.byu.edu/Members/cflores/Relan/Vol1.4/1.4.4/view>

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1989. Codex Alimentarius (en línea). Consultado 24 Nov. 2003. Disponible en [http://www.codexalimentarius.net/web/index\\_en.jsp](http://www.codexalimentarius.net/web/index_en.jsp)

FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 1993. El maíz en la nutrición humana (en línea). Consultado 24 Nov. 2003. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/T0395S/T0395S00.htm#Contents>

Figuroa, *et al.* 2001. Fortificación y evaluación de tortillas de nixtamal (en línea). Consultado 20 Mayo 2004. Disponible en [http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0004-06222001000300013&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222001000300013&lng=es&nrm=iso)

Gilbert, M. 2003. Virtues of soy: A practical health guide and cookbook (en línea). Consultado 5 Nov. 2003. Disponible en <http://www.geocities.com/virtuesofsoy/health-benefits.html>

Guillén, L. 2004. Elaboración de tortillas con harina fortificada. Comunicación personal. 20 Jun. 2004. Jicarito, Fco. Morazán, Honduras.

Instituto SAS Inc. 1998. SAS/STAT; <sup>TM</sup>User's Guide, Release 6.03 Edition. Cary, N.C. EE.UU.

INTSOY. 2000. Extrusion cooking and oil expelling (en línea). Consultado 24 Abr. 2004. Disponible en <http://www.ag.uiuc.edu/~intsoy/extrusn.htm>

Jakush, E. 2002. E2 (E/E: Extrusion/Expelling) (en línea). Consultado 3 Mayo 2004. Disponible en <http://www.pnpi.com/e2.htm>

Lawless, H.; Heymann, H. 1998. Sensory evaluation of food. Principles and practices. New York, NY, EE.UU. Ed. International Thomson Publishing. 819 p.

López, C.; Isabel, B.; Rey, A. 2000. Efecto de la nutrición y del manejo sobre la calidad de grasa en el cerdo (en línea). Consultado 25 Ago. 2004. Disponible en <http://www.etsia.upm.es/fedna/captulos/99CAP9.pdf>

Lusas, E.; Rooney, L. 2000. Snack Foods Processing. Boca Ratón, Florida. CRC Press. 639 p.

Meilgaard, M.; Civille, G.; Carr, B. 1999. Sensory evaluation techniques. 3 ed. Boca Ratón, Florida. CRC Press Inc. 387 p.

Nutrition Data. 2004. Nutrition facts (en línea). Consultado 22 Mayo 2004. Disponible en <http://www.nutritiondata.com/facts-001-02s03fw.html>

Resurrection, A. 1998. Consumer sensory testing for product development. Gaithersburg, Maryland, EE.UU. Aspen Publishers Inc. 254 p.

Revista Peninsular. 1998. La tortilla perfecta (en línea). Consultado 19 Nov. 2003. Disponible en <http://www.larevista.com.mx/ed469/nota10.htm>

Soyfoods Association of North America. 2002. Soy flour (en línea). Consultado 19 Nov. 2003. Disponible en [http://www.soyfoods.org/facts/soy\\_flour.pdf](http://www.soyfoods.org/facts/soy_flour.pdf)

Taub, I.; Singh, R. 1998. Food storage stability. Boca Ratón, Florida. CRC Press. 539 p.

Weingartner. K. 1996. Soybean utilization: soybean crushing (en línea). Consultado 25 Abr. 2004. Disponible en <http://www.ag.uiuc.edu/archives/experts/utilization/1997/0132.html>

WISHH (World Initiative for Soy in Human Health). 2003. Commercial uses for soy and soy foods (en línea). USA. Consultado 3 junio 2004. Disponible en <http://www.wishh.org/development/commercial.html>

## **8. ANEXOS**

### Anexo 1. Formato para la evaluación sensorial con el panel sensorial

Tortilla de maíz con harina de soya parcialmente desgrasada

Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre: \_\_\_\_\_

Instrucciones: Por favor enjuague su boca antes de empezar. Evalúe el producto que está frente a usted, obsérvelo y Pruébalo.

1. Considerando todas las características del producto indique su grado medio de aceptación marcando el cuadro correspondiente:

|                           |                          |                          |                                 |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada<br>muchísimo |                          |                          | No me gusta,<br>ni me desagrada |                          |                          |                          |                          | Me gusta<br>muchísimo    |                          |

2. Evalúe indicando cuánto le gustan o le desagradan los siguientes atributos del producto. Marque el cuadro que represente su respuesta y por favor haga sus comentarios abajo.

#### APARIENCIA

|                           |                          |                          |                                 |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada<br>muchísimo |                          |                          | No me gusta,<br>ni me desagrada |                          |                          |                          |                          | Me gusta<br>muchísimo    |                          |

---

#### SABOR

|                           |                          |                          |                                 |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada<br>muchísimo |                          |                          | No me gusta,<br>ni me desagrada |                          |                          |                          |                          | Me gusta<br>muchísimo    |                          |

---

#### TEXTURA

|                           |                          |                          |                                 |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada<br>muchísimo |                          |                          | No me gusta,<br>ni me desagrada |                          |                          |                          |                          | Me gusta<br>muchísimo    |                          |

---

#### COLOR

|                           |                          |                          |                                 |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Me desagrada<br>muchísimo |                          |                          | No me gusta,<br>ni me desagrada |                          |                          |                          |                          | Me gusta<br>muchísimo    |                          |

---

## Anexo 2. Formato para la prueba de aceptación en el comedor de Zamorano y Jicarito

### Prueba de Aceptación de Tortilla de Maíz con Harina de Soya Parcialmente desgrasada

Considerando todas las características del producto indique cuánto le gusta o le desagrada marcando el cuadro correspondiente:

|                           |                          |                          |                          |                                 |                          |                          |                          |                          |  |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| Me desagrada<br>muchísimo |                          |                          |                          | No me gusta,<br>ni me desagrada |                          |                          |                          | Me gusta<br>muchísimo    |  |

Comentarios (opcional):

---



---

Por favor evalúe los siguientes parámetros.

APARIENCIA

|                           |                          |                          |                          |                                 |                          |                          |                          |                          |  |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| Me desagrada<br>muchísimo |                          |                          |                          | No me gusta,<br>ni me desagrada |                          |                          |                          | Me gusta<br>muchísimo    |  |

SABOR

|                           |                          |                          |                          |                                 |                          |                          |                          |                          |  |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| Me desagrada<br>muchísimo |                          |                          |                          | No me gusta,<br>ni me desagrada |                          |                          |                          | Me gusta<br>muchísimo    |  |

OLOR

|                           |                          |                          |                          |                                 |                          |                          |                          |                          |  |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| Me desagrada<br>muchísimo |                          |                          |                          | No me gusta,<br>ni me desagrada |                          |                          |                          | Me gusta<br>muchísimo    |  |

TEXTURA

|                           |                          |                          |                          |                                 |                          |                          |                          |                          |  |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| Me desagrada<br>muchísimo |                          |                          |                          | No me gusta,<br>ni me desagrada |                          |                          |                          | Me gusta<br>muchísimo    |  |

COLOR

|                           |                          |                          |                          |                                 |                          |                          |                          |                          |  |
|---------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>        | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |  |
| Me desagrada<br>muchísimo |                          |                          |                          | No me gusta,<br>ni me desagrada |                          |                          |                          | Me gusta<br>muchísimo    |  |

**¡GRACIAS POR SU COLABORACION!**

**Anexo 3. Cambios en la concentración de peróxidos y malonaldehído causados por enranciamiento no enzimático de la harina de maíz con 6% de soya durante el almacenamiento.**

| Análisis                              | Medias <sup>1</sup> ± desviación estándar |                              |                              |                              |
|---------------------------------------|---|------------------------------|------------------------------|------------------------------|
|                                       | Semana 0                                  | Semana 4                     | Semana 8                     | Semana 12                    |
| Indice de peróxidos (meq peróxido/kg) | 5.77 <sup>a</sup> ± 0.36                  | 4.72 <sup>a</sup> ± 0.65     | 4.65 <sup>a</sup> ± 0.004    | 13.50 <sup>b</sup> ± 0.50    |
| Acido tiobarbitúrico (TBA/mg)         | 0.0128 <sup>a</sup> ± 0.0069              | 0.0373 <sup>b</sup> ± 0.0009 | 0.0401 <sup>b</sup> ± 0.0021 | 0.0397 <sup>b</sup> ± 0.0015 |

<sup>1</sup>Medias con letras diferentes en la misma fila indican diferencias (p < 0.05).

**Anexo 4. Cálculo de la calificación de aminoácidos corregida para digestibilidad de proteína (PDCAAS por sus sigas en inglés) en la harina de maíz con 6% de soya parcialmente desgrasada (HMS).**

| Aminoácido Esencial     | mg/g proteína |     |    |     | mg/ g proteína x factor de digestibilidad |           |            | Proporción del Estándar |              |              |
|-------------------------|---------------|-----|----|-----|---|-----------|------------|-------------------------|--------------|--------------|
|                         | Estándar      | HM  | HS | HMS | HM(0.85)                                  | HS (0.98) | HMS (0.89) | HM                      | HS           | HMS          |
| Triptófano              | 11            | 7   | 13 | 9   | 6   | 13        | 8          | 0.541                   | 1.158        | 0.721        |
| Treonina                | 34            | 38  | 40 | 39  | 32  | 39        | 34         | 0.95                    | 1.153        | 1.011        |
| Isoleucina              | 28            | 36  | 44 | 39  | 31  | 43        | 34         | 1.093                   | 1.54         | 1.225        |
| Leucina                 | 66            | 123 | 74 | 107 | 105                                       | 73        | 96         | 1.584                   | 1.099        | 1.448        |
| Lisina                  | 58            | 28  | 61 | 38  | 24  | 60        | 34         | 0.41                    | 1.031        | 0.591        |
| Metionina + Cisteina    | 25            | 39  | 27 | 35  | 33  | 26        | 31         | 1.326                   | 1.058        | 1.253        |
| Fenilalanina + Tirosina | 63            | 90  | 82 | 87  | 77  | 80        | 78         | 1.214                   | 1.276        | 1.235        |
| Valina                  | 35            | 51  | 46 | 49  | 43  | 45        | 44         | 1.239                   | 1.288        | 1.256        |
| Histidina               | 19            | 31  | 25 | 29  | 26  | 25        | 26         | 1.387                   | 1.289        | 1.363        |
| <b>PDCAAS</b>           |               |     |    |     |   |           |            | <b>0.41</b>             | <b>1.031</b> | <b>0.591</b> |