

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

**FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y
AGROINDUSTRIA**

**DETERMINACIÓN DE LAS CONDICIONES TÉCNICAS PARA LA
ELABORACIÓN DE UN SNACK DE MAÍZ ENRIQUECIDO CON
SOYA A ESCALA INDUSTRIAL**

**PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
AGROINDUSTRIAL**

PÉREZ SILVA ANA VERÓNICA
anitaperez_s@hotmail.com

DIRECTOR: ING. OSWALDO ACUÑA
oacuña@epn.edu.ec

QUITO, MARZO 2009

DECLARACIÓN

Yo PÉREZ SILVA ANA VERÓNICA, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo (cedemos) mis (nuestros) derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

PÉREZ SILVA ANA VERÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Ana Verónica Pérez Silva, bajo mi supervisión.

Ing. Oswaldo Acuña
DIRECTOR DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ayudarme a comprender que no existen los fracasos tan solo los errores y que de ellos debemos aprender para avanzar y lograr el triunfo tan anhelado ya que los momentos malos que tiene la vida el tiempo los recompensa.

A mis padres por la paciencia tan grande que me han tenido, el amor incondicional que me han brindado y por enseñarme que la riqueza no lo da todo en esta vida, lo que te hace crecer son las ganas de salir adelante, los propósitos y las metas que uno se traza y que no solo dependen de lo material sino también de lo espiritual. A mis hermanas Rosita, Glenda y María Gabriela por ayudarme a comprender que de todas las personas podemos aprender algo. A Erick que ha sido mi soporte en momentos muy difíciles en los que me hizo ver la vida de diferente manera.

Al Ing. Oswaldo Acuña, por el aporte y el apoyo tan grande que me dio a lo largo de todo este proyecto, al Ing. Bolívar Izurieta por el tiempo brindado y a Don Héctor por su ayuda y recomendaciones en la planta piloto.

Al Sr. Nelson Aragón por haberme permitido realizar mi proyecto en su empresa y brindarme todo el apoyo necesario, a todo el personal de la misma por colaborarme sin restricción alguna.

DEDICATORIA

A Dios, porque sé que sin él no se hubiera logrado la ejecución de este proyecto.

A mis padres pilar principal de mi vida, hermanas y amigos por el apoyo constante y el tiempo brindado.

RESÚMEN

En el presente estudio se desarrolló un producto expandido enriquecido con soya, evaluando el impacto que tendría el snack al ser incluido un ingrediente de diferente composición química y nutricional.

Para lograr el enriquecimiento aminoacídico del expandido se definió diferentes niveles de formulación de una mezcla maíz – soya que varió desde 100% maíz, hasta 85% maíz – 15% soya, se evidenció como aminoácido limitante a la lisina, cuyo score aminoacídico corregido pasa de 53,53% a 85,90%.

Las condiciones de trabajo más adecuadas a escala planta piloto que permitieron elaborar el producto expandido fueron: Perfil de temperatura del extrusor: T1= 130, T2= 180, T3= 200, humedad de la mezcla 14%, composición 85% maíz y 15% soya, relación de compresión de tornillo 1:3, diámetro de boquilla 3mm y RPM 200. Se realizó pruebas de densidad (parámetro que refleja la calidad del producto final), relación de expansión, análisis de la actividad ureásica, microbiológicos y nutricionales obteniendo resultados favorables.

A escala industrial el manejo adecuado de las condiciones para elaborar el producto expandido fueron: Humedad de la mezcla: 15%, diámetro de tornillo: 75mm de diámetro, diámetro de boquilla: 1.5 mm, barril del extrusor a temperatura: 160°C, velocidad de corte de cuchillas: 960 RPM, flujo de alimentación: a saturación, velocidad del tornillo del extrusor: 300RPM y composición 88% maíz y 12% soya. Se realizaron las mismas pruebas que en la experimentación anterior para comprobar cuales fueron los cambios que se produjeron en el snack, llegando a la conclusión que en función del aumento de soya en la mezcla el producto expande menos y la densidad crece.

El análisis de aceptabilidad del producto se realizó a consumidores potenciales como son: estudiantes de instrucción primaria, secundaria y nivel superior,

quienes calificaron el 87,6%, 83,3% y el 73,3% respectivamente, al snack formulado con 88% maíz y 12% soya el de mayor grado de gusto.

El análisis de estabilidad del producto se lo realizó durante cuatro meses, almacenado a temperatura ambiente (18°C), en el que se evidenció variaciones en humedad y densidad no significativas.

Los resultados de la caracterización química nutricional del snack enriquecido con soya producido a escala industrial contiene: proteína 10,34%, grasa 16,46% y carbohidratos 68,45% que en relación al snack 100% maíz existe diferencia, es decir se logró incrementar el contenido proteico.

El estudio de factores de costo nos permitió determinar que el snack enriquecido proteicamente con soya representa apenas el 2% de los costos de producción que representaría incluir como producto adicional para ser elaborado en una planta que mantiene una línea de bocadillos expandidos, este valor es relativamente reducido a los beneficios que se obtendría por tener mejores características nutritivas del ya existente.

PRESENTACIÓN

Los productos procesados en la actualidad van en aumento tanto por la dinámica del ritmo de vida que se lleva, por el crecimiento de la población urbana, y por la incorporación de la mujer al campo laboral; para ello los alimentos de fácil preparación permiten la expansión de la industria de comidas rápidas, productos precocidos, congelados, alimentos de consumo final conocidos como snacks o aperitivos en los que se incluyen: frutos secos, galletas, productos de confitería, extruídos, etc.

Las ventajas de los productos elaborados por extrusión son: baja actividad de agua, lo que permite un período de conservación muy prolongado, mejora la digestibilidad y disponibilidad de los diferentes constituyentes, reduce la carga microbiana e inactiva factores antinutricionales, son de bajo costo y de alta versatilidad de operación para elaborar gran variedad de productos tales como: pastas, snacks de cereales listos para comer, bases de sopas, productos derivados de la conversión del almidón, soya texturizada, alimentos para mascotas y otros animales y algunos productos dulces, dentro de la operación no hay efluentes ni desperdicios que tengan que ser manejados o eliminados.

La soya es un alimento muy completo y nutritivo, constituye la legumbre seca de mayor valor energético. Su elevado contenido en proteínas hace de la soya una fuente proteica vegetal de gran interés dietético y nutricional. En cuanto a la grasa, aunque se encuentra en una proporción bastante elevada, los ácidos grasos saturados y monoinsaturados son minoritarios en comparación con los ácidos grasos poliinsaturados que presenta. Además, es uno de los alimentos más ricos en lecitina, lo que facilita su aprovechamiento culinario.

Los snacks 100% maíz son productos inflados que tienen buena acogida por la población infantil, escolar y adulta, sin embargo las características nutricionales de este alimento no son suficientes.

Las proteínas del maíz y de la soya se complementan entre sí debido a la composición de aminoácidos esenciales de cada uno, por esta razón se experimentó la adición de soya al producto para enriquecerlo de manera que no se altere significativamente la textura, estructura y sabor del expandido ya conocido.

INDICE DE CONTENIDOS

DECLARACION	I
CERTIFICACION	II
AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	IV
RESUMEN	V
PRESENTACION	VII
1. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	1
1.1 Producción agrícola y destino del maíz y la soya	1
1.1.1 El maíz amarillo (Zea Mays L.)	1
1.1.2 Valor nutricional	2
1.1.3 Superficie, producción y rendimiento del maíz amarillo	3
1.1.4 Destino de la producción del maíz amarillo	4
1.1.5 Superficie, producción y rendimiento de la soya	5
1.1.6 Destino de la producción de la soya	6
1.2 Soya (Glycine Max) como fuente de proteína	7
1.3 La tecnología de la extrusión	10
1.3.1 Extrusión de Alimentos Expandidos	10
1.3.2 Bocadoillos Expandidos	11
1.3.3 Proceso de Elaboración del Snack por Extrusión	11
1.3.3.1 Pesaje y Mezcla	12
1.3.3.2 Extrusión	12
1.3.3.3 Horneo o Secado	15
1.3.3.4 Saborización Final	16
1.3.3.5 Empaque	19
1.3.4 Métodos de Control de Proceso	19
1.3.5 Variables Importantes de Proceso	21

1.3.5.1	Variables Independientes	21
1.3.5.2	Variables Dependientes	24
1.4	Situación nutricional de escolares	25
2.	MATERIALES Y MÉTODOS	32
2.1	Caracterización de las materias primas	27
2.1.1	Caracterización física	27
2.1.2	Caracterización química nutricional	28
2.2	Determinar la Mezcla de Grits de Maíz – Soya, en Función del Cómputo Aminoacídico	28
2.3	Obtención del Grits de Soya	29
2.4	Determinar las Condiciones de Tostado de la Soya	30
2.5	Determinar las mejores condiciones de operación de extrusión a escala planta piloto	32
2.6	Realizar la extrusión a escala industrial de la mezcla maíz-soya tostada	37
2.7	Análisis de Estabilidad	41
2.8	Análisis de Aceptabilidad	41
2.9	Factores de costo	41
3.	RESULTADO Y DISCUSIÓN	43
3.1	Caracterización de las materias primas	43
3.2	Cómputo Aminoacídico	47
3.3	Obtención de Grits de Soya	48
3.4	Condiciones de Tostado	50
3.5	Extrusión a escala de planta piloto	51
3.6	Extrusión a escala industrial	59
3.7	Análisis de Estabilidad	64
3.8	Análisis de Aceptabilidad	67
3.9	Análisis de factores de costo	69

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	71
4.1 Conclusiones	71
4.2 Recomendaciones	72
BIBLIOGRAFÍA	74
ANEXOS	76

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1: Elementos de un extrusor de un solo tornillo	13
Figura 2.1: Diagrama de flujo de la elaboración del snack maíz – soya a escala planta piloto	32
Figura 2.2: Diagrama de flujo de la elaboración del snack maíz – soya a escala industrial	37
Figura 3.1: Material retenido (%) dependiendo de la perforación del tamiz (grits de maíz)	44
Figura 3.2: Material retenido (%) dependiendo de la perforación del tamiz (grits de soya)	49
Figura 3.3: Variación del pH en función del tiempo de tostado	51
Figura 3.4: Densidad del producto extruído en función de la composición de mezcla (maíz - soya); relación de compresión de tornillo 1:3 y diámetro de boquilla 3mm	53
Figura 3.5: Densidad del producto extruído en función de la composición de mezcla (maíz - soya); relación de compresión de tornillo 1:4 y diámetro de boquilla 4mm	53
Figura 3.6: Variación de la diferencia de pH en función de la composición de mezcla (maíz – soya) del producto a escala planta piloto	62
Figura 3.7: Variación de la densidad del producto en función de la composición de mezcla (maíz/soya) a escala industrial	61
Figura 3.8 Variación de la diferencia del pH del producto vs la Formulación de la mezcla a escala industrial	63
Figura 3.9: Variación de humedad vs días transcurridos	65
Figura :3.10: Variación de densidad vs días transcurridos	65
Figura 3.11: Frecuencia de consumo de productos expandidos	67
Figura 3.12(a): Color del producto expandido	67
Figura 3.12(b):Sabor del producto expandido	68
Figura 3.12(c):Textura del producto expandido	68
Figura 3.12(d):Aspecto del producto expandido	69
Figura 3.13:Aceptabilidad general	69

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Composición del maíz por cada 100g	2
Tabla 1.2: Superficie, producción y rendimiento del maíz amarillo	3
Tabla 1.3: Superficie, producción y rendimiento de la soya	5
Tabla 1.4 Composición por cada 100g de soya en grano	8
Tabla 2.1: Tamaño y diámetro de los extruídos a la salida del extrusor	39
Tabla 3.1: Análisis granulométrico del grits de maíz	43
Tabla 3.2: Calidad de los granos de soya	44
Tabla 3.3: Composición química del grits de maíz y soya	46
Tabla 3.4: Aminoácido limitante de las materias primas	47
Tabla 3.5: Computo químico de las mezclas (maíz - soya)	47
Tabla 3.6: Análisis de rendimiento del grits de soya	48
Tabla 3.7: Análisis granulométrico del grits de soya	49
Tabla 3.8: Ajuste de humedad para el proceso de extrusión a nivel de planta piloto	52
Tabla 3.9: Porcentaje de rendimiento de variación de densidades Del producto 100% maíz con respecto a la mezcla (maíz/soya)	54
Tabla 3.10: Valores de F calculados del producto extruído (Densidad)	55
Tabla 3.11: Variación de la relación de expansión del producto a escala planta piloto respecto a la composición de mezcla, humedades (14% y 15%), compresión de tornillo 1:3 y diámetro de boquilla 3mm	56
Tabla 3.12: Variación de la relación de expansión del producto a escala planta piloto respecto a la composición de mezcla, humedades (14% y 15%), compresión de tornillo 1:4 y diámetro 4mm	56
Tabla 3.13: Valores de F del producto extruído (R. Expansión)	57
Tabla 3.14: Variación de la relación de expansión del producto a escala industrial respecto a la composición de mezcla	62
Tabla 3.15: Características organolépticas del producto obtenido	63
Tabla 3.16: Análisis químico del snack 100% maíz y del snack con composición de mezcla 88% maíz y 12% soya	64
Tabla 3.17: Análisis microbiológico del producto obtenido	66
Tabla 3.18: Costos unitarios de presentación de 12g y 40g del snack	70

1.- REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 PRODUCCIÓN AGRÍCOLA Y DESTINO DEL MAÍZ Y LA SOYA

1.1.1 EL MAÍZ AMARILLO (*Zea Mays L.*)

El maíz es hoy por hoy el cereal más importante y significativo después del trigo en los intercambios mundiales. Es oportuno señalar que en algunos países se han venido elaborando productos derivados del maíz, como los cereales para el desayuno. (Hoseney, 1991)

Bajo condiciones climáticas adecuadas o mediante el aporte de riego, el maíz es el cereal más productivo. Desde el año 1948 al 1979, la producción mundial de maíz creció un 3.2% de media al año, frente al 1.1% de crecimiento anual para la superficie sembrada. Esta diferencia se debe a un fuerte incremento del rendimiento medio unitario, posible gracias al empleo de maíces híbridos altamente productivos, con la ayuda de técnicas agronómicas mejoradas, tales como: mayor densidad de plantación, abonos (especialmente nitrogenados), uso de pesticidas y herbicidas más efectivos, etc. El grano de maíz es la principal fuente de alimentación humana en América. De la industrialización del maíz se obtienen importantes productos utilizados como materias primas industriales. Los principales son los concentrados de gluten, con el 23% de sustancias proteicas, y las tortas de gluten con el 41%. Del gluten se obtiene aceite de múltiples usos: industriales, farmacológicos y domésticos. Como subproducto de esta extracción queda la torta de maíz, alimento concentrado de gran valor para el ganado. Su contenido proteico es aproximadamente del 2%. (Hoseney, 1991)

1.1.2 VALOR NUTRICIONAL

El maíz constituye un alimento fundamental en algunos países en vías de desarrollo, numerosos estudios se están llevando a cabo para mejorar su calidad proteica. Aproximadamente el 80% de las proteínas del maíz y de otros cereales están constituidas por prolaminas y glutelinas, mientras que en el caso de las leguminosas son globulinas. La característica más importante de las prolaminas es que son poco digeribles y contienen una concentración baja de lisina, haciendo al maíz y otros cereales, alimentos de muy baja calidad nutritiva.¹

En la tabla 1.1, se muestra la composición del maíz por cada 100gr.

Tabla 1.1 Composición del maíz por cada 100 g.

NUTRIENTE	CANTIDAD/100gr
Agua	10,3 g
Energía	365.0 kcal
Grasa	4,7 g
Proteína	9,4 g
H. de Carbono	74,2
Fibra	1.0 g
Potasio	287.0 mg
Fósforo	210 mg
Hierro	2,7 mg
Sodio	35.0 mg
Manganeso	0,48 mg
Magnesio	127.0 mg
Calcio	7.0 mg
Zinc	2,21 mg
Selenio	15,5 mcg
Vitamina A	469.0 UI
Vitamina B1	0,38 mg
Vitamina B2	0,20 mg
Vitamina E	0,78 mg
Niacina	3,62 mg

Fuente: Botanical – on line.

¹ <http://www.botanical-online.com/maizpropiedades.htm>

Se intenta mejorar la calidad de las proteínas del maíz con técnicas que impliquen el desarrollo de variedades que presenten más cantidad de proteína y más calidad de la misma o adición de suplementos a los productos elaborados con este cereal. También se intenta concienciar a la población de combinar este alimento con otros que puedan aportar los aminoácidos necesarios para la buena salud.²

1.1.3 SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO DEL MAÍZ AMARILLO

El cultivo de maíz duro es ampliamente generalizado en el país, principalmente en el litoral ecuatoriano. En la tabla 1.2 se observa la superficie, producción y rendimiento del maíz amarillo.

Tabla 1.2 Superficie, producción y rendimiento del maíz amarillo

Años	Superficie (ha)	Producción (TM)	Rendimiento (TM/ha)
2001	186.400	501.090	2,69
2002	173.305	255.045	1,47
2003	110.335	248.529	2,25
2004	122.399	299.048	2,44
2005	120.000	360.000	3,00
2006	130.000	445.000	3,42

Fuente: MAG, Estimaciones SICA, Sondeos Consejo Consultivo, BPAs

Elaboración: SDEA/DPDA/MAG

Los datos corresponden a grano seco y limpio

La producción anual de maíz amarillo duro en el Ecuador es de 595 mil TM aproximadamente, en condiciones normales.

El maíz amarillo duro que se produce en Ecuador, es de excelente calidad tanto para la elaboración de alimentos balanceados como para las industrias

² <http://www.botanical-online.com/maizpropiedades.htm>

consumo humano; debido a su elevado contenido de fibra, carbohidratos, caroteno y el alto nivel de rendimiento en la molienda.³

El rendimiento promedio ponderado es de 2.7 TM/ha. Los grandes productores (+50has), con más tecnología, tienen un rendimiento de 4.5 TM/ha. El área anual ocupada en este cultivo es de 250 mil hectáreas.

En el país se emplean directamente 140 000 personas, aproximadamente el 11% de la población económicamente activa dedicada a la agricultura. La temporada de cosecha más alta se da en el ciclo de invierno (abril – junio).⁴

El ciclo del cultivo y las condiciones geográficas y climáticas de las zonas de producción maicera de Ecuador y Colombia genera una complementariedad de la cosecha nacional con las necesidades del mercado colombiano.

La cosecha ecuatoriana de invierno se recoge con alrededor de dos meses de anticipación con respecto a la de Colombia. La Zona de Libre Comercio establecida entre Ecuador y Colombia, facilita las negociaciones directas.⁴

En época de cosecha se realizan ventas a diario contra pago al contado y se tiende a abaratar el costo del proceso de exportación y el tiempo de trámite.

Existe un flujo permanente de la cosecha desde mayo hasta diciembre, representando significativos ahorros para la industria en almacenamiento y manejo de inventarios, así como en costos financieros.⁴

1.1.4 DESTINO DE LA PRODUCCIÓN DEL MAÍZ AMARILLO

De la producción nacional de maíz, la avicultura consume el 57%, alimentos balanceados para otros animales el 6%, un 25% se exporta a Colombia, el 4% se

³ http://www.sica.gov.ec/cadenas/maiz/docs/maiz_amarillo_duro.pdf

⁴ “Encuestas de Coyuntura” Banco Central del Ecuador

destina a las industrias de consumo humano y el resto sirve para autoconsumo y semilla.³

Las características y la relación de precios, que el maíz amarillo nacional tiene son de gran aceptación en los países fronterizos; especialmente en Colombia y con demandas ya registradas desde Venezuela.

1.1.5 SUPERFICIE, PRODUCCIÓN Y RENDIMIENTO DE LA SOYA

En términos productivos, la soya nacional tiene rendimientos que fluctúan entre 1.7 y 1.9 TM/Ha. A nivel mundial, los rendimientos promedios son de 2.2 TM/ha, en EE.UU. son de 2.5 TM/Ha y en Argentina y Bolivia son superiores a 2.2 TM/ha. Es decir, que los rendimientos en Ecuador son alrededor de 20% inferiores a los de la media internacional y a los de nuestros principales competidores.⁵ En la primera mitad de los 90's, el cultivo de la soya aportaba con el 3% del Producto Interno Bruto (PIB) sectorial, y ocupaba al 3.7% de la población económicamente activa dedicada a la agricultura; en la actualidad esas participaciones son muy bajas debido a la drástica reducción observada en el área soyera. En la tabla 1.3 se observa la superficie, producción y rendimiento de la soya.⁵

Tabla 1.3 Superficie, producción y rendimiento de la soya

Años	Superficie	Producción	Rendimiento
	(ha)	(TM)	(TM/ha)
2001	45,000	77,772	1.73
2002	60,000	97,500	1.62
2003	58,273	94,298	1.62
2004	56,504	94,784	1.60
2005	29,000	51,914	1.79
2006	29,000	53,000	1.83

Fuente: INEC-SEAN, MAG-PRSA, Estimaciones SICA, Consejo Consultivo- MAG Elaboración: DPA/MAG

⁵http://www.sica.gov.ec/cadenas/soya/docs/panorama_soya2003.htm

El III Censo Nacional Agropecuario muestra que alrededor del 96% de la superficie sembrada de soya y el 97% de su producción se encuentran en la provincia de Los Ríos, con un rendimiento promedio de 1.72 TM/Ha.⁶

Lo restante de la producción se distribuye en las provincias de Guayas, Manabí, El Oro, por la Región del Litoral, Bolívar, Cotopaxi, Chimborazo y Pichincha por la Sierra, las dos últimas con producciones marginales; y en la misma baja magnitud Morona Santiago y Napo por la Amazonía.

Para la cadena agroalimentaria de la soya, los costos de las materias primas son el talón de Aquiles. Los costos unitarios dependen de la zona de producción y del nivel tecnológico, el mismo que está asociado al tamaño de la unidad de producción agropecuaria; para el año 2003, oscilaron entre 10,00 USD/qq y 12,44 USD/qq y con rendimientos que estuvieron entre 1.8 y 2.2 TM/Ha.⁶

Existen razones de índole social y ambiental para mantener y desarrollar el cultivo de la soya; una de ellas es que la soya es una alternativa ideal para pequeños agricultores sin riego en verano, a quienes con costos relativamente bajos les proporciona un ingreso adicional y genera empleo; además la rotación entre maíz y arroz en invierno y con la soya en verano es beneficiosa para el equilibrio físico y nutricional de los suelos.⁷

1.1.6 DESTINO DE LA PRODUCCIÓN DE LA SOYA

La destino de la producción anual del grano de soya se distribuye en: 30% para aceite y torta de soya, 30% es comprado por la empresas fabricantes de alimentos balanceados, que luego del proceso de tostado o extrusión es incorporada a la fórmula alimenticia, 40% se exporta principalmente a

⁶ Resultados Nacionales , III Censo Nacional Agropecuario.

⁷ http://www.sica.gov.ec/cadenas/soya/docs/panorama_soya2003.htm

Colombia que puede aumentar dependiendo del precio y el 10% restante es para semilla y autoconsumo.

Las exportaciones se realizan a través de intermediarios que adquieren el producto a los acopiadores nacionales o directamente del agricultor. Por ejemplo en el año 2004 se redujo las exportaciones por los bajos precios y en el año 2005 existió alza en el precio pero no fue suficiente para estimular las exportaciones.

El principal mercado es Colombia cuando los precios internacionales del grano son altos y existe producción nacional, además que tienen un arancel reducido para importar grano de soya. Las plantas extractoras de Colombia son más eficientes logrando que el precio de la torta de soya sea menor y parte se reexporte al Ecuador.⁸

1.2 SOYA (*Glycine max*) COMO FUENTE DE PROTEÍNA

La soya es un alimento muy completo y nutritivo, constituye la legumbre seca de mayor valor energético. Los frijoles de soya son ricos en proteína. Su contenido de aceite es más alto que los granos de cereales y de la mayoría de las legumbres: por lo tanto son una buena fuente de calorías. (Stauffer, 2002).

En cuanto a la grasa, aunque se encuentra en una proporción bastante elevada, los ácidos grasos saturados y monoinsaturados son minoritarios en comparación con los ácidos grasos poliinsaturados que presenta. Además, es uno de los alimentos más ricos en lecitina, lo que facilita su aprovechamiento culinario.⁹

En comparación con el resto de legumbres, la soya aporta mayor cantidad de calcio, hierro, yodo, magnesio, potasio y fósforo, además de ácido fólico y otras

⁸ CONVENIO MAG/II CENSO NACIONAL "Identificación de mercados y tecnología para productos agrícolas tradicionales de exportación :SOYA" Subprograma de cooperación técnica, Quito, Ecuador,2001.

vitaminas como B1, B2, B3 y B6.⁶ En la tabla 1.4 se muestra la composición de la soya por cada 100gr.⁹

Tabla 1.4 Composición por cada 100gr de soya en grano

NUTRIENTE	CANTIDAD/100gr	NUTRIENTE	CANTIDAD/100gr
Agua	10,00 g	Ac. Fólico	375,00 ug
Grasas	17,70 g	Flúor	0,36 mg
Fibras	12,50 g	Calcio	226,00 mg
Carbohidratos	33,50 g	Magnesio	280,00 mg
Proteínas	35,10 g	Fósforo	730,00 mg
Cenizas	6,20 g	Potasio	1797,00 mg
Energía	429,00 kcal	Hierro	8,40 mg
Vitamina A	95,00 UI	Sodio	2,00 mg
Vitamina E	13,30 mg	Cobre	2518,00 ug
Vitamina K	190,00 ug	Selenio	60,00 ug
Vitamina B2	0,31 mg	Yodo	6,00 ug
Vitamina B3	2,20 mg	Manganeso	2800,00 ug
Vitamina B1	1,10 mg	Zinc	4,89 ug

Fuente: USDA Nacional Nutrient Database for Standard Referente, 2004

El contenido de carbohidratos está alrededor del 34% dentro de los cuales encontramos carbohidratos insolubles(celulosa, hemicelulosa, pectina y trazas de almidón), solubles(sacarosa y oligosacarosa) .(Dávila,2003)

El aceite crudo de soya contiene 1-3% de fosfolipidos (lecitina, fosfatidil, etanol amina, fosfatidil inositol y ácido fosfatidico) los cuales tienen la propiedad de hidratarse a altas temperaturas y ser buenos agentes emulsificantes.(Dávila,2003)

La proteína de soya contiene todos los aminoácidos esenciales para la vida del hombre y los animales, pero adolece de deficiencias en su contenido de cistina y metiotina. Es rica en calcio, fósforo y hierro y provee vitaminas A, B, C como poroto verde y A-B como poroto seco y A, D, E, F, y X como aceite.¹⁰

Algunas proteínas sirven para el normal funcionamiento de los órganos y favorecen el crecimiento. Por cumplir ambas funciones se llaman completas y se encuentran especialmente en alimentos de origen animal. También la soya tiene el privilegio de poseer proteínas completas y en cantidad muy generosa.¹⁰

⁹ <http://www.rafaela.inta.gov.ec>

¹⁰ <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/007204.htm>

En Japón se dice: "El que tiene soya, posee carne, leche y huevo". Ha servido de alimento, en forma de tabletas, a los paracaidistas alemanes, en la segunda guerra mundial y su uso está generalizado en Estados Unidos y en el Brasil. En la Argentina su cultivo se está extendiendo paulatinamente. Existe una Asociación Argentina de Productores de Soya, que promueve el cultivo y hace conocer las bondades de esta leguminosa. De los alimentos de alto valor nutritivo, es el más barato que se conoce.¹¹

Si el precio de la carne, leche, huevos, queso, etc. es elevado y la soya contiene sustancias nutritivas similares y puede ser adquirida a precio mucho más bajo, la solución es adoptarla como sustituto parcial de los mismos.

La variada aplicación de la soya es asombrosa. Desde el desayuno hasta el postre, todo puede hacerse con soya: leche, pan, ensaladas, tortas, budines, cremas, masitas, granos tostados como el maní hasta torrados, sustituyendo al café. En los amasados de pastelería no puede reemplazar íntegramente a la harina de trigo porque no tiene gluten, que hace la liga; pero enriquece con proteínas toda clase de panes y de comidas.¹¹

Sin embargo, la forma más fácil de usar la soya y de introducirla en la alimentación popular es incluyéndola en las comidas habituales, en la sustitución del poroto: en el locro, en guisos, ensaladas, etc.

Se utiliza en las mismas proporciones y con igual procedimiento que cualquier legumbre (lenteja, garbanzo, poroto, etc.) pero con enorme ventaja.

La experiencia demuestra que el tiempo de cocción del grano se reduce si se hace un buen remojo.¹²

Todos necesitamos comer proteínas. Los niños que no las consumen tienen dificultades en su crecimiento, no muestran interés por jugar, no aprovechan la escuela, duermen mal. Las personas adultas con alimentación pobre en proteínas

¹¹ <http://www.rafaela.inta.gov.ec>

¹² Memorias del Seminario Taller de Extrusión de Alimentos" Editado por la E.P.N. Octubre - 1992

están siempre cansadas, sin entusiasmo, sin fuerzas; tardan en recuperarse de las enfermedades y están predispuestas a la tuberculosis.

Es, pues, necesario insistir acerca de la importancia que tienen los alimentos ricos en proteínas en la comida diaria.

1.3 LA TECNOLOGÍA DE LA EXTRUSIÓN

1.3.1 EXTRUSION DE ALIMENTOS EXPANDIDOS

Desarrollado primero como un método económico de gelatinizar almidones, la extrusión cocción ha sido modificada durante estos últimos años para la producción de un amplio grupo de alimentos. El extrusor cocedor proporciona un método versátil de cocción, demostrado una amplia variedad de texturas, formas y densidades, cuyas características pueden ser controladas en un amplio rango variando condiciones de proceso e ingredientes usados. (Smith, 1980)

Diferentes configuraciones de extrusores son utilizadas hoy en día en la producción de cereales de desayuno, bocadillos, harina integral de soya, proteína vegetal texturizada, polvos para bebidas instantáneas, alimentos enriquecidos proteicamente en base de cereales, sucedáneos de pan, alimentos precocidos para animales domésticos, etc. Proteínas de oleaginosas y leguminosas son procesadas por este método para controlar los inhibidores de crecimiento y para eliminar sustancialmente el sabor amargo a fréjol encontrado en dichos alimentos. (Smith, 1980)

El proceso de extrusión suministra una manera continua de cocer, expandir y dar forma a la mezclas de cereales y/o proteínas, posee una gran capacidad de producción y empleando muy poca energía eléctrica y vapor por tonelada de producción es el más económico de los procesos industriales de cocción en uso. (Smith, 1980)

1.3.2 BOCADILLOS EXPANDIDOS

Los bocadillos expandidos denominados de la segunda generación se producen a partir de ingredientes simples tales como grits o harinas de cereales, que son expandidos directamente a la salida del extrusor. Su forma está definida por la boquilla y su tamaño determinado por la velocidad del cortador (Fellows, 1994).

Snacks, es un término americano difícil de definir, el podría ser traducido como "pequeña comida" o "comida ligera" y debe cumplir varias condiciones como ser fácil de manipular, listo para comer, ración individual y lo más importante debe satisfacer el hambre por un momento.

Para obtener bocadillos expandidos se extruye generalmente grits de maíz con humedades menores al 15%, en máquinas de alto esfuerzo cortante y alta temperatura.¹³

La expansión es causada por la vaporización del agua a la salida del dado, al liberarse violentamente la presión, al salir el producto se expande y luego sufre una contracción que puede llegar al 20% - 50% de disminución del diámetro. (Robert y Miller, 1993)

El índice de expansión se incrementa a medida que baja la humedad de alimentación hasta alcanzar un máximo de 14%. A niveles menores de humedad, el incremento del esfuerzo cortante y de la degradación del almidón afecta la expansión.¹³

1.3.3 PROCESO DE ELABORACIÓN DEL SNACK POR EXTRUSION

Las etapas del proceso de elaboración del snack por extrusión se definen a continuación:

¹³ Conferencia Internacional "ALMIDÓN", Instituto de Investigación Tecnológica de la E.P.N., CYTED, Quito – Ecuador 1996

1.3.3.1 Pesaje y Mezcla

Los ingredientes son pesados de acuerdo a la formulación del producto para posteriormente ser mezclados formando de esta manera una composición homogénea.(Sanchez, M. 2003). Dentro del proceso de extrusión cada materia prima cumple con una función específica. La adición de colorantes se debe añadir en la mezcla seca antes de la extrusión, teniendo en cuenta que el color debe ser estable bajo severas condiciones que soporta el proceso, debido a que los colores naturales de algunas materias primas tienden a ser lábiles al calor y a desaparecer a altas temperaturas.(Guy, 2001)

1.3.3.2 Extrusión

La extrusión cocción es definida como el proceso por el cual materiales húmedos, en forma granular o harinosa, almidonosos y/o proteicos, son plastificados y cocidos en un tubo por combinación de presión, calor y esfuerzo de corte. Esta combinación de factores gelatiniza los componentes almidonosos, desnaturaliza las proteínas, estira y reestructura los componentes dúctiles. Una vez cocido el producto es forzado a través de la boquilla de descarga del extrusor donde expande rápidamente adquiriendo forma, finalmente el producto obtenido es cortado en segmentos de longitud deseada.(Smith, 1980)

Uno de los equipos más utilizados en este proceso es el extrusor básico de tornillo, cuyos elementos se observan en la figura1.1

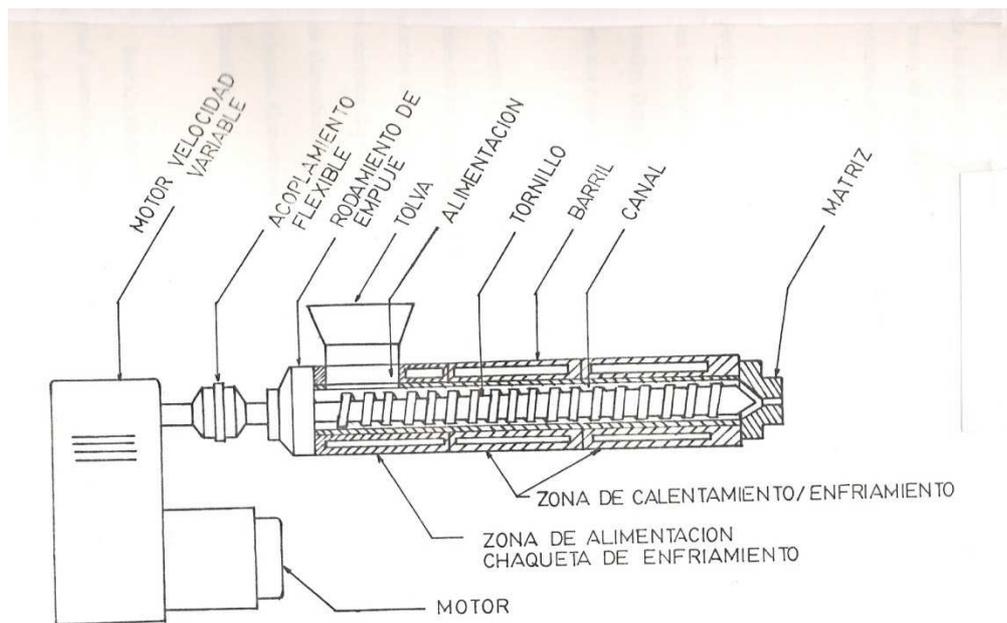


Figura 1.1 Elementos del extrusor de un solo tornillo

Tolva de alimentación

El diseño del mecanismo de alimentación para el extrusor requiere un uniforme y adecuado suministro de material para que no ocurran pulsaciones u otros comportamientos erráticos. Una tolva simple de forma cónica es suficiente para mantener la sección de alimentación del tornillo completamente llena cuando se usan ingredientes gruesos y secos. (Rossen y Miller, 1986)

Tornillo

Es la parte central de un extrusor de alimentos. Está diseñado para aceptar los ingredientes que constituyen la alimentación, transportarlos y forzarlos a través de una boquilla que restringe la descarga. El tornillo está dividido en tres secciones cuyos nombres corresponden a la función que desempeña cada sección, así tenemos:

Sección de alimentación: Está caracterizada por espiras profundas las cuales aceptan fácilmente el material de alimentación y lo transportan hacia el interior del

tonillo. Durante el proceso de transporte el material de alimentación es trabajado en una masa continua que llena completamente las espiras.¹⁴

Sección de transición o compresión: generalmente se caracteriza por un decrecimiento en la profundidad de las espiras en la dirección de la descarga. Los ingredientes alimenticios son normalmente calentados y trabajados en una masa pastosa continua durante su paso a través de esta sección. El carácter de los materiales de alimentación cambia de un estado granular o de partícula a una pasta amorfa y viscosa. Comúnmente esta sección es la más larga (aproximadamente la mitad del tornillo).

Sección de dosificación: es la porción del tornillo más próxima de la descarga lo cual normalmente se caracteriza por poseer espiras muy poco profundas o espiras con disminución de paso. En el caso de los extrusores cocedores, el esfuerzo de corte es muy alto, la mezcla interna se incrementa a sus más altos niveles y la disipación de energía mecánica es máxima. Correspondiente en esta zona la temperatura se incrementa rápidamente y alcanza su máximo justo antes de que el producto emerja de la boquilla.

La aptitud del tornillo para comprimir el material está caracterizada por la relación de compresión. Esta es definida como el cociente entre el volumen desarrollado por el canal de tornillo en la zona de alimentación y el correspondiente volumen desarrollado el final del tornillo antes de la descarga. Un rango típico de la relación de compresión está comprendido entre 1:1 y 5:1.¹⁴

Barril o Caja

Es el miembro cilíndrico en el cual se ajusta y rota el tornillo del extrusor. Generalmente el barril de un extrusor cocedor es rasurado en su superficie interna para reducir el deslizamiento, incrementar la capacidad de impulsión y el esfuerzo de corte. Canales longitudinales incrementan el tiempo de residencia y el esfuerzo mecánico; canales configurados en forma de espiral, incrementan el rendimiento y la presión de la matriz. (Matson, 1989)

¹⁴ “Memorias del Seminario Taller de Extrusión de Alimentos” Editado por la E.P.N. Octubre - 1992

Matriz o dado

Es una placa perforada que restringe la salida del producto extruído colocada al extremo del extrusor.¹⁵

Chaquetas

Ubicadas alrededor del barril del extrusor permiten la circulación de agua de enfriamiento o vapor, suministrando un gran control y flexibilidad de la operación. La chaqueta en la sección de alimentación es generalmente de enfriamiento. En ciertos diseños se emplean calentadores eléctricos y chaquetas de enfriamiento con aire. .(Matson, 1989)

1.3.3.3 Horneo o Secado

Es una operación en la que se hace uso de aire caliente para modificar las características químicas y organolépticas de los alimentos con el objetivo de mejorar su palatabilidad y ampliar la variedad de sabores, aromas y texturas. Un objetivo secundario de esta operación es la conservación del alimento por destrucción de su carga microbiana, de enzimas y reducción de la actividad de agua en su superficie. En el horno el calor pasa al alimento por radiación desde las paredes, por convección del aire circulante y por conducción a través de la bandeja sobre la que descansa, que transfiere la mayor parte de energía. Al introducir un alimento en un horno el agua de su superficie se evapora y el aire caliente la arrastra. La baja humedad relativa en el horno crea un gradiente de presión de vapor que impulsa el paso de agua desde el interior del alimento a su superficie. La velocidad de evaporación depende del alimento en cuestión y de la velocidad de calentamiento. (Fellows,1994)

El alimento se halla recubierto por una delgada capa de aire que dificulta la transmisión de calor hacia el interior y la eliminación del vapor de agua, el grosor

¹⁵ “Memorias del Seminario Taller de Extrusión de Alimentos” Editado por la E.P.N. Octubre - 1992

de esta capa depende de la velocidad del aire y las características de la superficie del alimento, por lo que muchos modelos comerciales de hornos van equipados con un ventilador para mejorar las corrientes de convección y mejorar el grosor de la capa superficial. Cuando la velocidad a la que el agua se elimina de la superficie supera a la velocidad con la que pasa a esta desde el interior, la superficie de esta se deseca y su temperatura acaba igualándose a la del aire del horno (110-240°C) formándose la corteza. De acuerdo a la forma de transmisión de calor se tienen los siguientes tipos de hornos:

Hornos de calentamiento directo, el aire y los gases de combustión recirculan por convección natural o forzada. Ejemplo: microondas.

Hornos de calentamiento indirecto, para calentar el aire se usa calor de combustión o de vapor, que calienta la cámara de cocción.

Hornos discontinuos, ejemplo el Peel oven (se carga en bandejas), Multi-deck oven (múltiples pisos), o instalaciones de tipo modular que permiten aumentar su capacidad de producción, duplicando los módulos. Las desventajas de este tipo de hornos son sus altos costos y falta de uniformidad en los tiempos de horneado por los retrasos en carga y descarga.

Hornos continuos y semicontinuos, el alimento circula en bandejas y se carga y descarga por la misma puerta y se mueve por tanto el calentamiento es más uniforme. Se puede encontrar también los hornos que, poseen bandejas fijadas a una cinta sinfín, que atraviesa el horno. (Fellows, 1994)

1.3.3.4 Saborización Final

Los alimentos elaborados por extrusión cocción están constituidos principalmente por cereales, almidones y/o proteína vegetal. La función más importante de estos ingredientes es dar estructura, textura, volumen, etc. al producto final y no impartir sabor o color. Normalmente se emplean saborizantes para complementar el sabor

natural del producto o enmascarar sabores desagradables, y colorantes para incrementar el atractivo visual del producto.

Saborizantes

Los agentes saborizantes usualmente no son añadidos a los materiales de alimentación porque las condiciones de alta temperatura y humedad, presentes durante la extrusión, producen cambios químicos y de sabor en el producto. (Williams, 1980)

La rápida expansión de los productos extruídos produce destilación por arrastre de vapor, la cual desaloja la mayor parte de los componentes de sabor reduciendo drásticamente su intensidad en el producto final.

Los ingredientes saborizantes son añadidos generalmente después de que el producto extruído ha sido secado a bajo contenido de humedad (1-2%) por aplicación externa de aceite vegetal que contiene una emulsión de condimentos. (Smith, 1980)

El contenido de aceite en el producto final está entre 20 y 40 %, lo cual incrementa su aceptabilidad y desarrolla el deseo de seguir ingiriéndolo. Los saborizantes son usualmente añadidos a niveles de 0,5 a 1,5% con respecto al peso del producto final. (Williams, 1980)

Los agentes saborizantes comúnmente usados para producto extruídos son seleccionados a partir de productos naturales, tal es el caso de los aceites esenciales, especerías, etc., o de sabores producidos artificialmente. Los condimentos más empleados en productos extruídos son: ajo, cebolla, páprika, apio, comino, pimienta, cúrcuma (principalmente constituyente de los polvos del curry). El queso es un saborizante importante en muchos bocadillos extruídos y condimentos salados, por razones de costo se ha reducido su empleo sustituyéndolo en gran medida con el correspondiente sabor artificial junto con otros aditivos. (Harper, 1981)

La sal es parte de la mayoría de los sistemas de saborización. Se la incorpora sobre la superficie del producto luego del recubrimiento con la suspensión de aceites y saborizantes. (Williams, 1980)

Colorantes

Existen disponibles en el mercado colorantes sintéticos certificados para alimentos. Se distinguen dos categorías: tintes y lacas. Los tintes pueden ser usados en cualquier sistema hasta humedades tan bajas como el 5 % en el producto final, para niveles menores se requieren el empleo de lacas. Las lacas son pigmentos finalmente molidos, preparados por absorción de tintes certificados sobre un sustrato de alúmina.

En contraste con el tinte, la laca es insoluble en agua y aceite e imparte color de dispersión en el sistema. Características y aplicaciones de tintes y lacas han sido tratados ampliamente. La adición de lacas en productos expandidos pueden variar entre 300 y 2000 ppm. Aunque no hay limitación sobre el uso de tintes certificados en alimentos, los buenos fabricantes limitan su concentración a 300 ppm. (De Luca, 1980)

A diferencia de los materiales saborizantes, el mejor lugar para introducción color a los alimentos extruídos es en la mezcla de ingredientes antes de la extrusión

Aditivos

La fortificación de bocadillos con minerales y vitaminas puede tornarse tan importantes para la industria de bocadillos como lo es para la industria de cereales de desayuno.

Si bien el tratamiento térmico recibido por el alimento durante el proceso de extrusión cocción, da como resultado una destrucción de vitaminas comparativamente pequeña, con respecto a otros tipos de tratamiento térmico,

ciertas vitaminas se pierden excesivamente y deben ser añadidas después del proceso de extrusión y luego de la etapa de secado. (Nielsen. 1989)

1.3.3.3 Empaque

Los productos fabricados necesitan un empaque para su almacenamiento, transporte y venta. Los inflados de maíz tienen una humedad que está entre 1 al 2% (Fast y Candell, 2005) y presentan una textura que no es de fácil rotura por manipulación. Estas características permiten determinar daños de deterioración por ganancia de humedad y pérdida de sabor.(Robertson, 1993).

El empaque de los snacks de maíz deben ser a prueba de agua y laminados con hojas de aluminio para mantener un largo tiempo de vida útil del producto.(Sanchez, 2003)

1.3.4 MÉTODOS DE CONTROL DE PROCESO

La calidad del producto extruído puede estimarse de diferentes formas, teniendo en cuenta el propósito y aplicaciones del mismo en el sector de la industria alimenticia

En la industria de bocadillos, los datos concernientes a la textura y estructura del producto son de valor particular. Con la ayuda de un panel sensorial los altos y bajos niveles de aceptabilidad pueden determinarse para cada producto y traducirse en propiedades mecánicas y físicas medibles, tales como relación de expansión, densidad, fragilidad, dureza y elasticidad. (Birnbbaum, 1981)

En bocadillos donde el producto extruído constituye el alimento definitivo, las propiedades sensoriales son extremadamente importantes para la aceptación del producto por parte del consumidor. Para materiales extruídos destinados a ser

mezclados con otros componentes, las características del producto definitivo serán más importantes.(Anderson, 1983)

Los métodos que utilizamos en este proyecto para la caracterización de los productos expandidos son los siguientes:

Densidad

Es la relación entre la masa y volumen, determinada a partir de una muestra de tamaño uniforme de partícula. Si la densidad de piezas individuales es de interés se determina la masa y volumen de cada pieza.(Harper, 1981)

Relación de expansión

Representa la relación entre el área de la sección transversal del producto y el área de la boquilla del extrusor. En algunos casos se expresa como la relación correspondiente de diámetros. (Harper, 1981)

Actividad ureásica

La actividad ureásica presente en los porotos de soya crudos disminuye notoriamente después de los tratamientos térmicos, y su evaluación es habitualmente empleada como indicador de la eficacia del tratamiento de inhibición practicado. La actividad ureásica del poroto de soya, además de provocar un sabor ácido, se presenta como un indicador de la existencia del factor antitripsina. Uno de los métodos que valora este parámetro es la prueba del pH que se basa en la utilización de dos reactivos, solución buffer fosfato y solución de urea en buffer de fosfato y se determina midiendo la diferencia de pH registrada. Considerándose que los valores deben estar en un rango de 0,05 a 0,2 unidades de pH. (Benson, 1996)

1.3.5 VARIABLES IMPORTANTES DE PROCESO

1.3.5.1 Variables Independientes

Ingredientes de alimentación

Almidones: Son componentes estructurales importantes en la modificación de la textura de los alimentos extruídos, puesto que dichos ingredientes son gelatinizados durante el proceso de extrusión cocción.

Almidones extruídos a altos contenidos de humedad y bajas temperaturas (110 °C – 130 °C) dan productos extruídos densos y viscosos, contrario, almidones extruídos a bajos contenidos de humedad y altas temperaturas (150 °C – 1986 °C) expanden fácilmente obteniéndose productos de muy baja densidad y baja viscosidad. Almidones no modificados tienden a expandir fácilmente y dan productos extruídos con estructura interna abierta y textura crujiente. Almidones modificados expanden menos y suministran mayor fluidez a la masa, probablemente debido a sus cadenas más cortas.

La relación de la amilosa y amilopectina en el almidón influyen también la textura del producto final. La amilopectina favorece la expansión dando un producto muy liviano y frágil, inversamente, almidones con alto contenido en amilasa proporcionan productos densos y menos expandidos.(Anderson, 1983)

Proteínas: A niveles bajos de proteína la expansión se aproxima a la correspondiente al almidón puro, mientras que la resistencia a la fractura decrece significativamente inclusive a bajos niveles de suplementación de gluten.

Los cambios de resistencia a la fractura tienen lugar antes que identifiquen grandes cambios en la estructura microscópica. Extruídos de almidón más proteína concentrada de soya responden de diferente manera que la mezcla almidón gluten.(Faubion, Hosney y Seib, 1983)

Lípidos: Productos que contienen lípidos procesados por extrusión cocción se conservan excelentemente debido a que las enzimas desdobladas de grasa son desactivadas. Grasas y aceites debilitan la masa y suministran plasticidad y dureza al producto. El punto de fusión del lípido tiene un efecto considerable sobre textura y dureza del producto extruído.

La adición de aceite a los materiales de alimentación a niveles comprendidos entre 0.5% y 1% se emplea para controlar la expansión y textura en la producción de bocadillos expandidos.

La presencia de agentes surfactantes (monoglicéridos) reduce la expansión y modifica propiedades estructurales de los productos expandidos. Las mezclas maíz/soya desengrasada expanden significativamente, mientras que mezclas maíz/soya integral no presentan expansión. (Birnbaun, 1983)

Humedad

Los pellets resultantes de la extrusión a alto contenido de humedad (por encima del 30%) se caracterizan por poseer corteza alrededor de la superficie y poros de tamaño muy reducidos, este producto después de secado resulta rígido y duro. Por otra parte, humedades del 15% suministran un producto más blando y delicado, sin corteza y con poros grandes de paredes finas en su interior, apropiado para bocadillos expandidos en base a cereales almidonosos y en algunos casos para formulaciones que incluyen material proteico.(Williams, 1980)

Temperatura

En extrusores muy pequeños tiene una relación directa con la temperatura del producto. En los grandes puede ser inversa pues al calentar la pared, disminuye la viscosidad de la masa en ese punto, puede bajar el esfuerzo cortante y la capacidad de bombeo del tornillo, en tanto que la conducción de calor al interior de la masa es muy pequeña por la presencia de flujos laminares.

Velocidad del tornillo

La velocidad del tornillo está relacionada con el tiempo de residencia y el esfuerzo de corte.

El incremento en la velocidad del tornillo causa también un incremento en la relación de expansión para extruídos de grits de maíz. (Anderson, 1983)

Configuración del tornillo

Para productos extruídos a partir de grits de maíz, el incremento en la relación de compresión del tornillo da como resultado una disminución de la viscosidad de la pasta final cocida (50 °C). El uso de boquilla de descarga introduce un esfuerzo mecánico adicional que origina una reducción de la viscosidad final de la pasta cocida, una disminución del índice de absorción de agua y un incremento del índice de solubilidad en agua. (Anderson, 1983)

Tamaño de la partícula

Es deseable, pero no esencial, que todos los ingredientes seleccionados sean del mismo tamaño de partícula para asegurar una mezcla uniforme. Sin embargo, no todos los ingredientes tienen que estar en forma de harina. Es posible procesar materiales en forma granular especialmente a altas temperaturas, tal es el caso de la producción de bocadillos expandidos. (Smith, 1980)

Para el caso de los grits de maíz, el tamaño de partícula del material de alimentación debe ser controlado, si se desea obtener un producto consistente. deficiente.

Formulación de la mezcla

El sabor, color, funcionalidad, valor nutricional, etc depende de la formulación específica empleada. Almidones de distinta procedencia pueden dar resultados muy diferentes.¹⁶

Flujo de Alimentación

El flujo de alimentación regula el nivel de saturación y por tanto presiones y esfuerzo cortante. Es más crítico en extrusores de un solo tornillo.¹⁶

Nivel de pre-acondicionamiento

Tiene que ver con la humedad que alcanza el producto, con la uniformidad de la misma y con el calentamiento previo que puede ayudar a disminuir la energía necesaria en la extrusión.¹⁶

1.3.5.2 Variables Dependientes

- Viscosidad de la masa
- Esfuerzo cortante
- Perfiles de presión y temperatura a lo largo del barril
- Tiempo de residencia y su distribución
- Energía total que es igual a la suma de la energía mecánica específica (calculada a partir del torque, la velocidad de punta del tornillo y el flujo másico de producto que generalmente es la más importante), la energía térmica pasada de las chaquetas (mucho menos importante que la anterior) y la energía dada por inyección de vapor (su importancia depende del equipo).¹⁶

¹⁶ Conferencia Internacional "ALMIDÓN", Instituto de Investigación Tecnológica de la E.P.N., CYTED, Quito – Ecuador 1996

1.3.6 SITUACIÓN NUTRICIONAL DE ESCOLARES

Puede definirse nutrición como el conjunto de procesos por los cuales un ser vivo recibe y utiliza los elementos necesarios para mantener sus funciones, renovar sus componentes o, en el caso de organismos aún en desarrollo, para crecer.

Una buena nutrición es indispensable para una buena salud, para que un niño se desarrolle física y mentalmente en forma normal, es necesario que tanto la madre (durante su gravidez y especialmente durante la segunda mitad de la misma) como el niño (una vez nacido), reciban una alimentación correcta. (Hammerly,M.1974)

El incremento en la producción de alimentos tendrá que realizarse en función de mejorar la tecnología y aprovechar los recursos disponibles, sobretodo el agua; pues la frontera agrícola fue copada a mediados de los años noventa.¹⁷

Los estudios sobre el estado nutricional en escolares son escasos. El Primer Censo Nacional de Talla en Escolares, 1991-92, describió el problema a diferentes niveles de agregación geográfica.

El único estudio realizado en adolescentes en 1994, reveló desnutrición en 9% y problemas de sobrepeso y obesidad afectarían al 10% de esta población, con prevalencias mayores en las mujeres y en la región de la costa.¹⁷

La situación alimentaria y nutricional del Ecuador refleja la realidad socioeconómica; el potencial productivo y la capacidad de transformar y comercializar los alimentos que satisfagan los requerimientos nutricionales de la población a todo nivel.

La producción de alimentos y el rendimiento de los principales productos de consumo, su relación con los mercados (de productos, de trabajo y financieros)

¹⁷ <http://www.fao.org/ag/AGN/nutrition/ecu-stm>

son importantes para establecer el potencial que la seguridad alimentaria y nutricional ofrece a la sociedad ecuatoriana como una estrategia de desarrollo.¹⁹

Esta problemática amerita políticas multisectoriales. Más que ninguna otra área, la alimentación y nutrición, conjuga las condiciones para desarrollar una intervención que integre aspectos sociales y económicos.

Ecuador está frente al reto de recuperar su economía bajo el esquema poco flexible de la dolarización, se apunta a modernizar la producción, mejorando la tecnología e incrementando los canales de comercialización.

Los problemas ligados a la producción, productividad y desarrollo de mercados son cruciales para un país eminentemente agrícola en el modelo económico actual. Una política nacional de seguridad alimentaria busca integrar el desarrollo agropecuario con nuevas iniciativas de desarrollo rural, suplementación alimentaria y micronutrientes con procesos de educación y comunicación activa de la comunidad en la lucha contra el hambre.¹⁸

¹⁸ www.sica.gov.ec, "Panorama de la cadena de soya"

2.- MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS

Las materias primas utilizadas fueron:

- § Grits de maíz proporcionado por la Empresa “Carli Snacks”.
- § Soya adquirida en un supermercado de la ciudad de Quito.

Para determinar la calidad de las materias primas, se tomó en cuenta la caracterización física del grits de maíz y soya. También se analizó la situación nutricional del cereal y del grano, valorando su composición química.

2.1.1 CARACTERIZACIÓN FÍSICA

Perfil granulométrico (grits de maíz)

El perfil granulométrico del grits de maíz se lo realizó según la Norma INEN 517 utilizando un juego de tamices ASTM E – 11 N° 20, N° 40, N° 50, N° 80, N° 100. Se tamizó 100g de muestra por un tiempo de 25 minutos. El tamaño de la partícula fue determinado por el tamiz por el cual pasó el 80% en peso de cada muestra.

Tipo de grano (grano de soya)

Para determinar el tipo de grano se empleó un calibrador y se determinó las dimensiones de la semilla:

Longitud (L)

Diámetro o ancho (D)

Relación L/D.

Grado de calidad (grano de soya)

Calificación que se realizó por el conteo de la cantidad de granos sanos, granos quebrados, granos manchados e impurezas, en 5 muestras elegidas aleatoriamente. de 100 granos.

Peso de 100 granos (grano de soya)

Fue realizado por conteo de 100 granos enteros, determinándose en 5 muestras y estableciendo su peso.

2.1.2 CARACTERIZACIÓN QUÍMICA – NUTRICIONAL

La caracterización química nutricional de las materias primas se realizó aplicando los siguientes métodos:

Humedad:	MO – LSAIA – 01.01
Extracto etéreo:	MO – LSAIA – 01.03
Proteína:	MO – LSAIA – 01.04
Carbohidratos Totales:	Por diferencia
Fibra Cruda:	MO – LSAIA – 01.01

2.2 DETERMINAR LA COMPOSICIÓN DE MEZCLA GRITS DE MAÍZ – SOYA , EN FUNCIÓN AL COMPUTO AMINOACÍDICO

La mezcla se fundamentó en el enriquecimiento del snack de maíz con incorporación de soya.

- Computo Aminoacídico (C.A.) propuesto por Harper y Cansen (1.982).

La incorporación de soya al grits de maíz tiene por objetivo visualizar la complementación de los aminoácidos limitantes del maíz (triptófano y lisina) y de la soya (cistina y metionina) y lograr la sustitución en la mezcla al emplear extrusión, sin que se afecte significativamente la textura, estructura y sabor del snack 100% maíz.

Se evaluó diferentes niveles de formulación maíz /soya :100/0, 95/5, 90/10, 88/12, 87/13, 86/14, 85/15.

2.3 OBTENCIÓN DEL GRITS DE SOYA.

Limpieza

Operación por la cual se retiró todo el material extraño incluyendo granos malos y partidos, se realizó de forma manual para muestras planta piloto y utilizando el limpiador de semillas marca The Hance Corporation, modelo N° 100 serie 32682, para muestras industriales.

Tostado

El tostado de las semillas tiene por objetivo acondicionarlas para el desprendimiento de la cáscara de los cotiledones y disminuir la actividad de los factores antinutricionales.

Quebrado de la soya

La soya tostada se sometió al quebrado en mitades para facilitar el descascarado y se lo realizó en un molino de disco de marca Kitchen Aid, modelo K5 ss.

Descascarado del grano de soya tostado

En muestras de laboratorio el descascarado se lo hizo en forma manual, con la ayuda de una corriente de aire, en muestras para la industria se utilizó el clasificador marca Bowermeister.

Molienda de los cotiledones

La soya descascarada se sometió a molienda con el objetivo de llevar la materia prima a un tamaño de partícula adecuado que permita la extrusión. Esta operación se realizó en un procesador de alimentos de marca Kitchen Aid, modelo K5 ss.

Perfil granulométrico

El producto triturado fue tamizado para clasificar el tamaño de partícula, se utilizó un juego de tamiz N° 20 y N° 40, posteriormente se registró el peso de las fracciones retenidas en cada tamiz.

2.4 DETERMINAR LAS CONDICIONES DE TOSTADO DE LA SOYA

Esta operación tiene por objeto dos propósitos, el primero facilitar el descascarado y el segundo la reducción de la actividad ureasica

En el tostado de la soya se tomó 5 muestras representativas de 500g las mismas que se colocaron individualmente en una superficie plana caliente a una temperatura fija de 120°C y a diferentes tiempos ,acompañado de movimientos con ayuda de una paleta de madera, se empleó para ello una cocina eléctrica marca "HACEB" de 120 voltios modelo PMZ.

Para el tostado de la soya a ser utilizada a escala industrial (tamaño de muestra para 20kg) se utilizó el tostador de cacao de marca GENOMOMO GYB, de aire caliente.

El equipo consta de:

- Una tolva de alimentación.
- Compuerta de flujo de semilla.
- Cámara rotatoria calentada por aire caliente por combustión de gas propano. Compuerta volante de descarga del producto tostado.
- Recipiente con fondo perforado instalado con paletas giratorias para enfriamiento del grano tostado.
- Sistema de ventilación y trampas de recolección de finos y cenizas.

La temperatura alcanzada fue de 150°C y el tiempo de exposición 2 - 8 minutos.

El tiempo de tratamiento térmico de tostado tanto a escala planta piloto, como a escala industrial fue valorado por el índice de variación del pH indicador de la eficiencia del tratamiento de inactivación de la enzima ureasa.

2.5 DETERMINAR LAS MEJORES CONDICIONES DE OPERACIÓN DE EXTRUSIÓN A ESCALA PLANTA PILOTO

Para la obtención del snack a escala planta piloto se procedió como se indica en el diagrama de flujo de la Figura 2.1 en el cual se detallan las etapas del proceso.

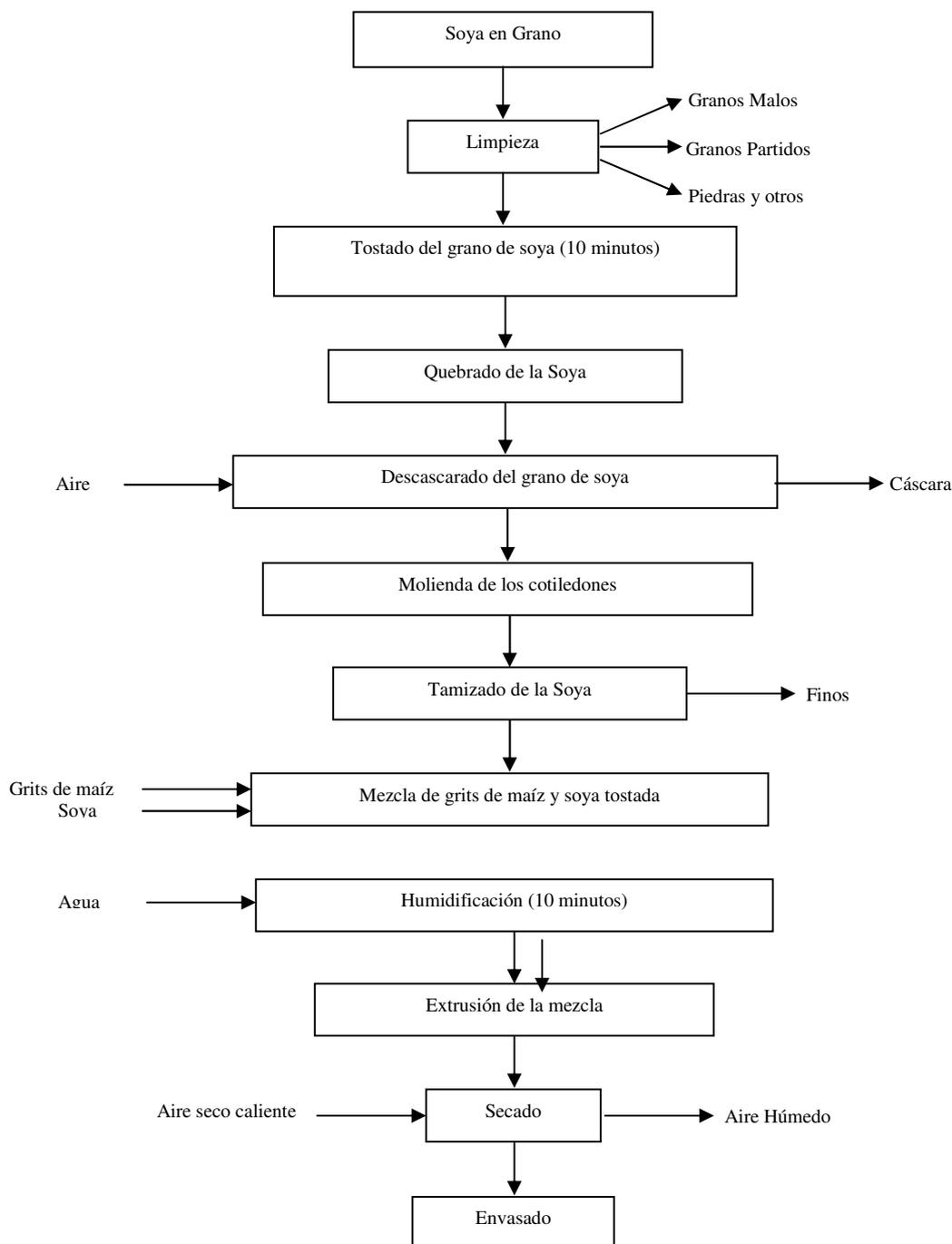


Figura 2.1. Diagrama de flujo de la elaboración del snack grits de maíz – soya tostada a escala planta piloto.

Mezcla grits de maíz/ soya

Se mezclaron 500g entre grits de maíz/soya y se realizó tres formulaciones en una relación de 95:5; 90:10 y 85:15.

Humidificación de la mezcla.

Los materiales grits de maíz – soya tostada fueron colocados en un mezclador Kitchen Aid modelo K5, en el cual se adicionó agua para alcanzar el nivel requerido para obtener snacks por extrusión. Para el cálculo de la cantidad de agua a ser añadida para la humidificación de la mezcla se realizó el balance de masa que se concluye en la siguiente expresión:

$$W = P * \frac{(H_2 - H_1)}{(100 - H_2)}$$

Donde:

W: Cantidad de agua a ser añadida (Kg)

P: Peso de la mezcla a procesar (Kg)

H₁: Humedad inicial de la mezcla (%)

H₂: Humedad de trabajo (%)

La humidificación se efectuó atomizando el volumen de agua sobre la mezcla en agitación colocada en un mezclador marca Kitchen Aid, modelo K5 ss.

Extrusión de la mezcla

El equipo utilizado fue un extrusor BRABENDER 20DN Modelo No. 825602, con las siguientes características:

- Diámetro del barril 1.9 cm.; L/D: 20/1
- Dos zonas de calentamiento eléctrico alrededor del barril y una zona de calentamiento eléctrico en la matriz de acoplamiento de boquilla, tanto las temperaturas de las zonas del barril, próxima alimentación (T1) y próxima a

descarga (T2), como la temperatura de la matriz (T3) son regulables entre 20°C y 400°C y se controlan mediante termocuplas instaladas en las zonas correspondientes. Cada zona de calentamiento del barril posee tomas para conexiones de aire de enfriamiento.

- La zona de ingreso de la alimentación del tornillo del extrusor está provista de una chaqueta de enfriamiento con circulación de agua.
- El motor, DO-CORDER BRABENDER DCE 330, es de velocidad variable capaz de controlar la velocidad del tornillo entre 0 y 240 RPM.
- La temperatura del producto en la matriz (Tc) y el torque, son registrados en una carta durante el proceso de operación del extrusor.
- El equipo cuenta con tornillos simples intercambiables.
- El diámetro de la raíz del tornillo se incrementa gradualmente dando relaciones de compresión 2:1; 3:1; 4:1.
- Si bien el equipo está provisto de un alimentador de velocidad regulable, este resulta ser inadecuado para asegurar una alimentación homogénea y suficiente, de tal forma que es reemplazado por uno tipo tolva que se ajusta directamente a la zona de alimentación del tornillo, permitiendo mantener una alimentación a saturación durante el desarrollo del proceso de extrusión de las muestras.
- Acoplado a la matriz del extrusor, un cortador de cuchillas planas de velocidad regulable permite seleccionar la longitud adecuada de los bocadillos expandidos.

Variables del Proceso de Extrusión

Pruebas realizadas permitieron conjugar las variables del proceso y encontrar condiciones fijas y variables de estudio.

Condiciones de Operación Fijas:

- Velocidad del tornillo del extrusor: 200 RPM
- Flujo de alimentación: a saturación
- Perfil de Temperatura: $T_1 = 130$; $T_2 = 180$; $T_3 = 200$ °C

Donde: T_1 = Temperatura de la zona de alimentación

T_2 = Temperatura en la zona de amasado

T_3 = Temperatura en el dado (matriz de descarga)

Condiciones de Operación Variables:

§ Humedad de la mezcla: dos niveles:

H1= 14% y H2= 15%

§ Porcentaje de formulación de la mezcla: cuatro niveles:

100/0, 95/15, 90/10 y 85/15

§ Relación de compresión de tornillo:

1: 3 y 1:4

§ Diámetro de boquilla:

3mm y 4mm

Variables de control del producto obtenido a escala planta piloto:

Con el propósito de tener una relación directa entre las experiencias realizadas a escala planta piloto e industrial se tomaron las variables de control que se aplican en la industria de expandidos, y estas fueron: densidad y relación de expansión, indicadores importantes para caracterizar al “snack” y como características funcionales tenemos: sabor, estructura y textura que fueron determinados por consumidores potenciales.

Determinación de la densidad

La determinación de la densidad fue realizada por peso de muestras individuales del producto y se las enumeró para evitar errores, estas fueron pesadas en una balanza analítica.

En una probeta graduada de 50 ml se determinó el volumen por desplazamiento de semillas en las que las muestras fueron colocadas una a una. Por último se calculó la densidad.

Con los resultados obtenidos en esta determinación se realizó un diseño factorial con los parámetros que se describen en el Anexo 6.

Determinación de la relación de expansión

Esta determinación corresponde al cociente entre el área de la sección transversal del extruído y el área de la boquilla del extrusor. En algunos casos se expresa como la relación correspondiente de diámetros.

Con los resultados obtenidos en esta determinación se realizó un diseño factorial con los parámetros que se describen en el Anexo 7.

Determinación de la actividad ureásica del producto terminado

En la determinación de la actividad ureásica se utilizó el Método (22 -29) del A.A.C.C. (Anexo 2) que se basa en la medida de diferencia de pH registrada.

Se utilizó un pH – metro marca Orion, modelo 210 A con un electrodo marca Orion, modelo 92-06.

2.6 REALIZAR LA EXTRUSIÓN A ESCALA INDUSTRIAL DE LA MEZCLA GRITS DE MAÍZ – SOYA TOSTADA.

El proceso tecnológico seguido para la obtención del snack a escala industrial se presenta en el diagrama de flujo de la Figura 2.2

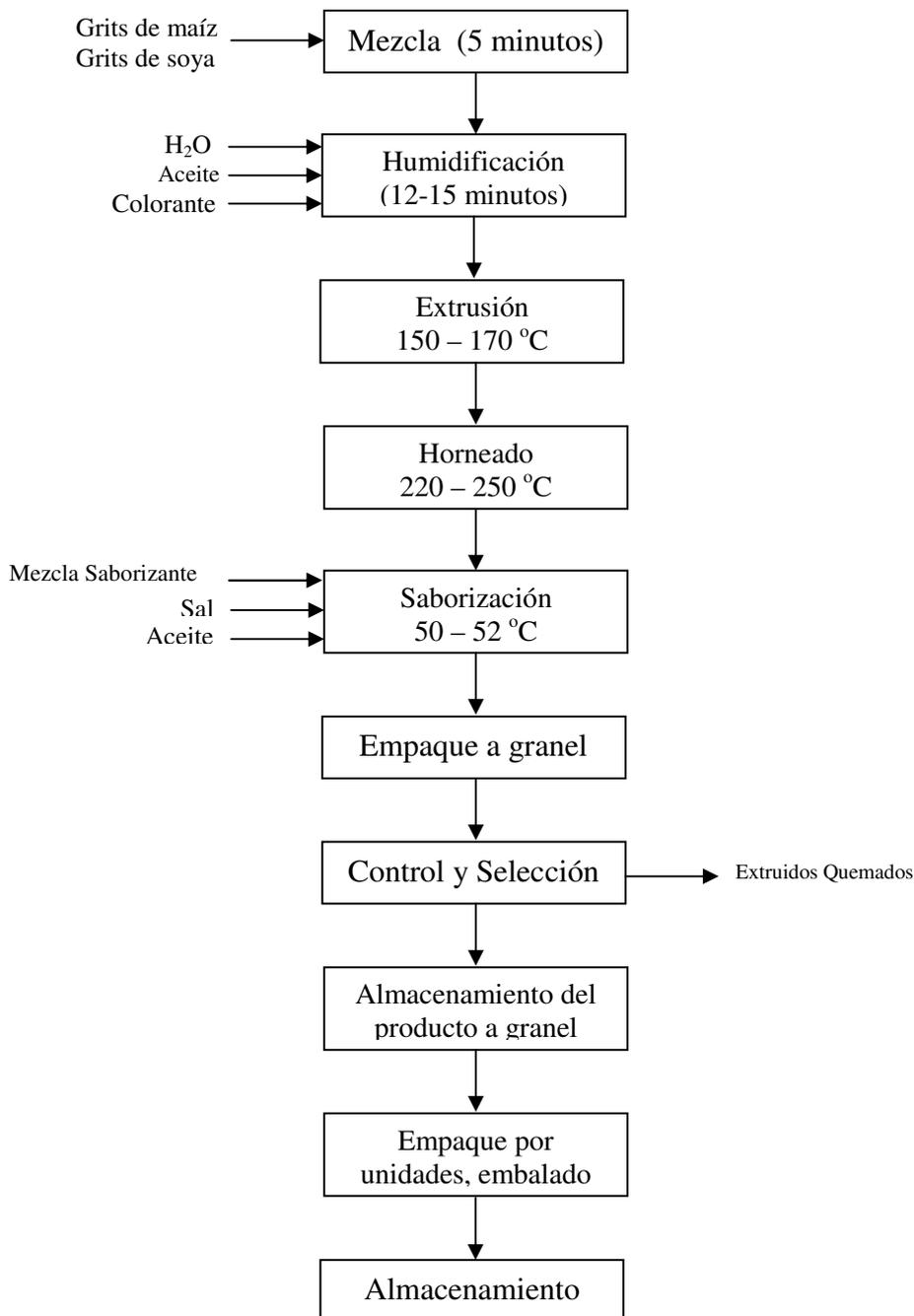


Figura 2.2. Diagrama de flujo de la elaboración del snack grits de maíz – soya tostada a escala industrial

Pesaje y mezcla

Se pesa los ingredientes grits de maíz y soya tostada, y se colocan en la mezcladora vertical de tornillo, a los 5 minutos se incorpora: agua, aceite y colorante de acuerdo a la formulación del producto a extruirse, se homogeniza de 15 a 17 minutos para un peso de 24 kg.

Extrusión

Para esta operación se utilizó un extrusor con calentamiento por fricción. Las características del equipo extrusor industrial son: diámetro de tornillo 75mm, longitud 32cm, diámetro de barril o camisa 78mm , motor motriz de 300 RPM, matriz o dado de salida de 4 canales de 1.5mm, cuchilla cortadora accionada a 960 RPM para el snack que varía de acuerdo al producto.

Variables de proceso de extrusión:

Condiciones de operación fijas:

- Humedad de la mezcla: 15%
- Diámetro de tornillo: 75mm de diámetro
- Diámetro de boquilla: 1.5 mm
- Barril del extrusor a temperatura: 160°C
- Velocidad de corte de cuchillas: 960 RPM
- Flujo de alimentación: a saturación
- Velocidad del tornillo del extrusor: 300RPM

Condiciones de operación variables:

La única condición de operación variable utilizada fue el porcentaje de mezcla (maíz/soya): 100/0, 95/5, 90/10 y 88/12.

El largo y diámetro de los extruídos son monitoreados a la salida del extrusor, los que son verificados por medida y dan cumplimiento a estándares que se indica en la Tabla 2.1

Tabla 2.1. Tamaño y diámetro de los productos extruídos a la salida del extrusor

PRODUCTO	LARGO(mm)	DIÁMETRO (mm)
Pequeño	38 – 40	17 - 19.5
Mediano	45 – 50	17 - 19.5
Grande	55 – 60	17 - 19.5
Gigante	75 – 70	17 - 19.5

Transporte del extruído al horno

La descarga del expandido cortado ingresa a un ducto que con la ayuda de aire generado por un ventilador es transportado al horno.

Horneado

Se lo realiza en tambores rotatorios calentados por una fuente de combustión directa de gas GLP, registrando una temperatura de 220 °C a 250 °C.

Saborización

Los extruídos horneados ingresan a un tambor rotatorio provisto con instalación de boquillas de aspersion de aceite a la entrada del producto.

En el extremo de salida tiene instalado un alimentador vibrador utilizado para la saborización con sólidos y el salado del producto.

Empaque a granel y pesaje

El producto saborizado se deposita en fundas plásticas de 32cm x 60cm, son pesadas, este registro permite controlar el flujo de mezcla de producción.

El peso de cada funda a granel es de 8,5 a 8,7 kg.

Control y selección

Se verifica que el producto a granel no tenga partículas de carbón o producto quemado, en caso de haberlo se procede a seleccionarlo y a eliminarlo.

Empaque por unidades

El producto es empacado en bolsas de polipropileno trilaminado de alta densidad, barrera contra humedad y sistema termosellable.

El empaque se realiza en máquinas volumétricas, en donde se muestrea y pesa cada producto dependiendo de la presentación, el error máximo permisible en peso neto es de $\pm 3g$.

Fijación de las variables de control del producto obtenido a escala industrial:

Caracterización física

La caracterización de la densidad, relación de expansión y determinación de la actividad ureásica tanto de los productos expandidos a escala planta piloto como a escala industrial fue la misma.

El procedimiento es el mismo indicado en el numeral 2.4.1.

Caracterización química - nutricional

Fueron analizados 100g del producto expandido a escala industrial, empacado en fundas de polipropileno, de alta densidad y termosellables.

Los métodos aplicados para la caracterización química - nutricional son los mismos indicados en el numeral 2.1.2.

Análisis de estabilidad del producto final

Los productos expandidos fueron sometidos a un análisis de estabilidad, para lo cual se sometieron muestras del producto, que se evaluaron en un período de 180 días, almacenado a una temperatura ambiente de 18°C, transcurrido este período se determinó análisis de humedad y densidad.

2.7 ANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD

Las pruebas de aceptabilidad se realizaron utilizando muestras de 12g del producto escogidas aleatoriamente. Las muestras se entregaron a una población de consumidores potenciales cuyas edades oscilaron entre 7 y 30 años acompañadas de una encuesta (Anexo 2), que constó de una escala hedónica estructurada de 5 respuestas, solicitando que se evalúe: color, sabor, textura, aspecto y aceptabilidad.

Para la prueba se contó con el apoyo de 90 panelistas no entrenados pertenecientes a diferentes niveles de instrucción, como se indica a continuación:

- 30 alumnos de nivel escolar, cuyas edades oscilaron entre 7 y 9 años.
- 30 alumnos de nivel secundario, cuyas edades oscilaron entre 11 y 18 años.
- 30 alumnos nivel superior, cuyas edades oscilaron entre 19 y 30 años.

2.8 ANÁLISIS DE FACTORES DE COSTO

Para el análisis de factores de costo se tomó en cuenta el precio de las materias primas, tomando como base de cálculo el kilogramo del grits de maíz y kilogramo de grano de soya.

Se determinó el precio de kilogramo de grits de soya en base al rendimiento obtenido.

Se realizó el análisis de costo unitario del producto 100% maíz y del producto con formulación (maíz /soya) tomando en cuenta que: la mano de obra directa y los costos indirectos de fabricación son constantes para la producción de los dos tipos de snacks, la variación es el costo de materia prima. (Anexos 7-10)

Los productos se realizaron en dos presentaciones 12g y 40g y por último se calculó el costo de unidad producida para las dos clases de snacks procesados.

3.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS

Caracterización física

Perfil Granulométrico (grits de maíz):

La caracterización física del grits de maíz se realizó por análisis granulométrico cuyos resultados se presentan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1. Análisis granulométrico del grits de maíz

Tamiz N°	Perforación del tamiz($\varnothing=\mu\text{m}$)*	Material Retenido (%)*
20	850	64.53 \pm 0,5
40	425	30.53 \pm 0,3
50	300	3.93 \pm 0,3
80	180	0.53 \pm 0,2
100	150	0.26 \pm 0,2
Base	---	---

*Promedio de 5 determinaciones

La selección de los materiales a utilizar tiene gran impacto en las características del producto final como textura, uniformidad, calidad nutricional, grado de expansión, etc.

El tamaño de la partícula constituye un factor importante debido a que los finos causan problemas en la zona de alimentación del extrusor y consecuentemente en el flujo del proceso de extrusión.

En la figura 3.1 se puede observar el porcentaje de material retenido dependiendo de la perforación del tamiz.

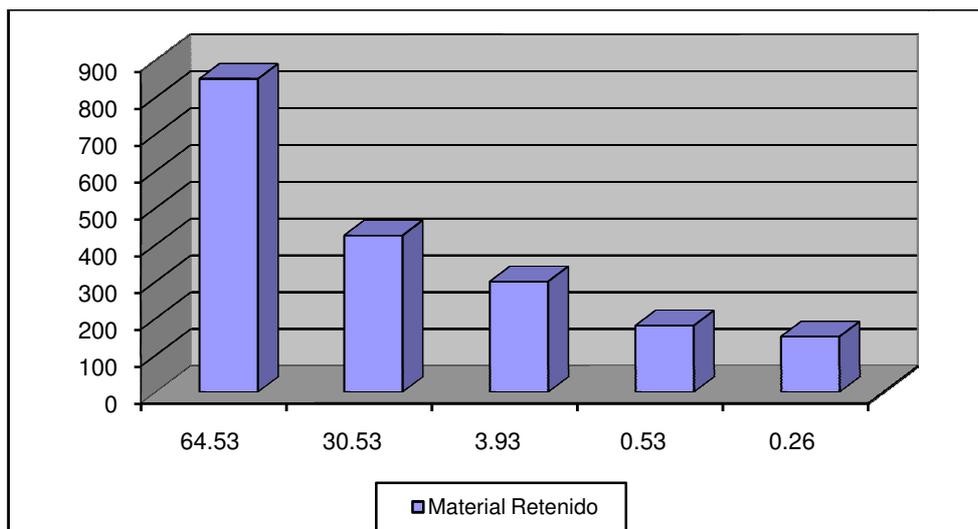


Figura 3.1. Material retenido(%) dependiendo de la perforación del tamiz

El tamaño promedio de partícula del grits de maíz que se utilizó para el proceso de extrusión fue del 95.06% de 600 – 425 micras y lo restante en finos es decir una mínima cantidad.

Tipo de grano (grano de soya):

Las siguientes medidas corresponden al tipo de grano de soya:

- Longitud (L): $6,7 \pm 0,5$ mm
- Diámetro (D): $5,5 \pm 0,5$ mm
- Relación L/D: 1,21

Grado de calidad (grano de soya): En la tabla 3.2. se presenta la calidad de los granos de soya.

Tabla 3.2. Calidad de los granos de soya

Calidad del grano	Composición %*
Granos enteros y sanos	$96,6 \pm 0,3$
Grados manchados	$0,8 \pm 0,2$
Granos quebrados	$1,5 \pm 0,5$
Impurezas	$1,1 \pm 0,5$

*Promedio de tres determinaciones

Las características de dureza del tegumento y/o su constitución química (fenoles, flavonoides) del grano le confiere la propiedad de resistir en mayor o menor medida la agresividad de los elementos mecánicos durante la cosecha. En general, los tegumentos que poseen mayor cantidad de lignina son los más resistentes al daño, ya sea mecánico o climático.¹⁹

Numerosas son las causas de rotura del grano, algunas controlables mediante regulaciones y el mantenimiento de los elementos mecánicos y otras irreversibles que por inclemencias meteorológicas, predisponen al grano a una mayor susceptibilidad a ser dañado. La única forma de evitar este daño es, en los casos que se pueda, adelantar la cosecha, evitando que el cultivo quede susceptible a ser dañado climatológicamente.¹⁹

El impacto que recibe el grano de soya al llegar a los elementos de trilla, es la causa más importante de la rotura de granos. En caso de que el productor no sufra los descuentos en forma directa, cualquier daño de tipo físico predispone a los granos a una mayor susceptibilidad al ataque de hongos e insectos durante el almacenamiento, lo cual puede dar origen a que la cantidad de granos dañados exceda la base de tolerancia del 5 % (según normas hoy vigentes) siendo el excedente duramente castigado con rebajas del 1 % por cada por ciento o fracción proporcional.¹⁹

En la medida que los granos se encuentren inalterados en su condición, es decir enteros, sin rasgaduras visibles a primera vista, menor será el deterioro ocurrido durante el almacenamiento y mayor la calidad final obtenida, ya sea para uso industrial o como semilla. Los granos de soya con los que se realizó el trabajo cumplen con una pureza física aceptable.¹⁹

¹⁹ "Proyecto de Eficiencia de Cosecha y Poscosecha de Granos" (Roskopf, D., Mendez, J., 2005) Santa Fe-Colombia

Peso de 100 granos (grano de soya):

El conteo de 15 muestras, cada una de 100 granos enteros, permitió establecer el peso promedio, el mismo que responde al valor de $20,06 \pm 0,83$ g.

Caracterización química

Los resultados de la caracterización química de los materiales utilizados que formaron parte del producto enriquecido se presentan en la Tabla 3.3

Tabla 3.3. Composición química del grits de maíz y soya

ITEM	GRITS DE MAÍZ (%)	SOYA(%)
Humedad	13,50	9,16
Proteína	9,16	40,16
Extracto etéreo	1,40	18,21
Carbohidratos	74,68	27,25
Fibra	2,16	13,65
Cenizas	1,26	5,22

La soya se identifica con mayor contenido en cuanto a proteína vegetal completa, de alta calidad, que tiene la misma calidad proteica que la carne, la leche y los huevos.

La proteína de soya tiene la puntuación PDCAAS más alta posible para una proteína (1,0). Dicha puntuación es la medida de la digestibilidad y disponibilidad de los aminoácidos esenciales, además como oleaginosa presenta un alto aporte en extracto etéreo.

3.2 COMPUTO AMINOACÍDICO

El aminoácido limitante de cada materia prima se lo identificó realizando el computo químico por separado de cada una y de esta manera lograr elevar su disponibilidad mediante la complementación nutricional de la mezcla que se observa en la tabla 3.4.

Tabla 3.4. Aminoácido Limitante de la materias primas

Aminoácidos	MAIZ	SOYA
	AA / Patrón FAO(%)	
Isoleucina	96,4	143,6
Leucina	151,14	106,82
Lisina	53,53*	119,41
Azufrados	94,09	89,09*
Triptófano	63,33	396,67

*Aminoácido Limitante

Los resultados de la tabla 3.4 indican que el aminoácido limitante del maíz es la lisina y de la soya son los azufrados, para elaborar el snack enriquecido se escogió como ingrediente a la soya que ayuda a complementar la distribución aminoacídica en la mezcla, elevando el contenido de proteína. El cómputo químico de las mezclas se presenta en la tabla 3.5

Tabla. 3.5 Cómputo Químico de las mezclas (maíz/soya)

Aminoácidos	Composición de la mezclas (maíz/soya)					
	95/5	90/10	88/12	87/13	86/14	85/15
Isoleucina	106,96	114,25	116,57	117,63	118,64	119,59
Leucina	141,23	134,38	132,2	131,2	130,26	129,36
Lisina	68,26	74,88	81,68	83,17	84,57	85,9
Azufrados	92,97	92,2	91,95	91,84	91,74	91,63
Triptófano	137,88	189,38	205,79	213,29	220,39	227,1

A medida que va incrementándose los componentes de formulación los aminoácidos limitantes se complementan y arrojan resultados positivos, en el que se identifica a la lisina como aminoácido limitante y que a medida que va

incorporándose la soya a la mezcla esta va adquiriendo un mejor score aminoacídico.

Estas mezclas teóricas tienen que ser factibles en el proceso de extrusión para obtener un producto con características de densidad, relación de expansión y con funcionalidad de sabor, estructura y textura del producto final.

3.3 OBTENCIÓN DE GRITS DE SOYA

Porcentaje de rendimiento (grits de soya)

El porcentaje de rendimiento que se obtuvo en el proceso de obtención de grits de soya esta detallado en la Tabla 3.6

Tabla 3.6. Análisis de rendimiento del grits de soya

	% De Rendimiento*
Grits de soya	84.5
Desperdicios	8.2
Cáscara	7.3

*Promedio de 5 determinaciones

El análisis de rendimiento del grits de soya indica que la eficiencia del proceso no es tan ventajosa debido a que se desperdicia un 15,5% de la materia prima y esto representa costos en el proceso.

Lo recomendable sería que al material descartable (15.5%) se le de un valor comercial disminuyendo los costos de producción de grits de soya.

Perfil granulométrico (grits de soya)

La caracterización granulométrica del grits de soya se presenta en la tabla 3.7.

Tabla 3.7 Análisis granulométrico del grits de soya

Tamiz N°	Perforación del tamiz($\text{Ø}=\mu\text{m}$)	Material Retenido (%)*
20	850	75.30 \pm 0,3
40	425	10.06 \pm 0,1
50	300	5.86 \pm 0,2
80	180	7.46 \pm 0,3
100	150	0.60 \pm 0,1
Base	---	0.13 \pm 0.1

*Promedio de 5 determinaciones

Los resultados obtenidos, reflejan que un 15% de la materia prima procesada no se utilizará en el proceso de extrusión debido a que en la producción de bocadillos expandidos los materiales deben ser procesados en forma granular y no se requiere de ingredientes tipo harina.

En la figura 3.3 se puede observar el porcentaje de material retenido dependiendo de la perforación del tamiz.

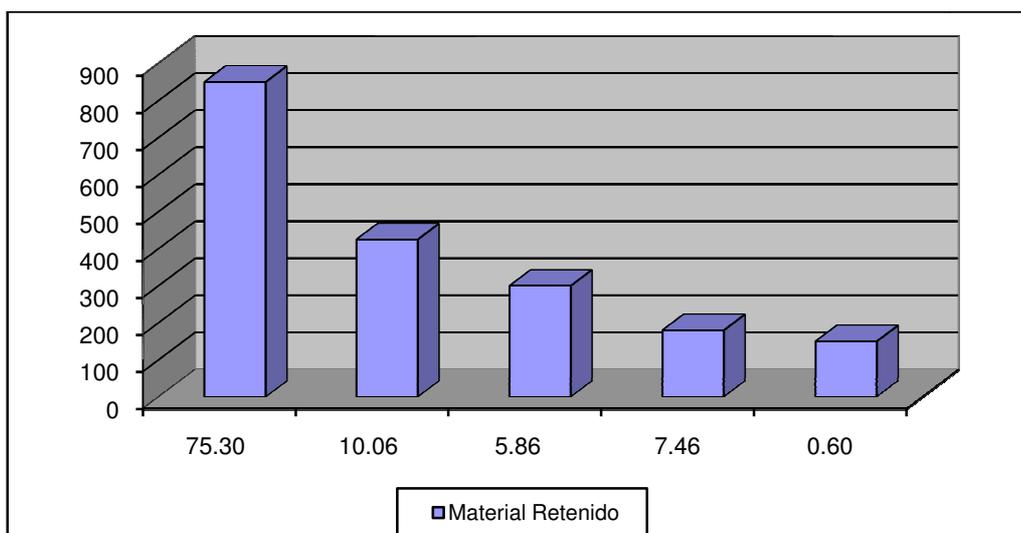


Figura 3.3. Material retenido(%) dependiendo de la perforación del tamiz

El tamaño promedio de partícula del grits de soya que se utilizó para el proceso de extrusión fue del 85.36% de 600 – 425 micras, un 5.86% de 300 micras que es un mínima cantidad de finos, el resto de la materia prima que representa un 8.19% no se utiliza porque causa problemas en la alimentación del extrusor.

3.4 CONDICIONES DE TOSTADO

El objetivo de este tratamiento es aplicar la cantidad óptima de calor para obtener un producto con mayor valor nutricional y facilitar el proceso de descascarado.

Un calentamiento insuficiente influye negativamente sobre la digestibilidad de los aminoácidos, porque los factores antinutritivos no se destruyen y un calentamiento excesivo desnaturaliza la proteína.²⁰

La soya al igual que muchas leguminosas posee lecitinas y otros factores anticoagulantes como los bloqueadores de la tripsina (enzima proteolítica del jugo pancreático), que impiden un aprovechamiento eficiente de la proteína presente en el alimento. Cualquier método que se utilice, debe permitir el posterior molido del grano para mezclarlo con los demás ingredientes. Tomando esto a consideración, los métodos más apropiados resultan el tratamiento calórico húmedo, tostado u horneado.²⁰

El tostado de la soya debe ser cuidadoso ya que el exceso de calor aplicado causa reacciones que forman compuestos entre azúcares y aminoácidos dando origen a las reacciones de Maillard que no son digeribles.²¹ El efecto del tiempo de tostado en la actividad ureásica valorada como variación del pH se presenta en la figura 3.2 en la que se observa que la disminución de la variación del pH es directamente proporcional con el tiempo de tostado.

²⁰ www.bensoninstitute.org/Agriculture/FoodInstitute/Corporation

²¹ "Calidad de la harina de soya sometida a distintos tratamientos térmicos para inactivar los factores antinutricionales" Ramos N., Luquez J.
www.acsoja.org.ar/mercosoja2006/trabajos_pdf/T188.pdf

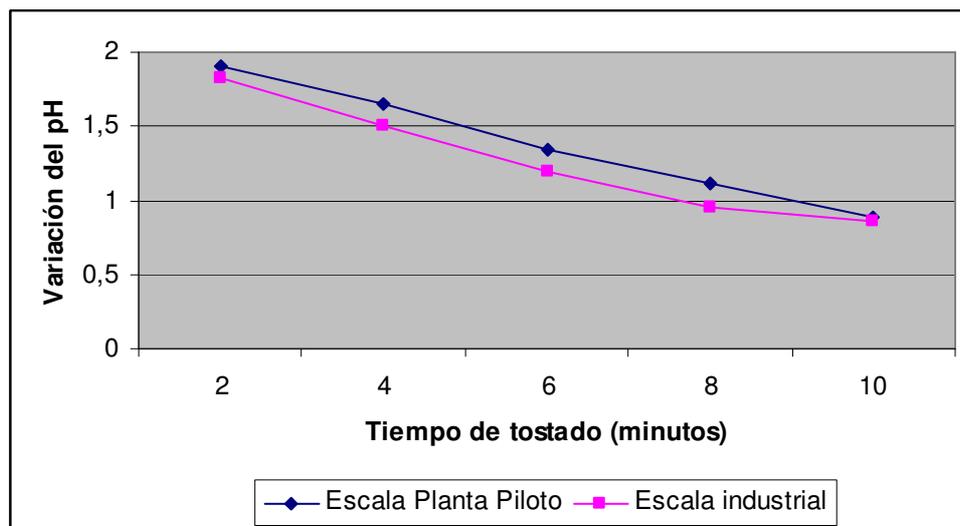


Figura 3.2.- Variación del pH en función del tiempo de tostado

El tiempo necesario para que la soya reduzca los factores antinutricionales y facilite el descascarado fue de 10 minutos y 120°C a escala planta piloto y 10 minutos y 150°C a escala industrial en donde se observa que la variación de pH disminuye en mayor proporción cuando se suministra mayor calor, sin embargo, si se sobrecalienta una fuente proteica, la disponibilidad de sus aminoácidos, especialmente de la lisina, disminuye. Además, un tratamiento inadecuado reduce la estabilidad oxidativa de la grasa contenida en el poroto.

3.5 EXTRUSIÓN A ESCALA PLANTA PILOTO

Humidificación de la mezcla

Este es un factor clave para la extrusión, pues el agua actúa como plastificante de los biopolímeros y tiene una gran importancia en las modificaciones de los almidones y proteínas. El ajuste de humedad para el proceso de extrusión se muestra en la tabla 3.8.

Tabla 3.8 Ajuste de la humedad para el proceso de extrusión a nivel planta piloto

Formulación de mezcla maíz/soya(%)	Humedad inicial de la mezcla	Humedad ajustada
95/5	13,27%	14% y 15%
90/10	13,07%	14% y 15%
85/15	12,84%	14% y 15%

Se estableció como humedad de mezcla 14% y 15% porque estas suministran un producto más blando y delicado con poros de paredes finas en su interior y que son apropiados para bocadillos expandidos en base a cereales almidonosos y en algunos casos para formulaciones que incluyen material proteico.

Variables de control del producto obtenido a escala planta piloto:

Densidad de los productos expandidos

Se ensayaron varias formulaciones de mezcla maíz - soya, con las que se realizaron ensayos combinando: humedad, relación de compresión de tornillo y diámetro de boquilla.

Para determinar cual de los ensayos fue el más conveniente, se realizó un análisis de densidad que es el parámetro que refleja la calidad del producto final en lo que respecta a textura, apariencia y homogeneidad por lo cual se toma como variable de control principal. (Anexo1)

En las figuras 3.4 y 3.5 se presentan la variación de la densidad en base a la composición de la mezcla, relación de compresión de tornillo, diámetro de boquilla de descarga y humedades de trabajo.

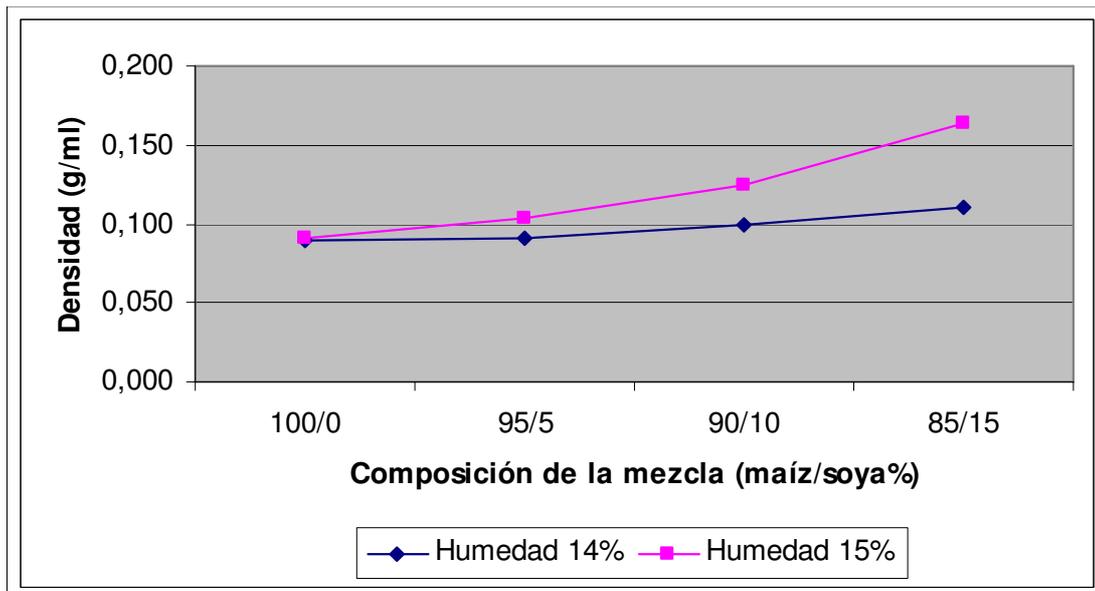


Figura 3.4. Densidad del producto extruído en función de la composición de mezcla (maíz/soya); relación de compresión de tornillo 1:3 y diámetro de boquilla 3mm.

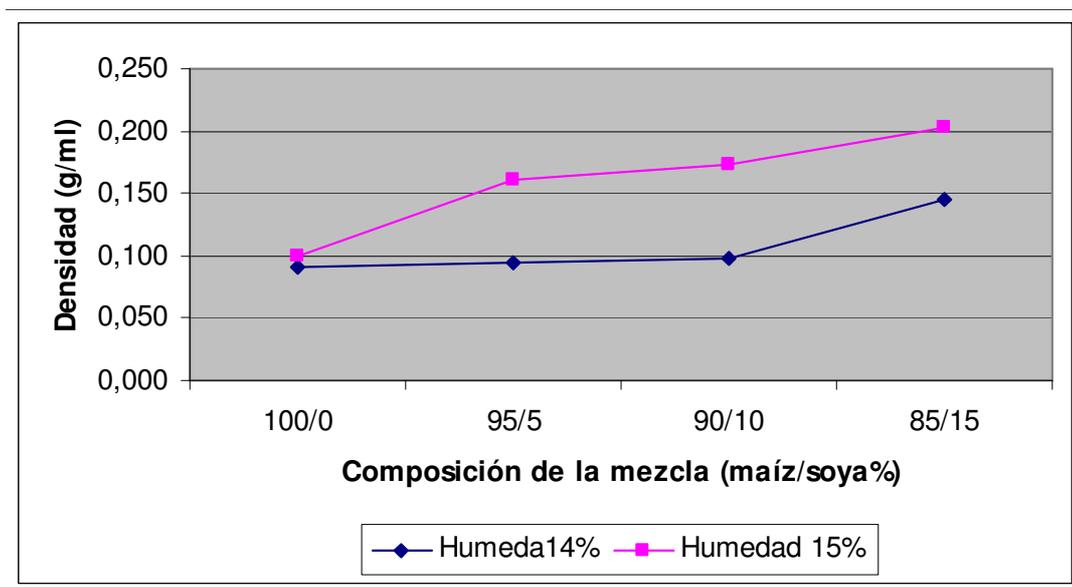


Figura 3.5. Densidad del producto extruído en función de la composición de mezcla (maíz /soya); relación de compresión de tornillo 1:4 y diámetro de boquilla 4mm.

Los resultados nos indican que el incremento de la humedad en el material de alimentación es directamente proporcional al incremento en la densidad, es decir que a escala planta piloto la mejor opción es una humedad de 14%.

La influencia de la modificación de la relación de compresión de tornillo y diámetro de boquilla de descarga se analizó empleando las mismas composiciones y humedades en las que se concluye que la mejor opción para trabajar a escala planta piloto es compresión de tornillo 1:3 y diámetro de boquilla 3mm.

Con respecto a la composición de mezcla del producto se realizó comparaciones entre las densidades más bajas obtenidas que se observan en la tabla 3.9

Tabla 3.9 Porcentaje de variación de densidades del producto 100% maíz con respecto a la mezcla maíz/soya

Formulación de la Mezcla (maíz/soya)	Densidades g/ml (A)	Densidades g/ml (B)	% de Variación respecto al producto 100% maíz	
			Densidades % (A)	Densidades % (B)
100/0	0.089	0.091	-----	-----
95/5	0.091	0.095	2.24	4.39
90/10	0.1	0.098	12.35	7.69
85/15	0.11	0.145	23.59	59.34

Densidad (A): Compresión de tornillo 1:3,Boquilla 3mm

Densidad (B): Compresión de tornillo 1:4, Boquilla 4mm

Con estos datos se puede determinar que el incremento de soya en la mezcla hace que el producto se vuelva más pesado y afecte significativamente la apariencia y textura del mismo.

Diseño Experimental (Densidad)

En el Anexo 5 se presentan los valores de densidad empleado como parámetro de control de diseño experimental. Los valores de F obtenidos en el análisis de varianza permitieron determinar las diferencias estadísticas entre los tratamientos y se indican en la tabla 3.10

Tabla 3.10 Valores del producto extruido (Densidad)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Valores de F calculados	Valor de F	
			5%	1%
Tratamiento	4	26.591	2.53	3.65
Composición	3	11.952.162**	2.76	4.13
Humedad	1	18.850.931**	4.00	7.08
C*H	3	2.226.759**	2.76	4.13
Tornillo y Boquilla	1	12.509.571**	4.00	7.08
C*T.B.	3	2.438.749**	2.76	4.13
H*T.B.	1	1.861.500**	4.00	7.08
C*H*T.B.	3	602.665**	2.76	4.13
Error	60			

T.B. = Tornillo y Boquilla

C = Composición

H = Humedad

** Altamente Significativo

El análisis de varianza demostró que existe diferencia significativa del 1% al 5% en todas las fuentes de variación, teniendo efectos mayores las composición de mezcla, la humedad y la relación de compresión de tornillo – boquilla.

Relación de expansión

En las tablas 3.11 y 3.12 se presenta los valores de la relación de expansión dependiendo de la variación de la composición de mezcla, humedades, compresión de tornillo y del diámetro de la boquilla de descarga de los productos expandidos.

Tabla 3.11 Variación de la relación de expansión del producto a escala planta piloto respecto a la composición de mezcla, humedades (14% y 15%), compresión de tornillo 1:3 y diámetro de boquilla 3mm

Composición de la mezcla	14%	% de Variación	15%	% de Variación
100/0	0.311	-----	0.308	-----
95/5	0.308	0.964	0.304	1.298
90/10	0.277	10.93	0.273	11.366
85/15	0.250	19.61	0.246	20.129
Compresión de tornillo	1:3			
Diámetro de boquilla	3mm			

Tabla 3.12 Variación de la relación de expansión del producto a escala planta piloto respecto a la composición de mezcla, humedades (14% y 15%), compresión de tornillo 1:4 y diámetro de boquilla 4mm

Composición de la mezcla	14%	% de Variación	15%	% de Variación
100/0	0.215	-----	0.211	-----
95/5	0.208	3.255	0.202	4.265
90/10	0.188	12.558	0.166	21.327
85/15	0.152	29.302	0.139	34.123
Compresión de tornillo	1:4			
Diámetro de boquilla	4mm			

Los resultados de los valores nos indican que al aumentar la composición de la mezcla la relación de expansión disminuye en 19.61% a humedad 14%, relación de compresión de tornillo 1:3 y diámetro de boquilla 3mm, parámetros más recomendables para trabajar a escala planta piloto debido a que los otros disminuyen en mayor proporción la expansión del snack y no es recomendable.

Diseño Experimental (Relación de Expansión)

En el Anexo 6 se presentan los valores de la relación de expansión empleado como parámetro de control de diseño experimental. Los valores de F obtenidos en el análisis de varianza permitieron obtener las diferencias estadísticas entre los tratamientos y se indican en la tabla 3.13

Tabla 3.13 Valores de F del producto extruído (Relación de expansión)

Fuente de Variación	Grados de Libertad	Valores de F calculados	Valor de F	
			5%	1%
Tratamiento	2	0.7978	3.32	5.39
Composición	3	2.816.048**	215.71	4.51
Humedad	1	94.252**	4.17	7.56
C*H	3	19.764	215.71	4.51
Tornillo y Boquilla	1	27.099.777**	4.17	7.56
C*T.B.	3	0.533	215.71	4.51
H*T.B.	1	88.868**	4.17	7.56
C*H*T.B.	3	24.302	215.71	4.51
Error	30			

T.B. = Tornillo y Boquilla

C = Composición

H = Humedad

**Altamente Significativo

El análisis de varianza indicó que si existe diferencia significativa de 1% al 5% con la composición de la mezcla, humedad, relación de compresión tornillo – boquilla y la interacción: Humedad-Tornillo, Boquilla esto demuestra que todos los parámetros influyen en la relación de expansión del producto final.

Actividad ureásica

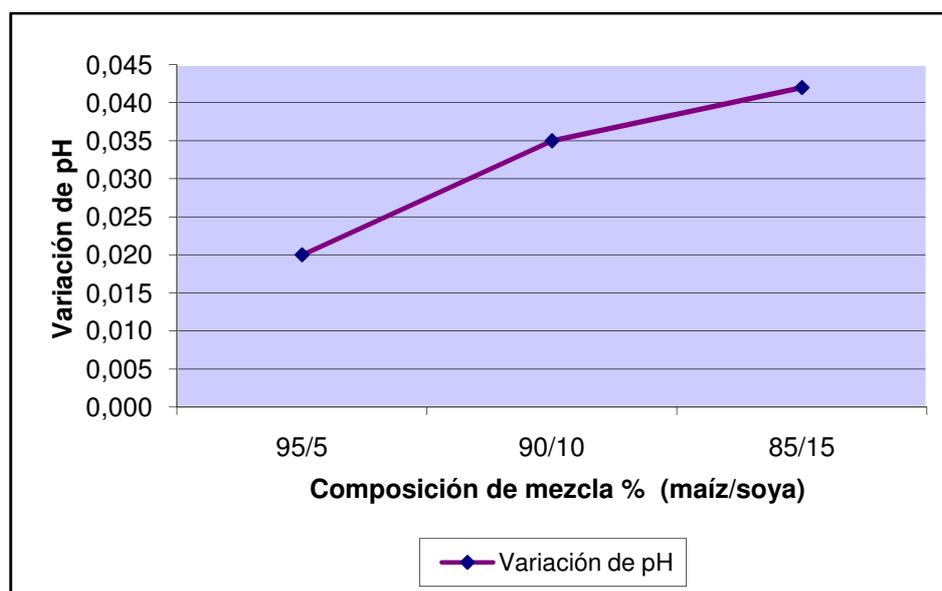
Los porotos de soya y sus derivados tienen gran riqueza en proteínas de elevado valor biológico y razonable digestibilidad, que los convierten en una fuente nitrogenada de reemplazo con costo sustancialmente inferior a las proteínas de origen animal. Sin embargo, la presencia de compuestos químicos tales como inhibidores de tripsina y de quimotripsina, lectinas, taninos, fitatos y saponinas, denominados genéricamente antinutrientes o factores antinutricionales disminuyen la eficiencia nutricional de dietas de soya respecto a lo que se podría esperar si sólo se tuviera en cuenta su composición química.²²

²² www.bensoninstitute.org/Agriculture/FoodInstitute/Corporation

Estos antinutrientes, de naturaleza proteica y diferente termoestabilidad, son inactivados mediante tratamientos térmicos habituales durante el acondicionamiento de los productos de soya antes de su consumo. La temperatura, el tiempo de aplicación y las condiciones de humedad a las que se lleva a cabo el tratamiento deben ser rigurosamente controlados debido a que se corre el riesgo de ocasionar, en eventuales casos de temperaturas y tiempos anormalmente elevados disminución de la biodisponibilidad de aminoácidos esenciales como la lisina, con defectos nutricionales de gravedad variable.²³

Según estándares óptimos esta actividad ureásica del poroto tratado debe oscilar alrededor de 0.2 unidades de PH. Considerándose que los valores deben estar en un rango de 0,05 a 0,2 unidades de pH.²³

La variación de la diferencia de pH en función de la composición de la mezcla (maíz/soya) del producto a escala planta piloto se observa en la figura 3.6



²³ "Calidad de la harina de soya sometida a distintos tratamientos térmicos para inactivar los factores antinutricionales" Ramos N., Luquez J.
www.acsoja.org.ar/mercosoja2006/trabajos_pdf/T188.pdf

Figura 3.6- Variación de la diferencia del pH en función de la composición de la mezcla (maíz/soya) del producto a escala planta piloto

La actividad ureásica presente en los porotos de soya crudos disminuye notoriamente después de los tratamientos térmicos, y su evaluación es habitualmente empleada como indicador de la eficacia del tratamiento de inhibición practicado. La actividad ureásica del poroto de soya, además de provocar un sabor ácido, se presenta como un indicador de la existencia del factor antitripsina.

En la figura 3.6 se observa los datos obtenidos de las distintas mezclas sometidas a extrusión a escala planta piloto que nos indican que entre mayor sea el contenido de soya en el producto la variación de pH va aumentando proporcionalmente.

Todas las formulaciones oscilan en el rango de 0,05 y 0,2 valores que se encuentran dentro de los rangos admitidos.²⁴

Si los valores sobrepasaran el rango de 0,2 indicaría que no se logró desactivar a la enzima ureasa.

3.6. EXTRUSIÓN A ESCALA INDUSTRIAL

Pesaje y Mezcla

El agua es un insumo muy importante en la mezcla de los ingredientes porque proporciona un efecto plastificante y la variación del aceite en pequeñas cantidades produce cambios en las características del producto final debido a que actúa como lubricante entre las partículas de la mezcla y el tornillo del extrusor.

²⁴ "Calidad de la harina de soya sometida a distintos tratamientos térmicos para inactivar los factores antinutricionales" Ramos N., Luquez J.
www.acsoja.org.ar/mercosoja2006/trabajos_pdf/T188.pdf

Extrusión

La mezcla debe estar correctamente homogenizada para proceder a colocarla en la tolva del extrusor. El barril del aparato a utilizarse debe alcanzar una temperatura de 160 °C y la velocidad del corte de cuchilla debe ser regulada (960 RPM) dependiendo del tamaño del producto.

En la salida del extrusor se designa personal entrenado para que monitoree el tamaño y grosor del producto expandido y si no cumple con los estándares establecidos inmediatamente se procede a variar la velocidad de las cuchillas o cambiar la formulación de la mezcla.

Horneado

Los productos que salen del extrusor generalmente no tienen características organolépticas deseadas, debido al corto tiempo de residencia en esta operación y requieren de un procesamiento adicional como el horneado o secado, el mismo que contribuye al desarrollo de la textura, aumento del tiempo de vida útil en percha y destrucción de la carga microbiana.

La permanencia del producto en esta operación es de 2 a 3 minutos, con una temperatura que varía entre 220 °C a 250 °C.

Saborización

Posteriormente al horneado los ingredientes saborizantes deben ser añadidos, previamente disueltos en aceite vegetal. El porcentaje de recubrimiento de los snacks es de 22% a 23.5%.

Empaque y Control

El peso de cada funda plástica que contiene los snacks sirve como medio para regular el flujo de la mezcla saborizante utilizada.

En el control del producto terminado todas las partículas de carbón y collects quemados son retirados.

Empaque por unidades

El material utilizado en esta última operación es importante para que el producto final se mantenga en condiciones deseadas y el tiempo de vida útil se alargue.

Una buena barrera contra la humedad del ambiente permite el confinamiento del aroma en el interior y al mismo tiempo previene que olores extraños atraviesen el empaque. (Robertson, 1993)

VARIABLES DE CONTROL PRODUCTO OBTENIDO A ESCALA INDUSTRIAL:

Se debe tomar en cuenta que los equipos que se emplearon tanto a escala planta piloto como a escala industrial fueron diferentes pero el principio de funcionamiento es el mismo, por eso se tomó las mismas variables de control del proceso.

Densidad de los productos expandidos

En la figura 3.7 se presenta el comportamiento de la densidad del producto expandido en función de la composición de mezcla, trabajado a 15% de humedad.

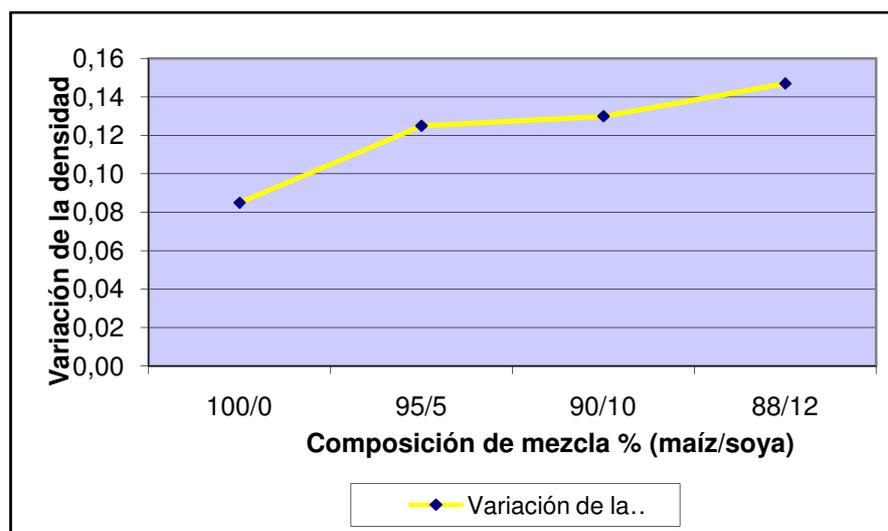


Figura 3.7.- Variación de la densidad del producto en función de la composición de la mezcla (maíz/soya) a escala industrial

Los resultados nos indican que se repite la tendencia obtenida a escala planta piloto es decir al aumentar el contenido proteico de la mezcla maíz-soya la densidad aumenta, la diferencia es que a escala industrial solo se logró llegar a una formulación de mezcla maíz 88% y soya 12%, con una variación de 73.76% en densidad respecto al producto 100% maíz.

Se trabajó a humedad de 15% porque es lo más recomendable, debido a que la consistencia del producto es fácilmente ajustada por control de humedad, así tenemos que a menores el snack tiene una estructura de celda gruesa y el sabor no es conveniente y a mayores no expande lo suficiente.

Relación de expansión

La relación de expansión con relación a la composición de mezcla del producto a escala industrial se observa en la tabla 3.14

Tabla 3.14 Variación de la relación de expansión del producto a escala industrial respecto a la composición de mezcla y al porcentaje de variación respecto al producto 100% maíz

Composición de la mezcla(maíz/soya)	Relación de expansión	% de Variación
100/0	12.60	
95/5	12.06	4.28
90/10	11.66	7.46
82/18	11.40	9.52

La tabla 3.14 nos indica que la relación de expansión de los extruídos obtenidos a escala industrial disminuye en función del aumento de la composición de mezcla (maíz/soya) debido al aumento de proteína.

La máxima composición alcanzada tiene una variación de relación de expansión 9.52% respecto al producto 100% maíz.

Actividad ureásica

La evaluación de la actividad ureásica se lo realizó en los tres ensayos y se los presenta en la Figura 3.8

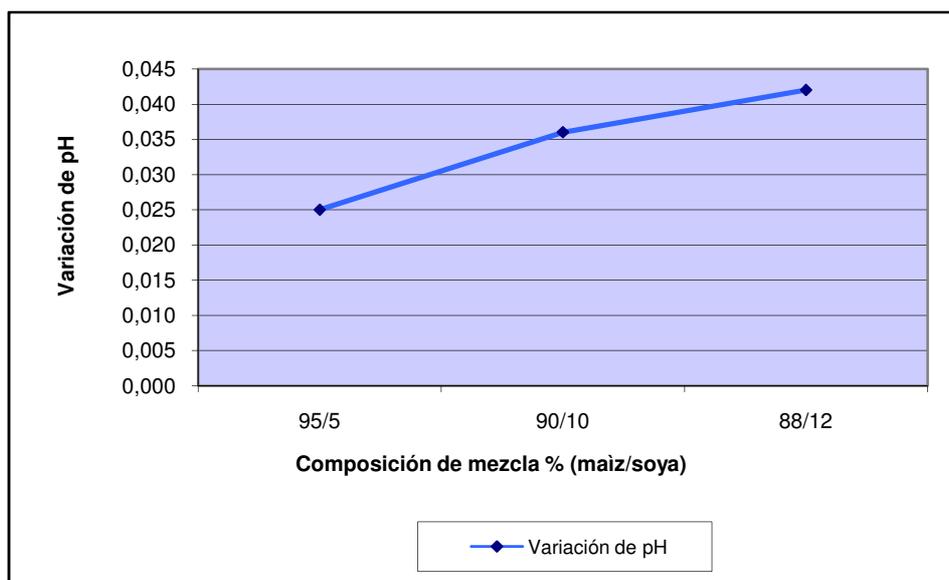


Figura 3.8.- Variación de la diferencia del pH del producto vs la formulación de la mezcla a escala industrial

Los resultados de la determinación de la actividad ureásica en los productos realizados a nivel industrial confirman que todos los ensayos oscilan en el rango de 0,05 y 0,2 que son los aceptables.

Características organolépticas

Las características organolépticas para el producto expandido se presentan en la tabla 3.15

Tabla. 3.15 Características organolépticas del producto obtenido

Ensayo Organoléptico	Producto Expandido Final
Color	Amarillo
Olor	Característico
Aspecto	Característico

El snack enriquecido con soya conserva el color, olor y sabor del producto original es decir no a sufrido ningún cambio con la adición del nuevo ingrediente.

Análisis químico - nutricional

El análisis químico nutricional se lo realizó en el producto obtenido a escala industrial con la mezcla más elevada logrado tecnológicamente en el proceso, que fue de 88% maíz – 12% soya, que se observa en la tabla 3.16

Tabla 3.16. Análisis químico del snack 100% maíz y del snack con composición de mezcla 88% maíz - 12%soya

ITEM	SNACK (100%Maíz)	SNACK (88% maíz-12%soya)
Humedad	2.07	2.05
Proteína	7.00	10,34
Extracto etéreo	10.00	16.46
Carbohidratos	78.04	68.55
Cenizas	2.89	2,60

Los resultados de la tabla 3.15 indican que el snack enriquecido con soya tiene un porcentaje más alto de proteína que el tradicional, el contenido de humedad es bajo, lo que favorece su tiempo de vida útil y las demás características son propias de un producto expandido.

Análisis de estabilidad

En las figuras 3.9 y 3.10 se presentan las variaciones de humedad y densidad de las tres formulaciones de mezcla maíz/soya (95/15, 90/10, 88/12)%, en función de los días transcurridos

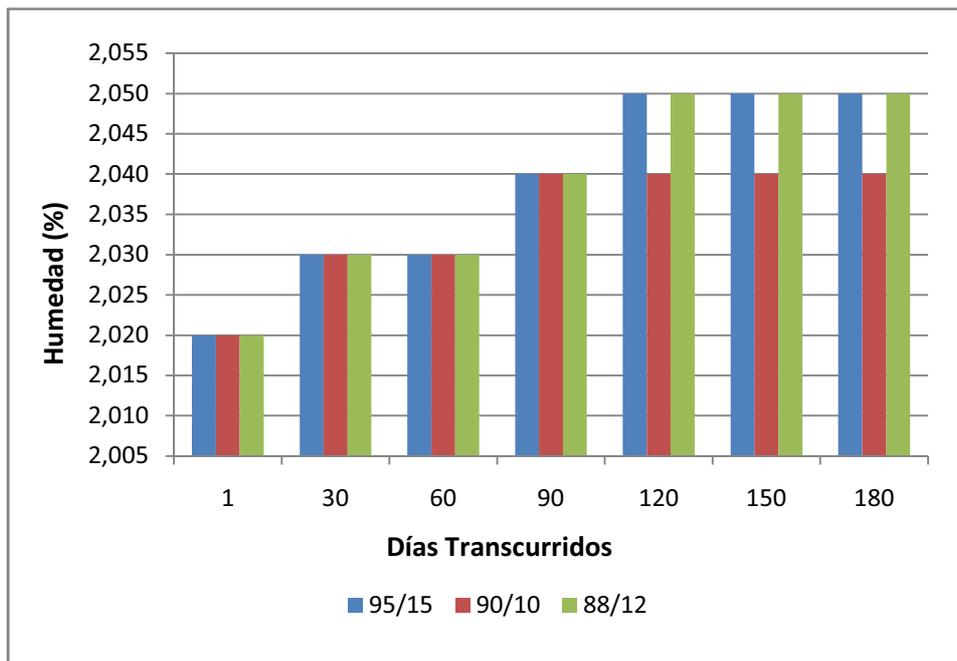


Figura. 3.9 Variación de humedad vs días transcurridos

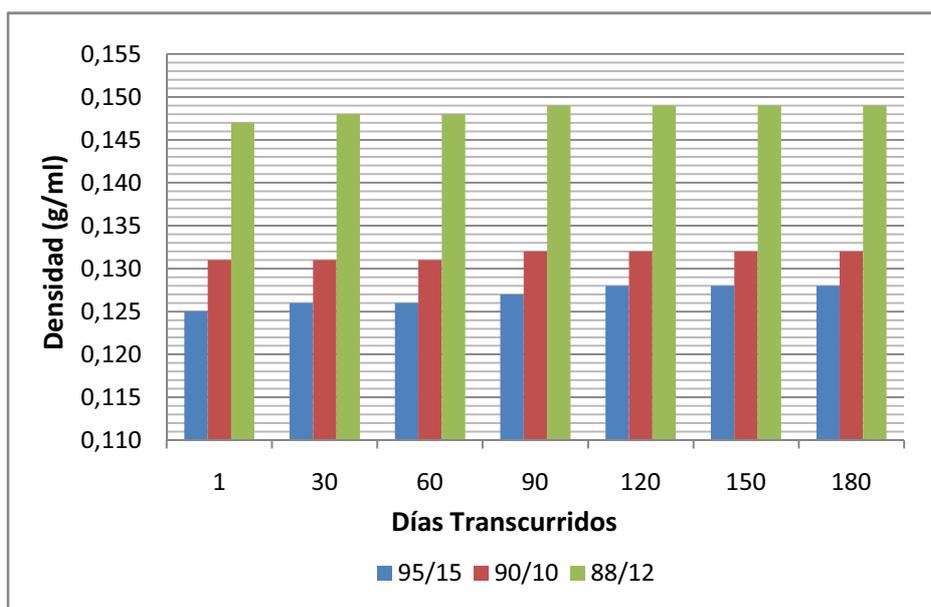


Figura. 3.10 Variación de densidad vs días transcurridos

Los resultados de la figuras 3.9 y 3.10 nos indican que los productos expandidos presentaron cambios no significativos en humedad y densidad es decir el producto almacenado por 180 días se mantiene en buenas condiciones.

Esta clase de productos se caracterizan por su baja humedad y su facilidad de captar la misma cuando se encuentran a temperatura ambiente sin tener el empaque apropiado, lo que facilita que pierdan su textura y se vuelvan blandos, y desagradables.

La calidad del empaque es muy importante por eso el que se utiliza normalmente es el trilaminado, el más ocionado para esta clase de alimentos por poseer buenas barreras contra humedad y luz.

Análisis Microbiológico

En la tabla 3.17 se presentan los resultados del recuento inicial y final (90 días) del análisis microbiológico del producto obtenido con formulación maíz/soya (88% – 12%).

Tabla. 3.17 Análisis microbiológico del producto obtenido

Análisis Microbiológico	Producto expandido maíz/soya (88/12%)	Método
Recuento total de coliformes totales(UFC*/g)	Inicio: < 10	AOAC991.14
	Final: < 10	
Mohos y levaduras (UPM**/g)	Inicio: < 10	AOAC997.02
	Final: < 10	
Recuento total de coliformes (UFC*/g)	Inicio: < 10	AOAC997.02
	Final: < 10	

*Unidades Formadoras de Colonias

**Unidades Propagadoras de Mohos

Verificadas las pruebas de estabilidad, características físico - químicas, microbiológicas y organolépticas se concluyó que el producto expandido enriquecido con soya, mantiene sus características y por lo tanto el período de vida útil es de 6 meses.

3.8 ANÁLISIS DE ACEPTABILIDAD

La mayoría de los encuestados pertenece a un nivel socio económico medio que representa el 82.51 %.

En la figura 3.11 se observa que el 60.20% de los encuestados consume una vez a la semana productos expandidos.

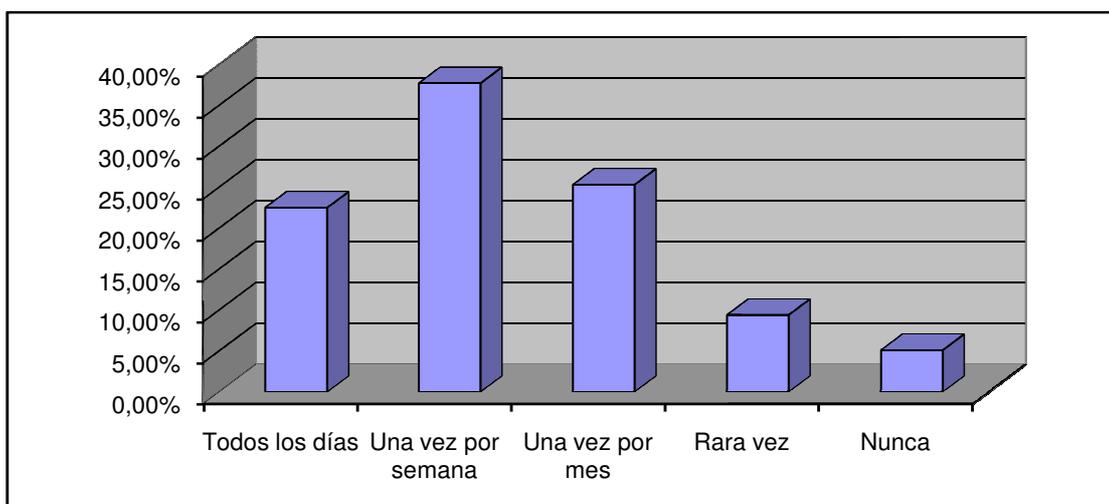


Figura. 3.11 Frecuencia de consumo de productos expandidos

Los resultados de la evaluación de los atributos propios para esta clase de alimentos se observa en la figuras 3.12 (a, b, c, d).

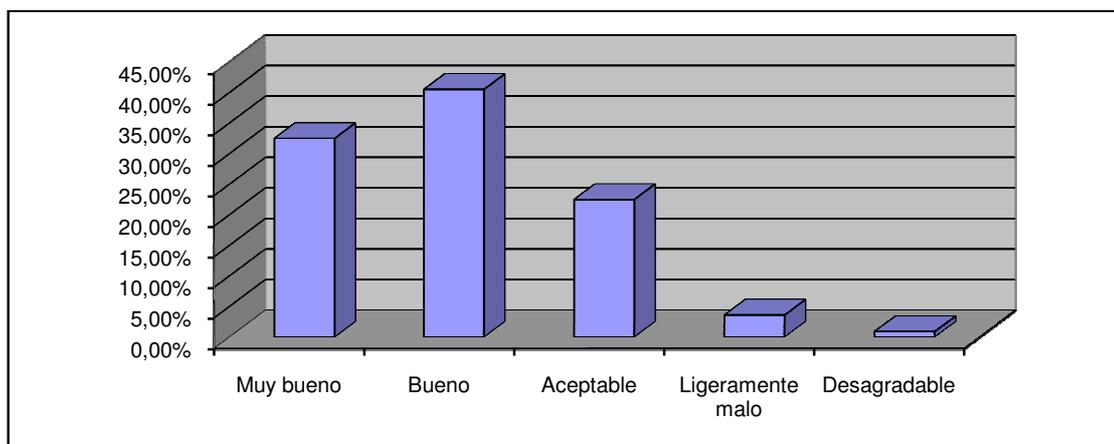


Figura.-3.12 (a) Color del producto expandido

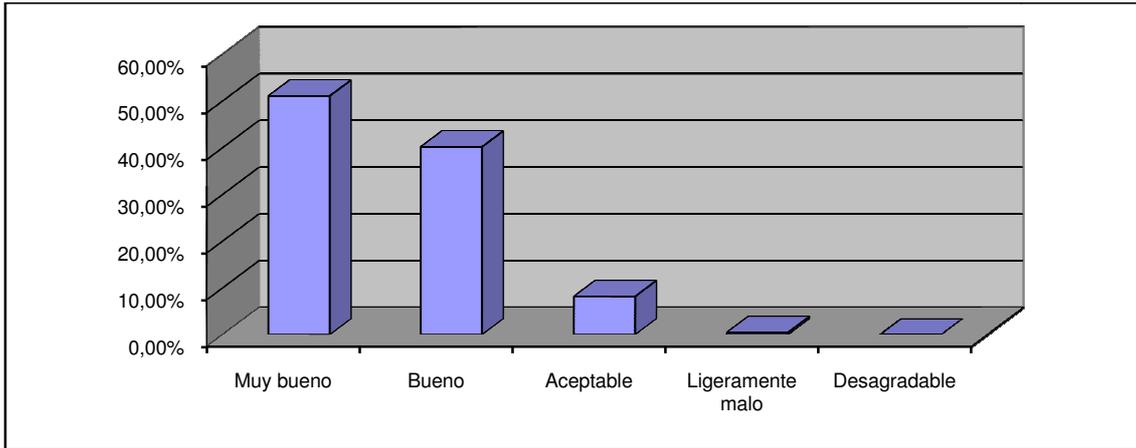


Figura. 3.12 (b) Sabor del producto expandido

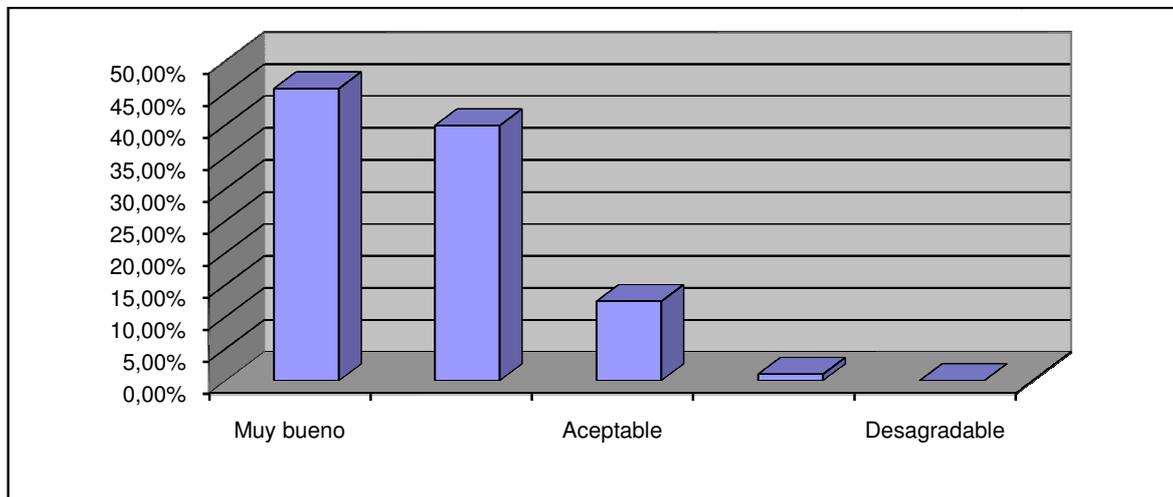


Figura.3.12 (c) Textura del producto expandido

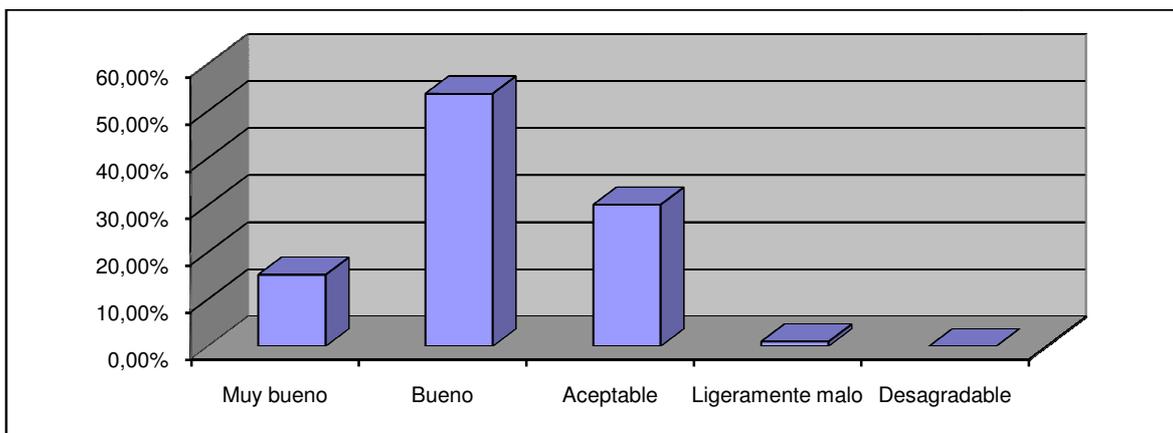


Figura. 3.12 (d) Aspecto del producto expandido

- El color del snack enriquecido con soya fue considerado bueno 40.50%.

- El sabor fue considerado muy bueno 51.10%.
- La textura fue considerada muy buena 45.70%.
- El aspecto fue considerado bueno 53.70%.

En la figura 3.13 se presenta los resultados del grado de aceptabilidad del snack enriquecido con soya.

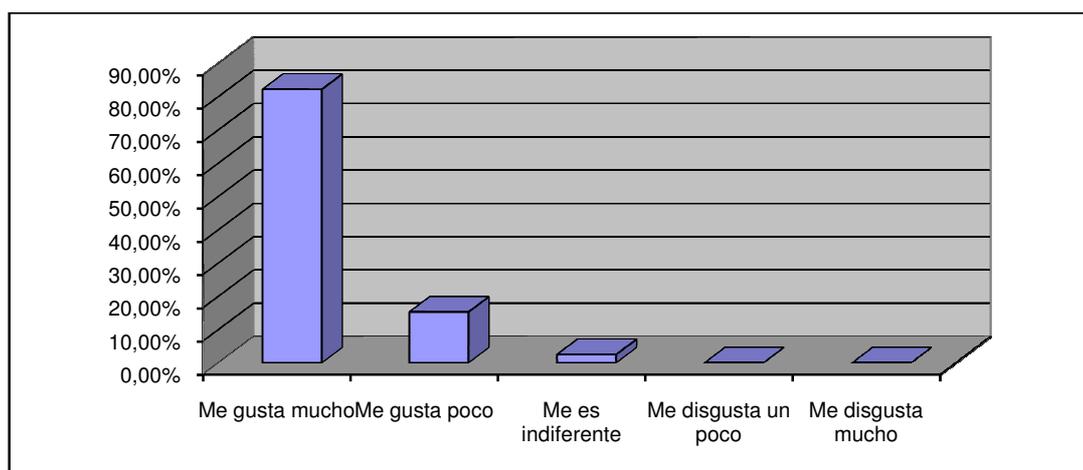


Figura. 3.13 Aceptabilidad General

De acuerdo con los resultados los “snacks enriquecidos” a base de mezcla maíz/soya tienen una aceptación de 82.20% y se presenta con buenas posibilidades de aceptación como un producto alternativo de los ya existentes en el mercado, teniendo en cuenta el mejoramiento cuantitativo y cualitativo logrado en el nivel del contenido proteico.

3.9 ANÁLISIS DE FACTORES DE COSTO

La producción de bocadillos expandidos enriquecidos con soya constituye una alternativa tecnológicamente factible para mejorar el valor nutricional de los productos de este tipo existentes en el mercado.

El mejoramiento del contenido proteico que se logra en dicho producto con respecto al producto tradicional podría constituirse un incentivo más para la

aceptación por parte del consumidor. Bajo estas consideraciones, se lo propone como un producto adicional para ser elaborado en una planta que mantiene una línea de producción de bocadillos expandidos conocidos comúnmente como “chitos”.

Analizando los factores de costo que implicaría introducir este proyecto en la línea de producción tenemos que el precio por kilogramo de soya es de \$ 0,70 centavos, asumiendo que el rendimiento en porcentaje del grits de soya es del 84,5% tenemos un valor real del precio por kilogramo de \$ 0,82 centavos, comparado con el precio por kilogramo de grits de maíz que es de \$0,59 centavos de dólar hay una diferencia de \$0,23 centavos de dólar .

Se realizó dos presentaciones del producto final, que fueron de 12g y 40g y se comparó con los costos que representa producir un snack 100% maíz , los resultados se observa en la tabla 3.18

Tabla 3.18.- Costos unitarios de presentación de 12g y 40g del snack 100% maíz y del snack de mezcla (maíz/soya)

SNACKS	PRESENTACIÓN	
	12g	40g
Snack 100% maíz	\$ 0,0130	\$ 0,0394
Snack mezcla (maíz/soya)	\$ 0,0133	\$ 0,0403

La tabla 3.18 nos demuestra que incluir soya en los snacks de presentación de 12g nos representa un costo de \$0,0003 centavos de dólar más y en la de 40g un costo de \$0,0009 centavos de dólar más

En porcentaje el costo de incluir soya dentro de la composición alimenticia del producto final es apenas del 2% de los costos de producción.

Este valor es relativamente mínimo en comparación del potencial incremento en ventas y por ende el incremento en la utilidad que se obtendría al fabricar este producto y realizar una campaña de publicidad para incentivar el consumo del producto enriquecido proteicamente.

4.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 CONCLUSIONES:

- La preparación de las materias primas constituyen un factor importante en la elaboración de productos expandidos, la granulometría es uno de ellos porque dependiendo del tamaño de la partícula el extruído toma diferentes características que facilitan o complican el proceso, también en esta etapa es primordial la determinación de humedad (15%) pues el agua actúa como plastificante de los biopolímeros y es clave en las modificaciones de los almidones.
- Para enriquecer nutricionalmente a los snacks se escogió a la soya por tener una gran riqueza en proteínas de elevado valor biológico y razonable digestibilidad, sin embargo la presencia de factores antinutricionales disminuyen su eficiencia, es por eso que se le dio un tratamiento térmico de 10 minutos antes de la extrusión a 120°C a escala planta piloto y 150°C a escala industrial y se complementó en el proceso de obtención del producto expandido, llegando a estándares óptimos que oscilaron en el rango de 0,05 a 0,2 unidades de pH.
- En la extrusión a escala planta piloto se logró llegar a una formulación de mezcla maíz/soya de (85-15) %, sin embargo las características físicas no fueron adecuadas debido a que el snack presentó una apariencia deforme y la densidad no fue la apropiada.
- En la extrusión a escala industrial se logró llegar a una formulación de mezcla maíz/soya de (88-12)%, el producto final aumento la densidad y a pesar que su tamaño era más reducido que el snack 100% maíz el sabor y la crocancia fueron más agradables.
- En las condiciones experimentales de trabajo, se demostró que a escala industrial no es conveniente procesar con una formulación de mezcla maíz/soya de más de (88/12)% , debido a que el producto se caracteriza por tener poros de tamaño muy reducido y resulta un snack poco expandido, duro y rígido.

- La alimentación en el extrusor debe ser continua durante todo el proceso para evitar que el equipo se desestabilice por pérdidas de torque (esfuerzo cortante).
- El score aminoácido logrado en la formulación de la mezcla maíz/soya arrojó resultados muy positivos llegando a una composición de (85-15)% a escala planta piloto, no obstante en la extrusión a escala industrial no fue posible, sin embargo se llegó a una formulación de (82-12)% que fue significativa.
- La inclusión de proteína de origen vegetal (soya) en el material utilizado para el proceso de extrusión aumentó la densidad y disminuyó el grado de expansión.
- El snack enriquecido con soya que varió de porcentajes desde 5% hasta 12% dio como resultado buenas características funcionales es decir; aceptable expansión, baja densidad, buena estabilidad y presentó favorable acogida tanto en niños como de adultos.

4.2 RECOMENDACIONES:

- Los resultados obtenidos en el análisis de factores de costo nos demuestran que este proyecto es rentable y atractivo para la inversión, debido a que el único aumento que se efectuaría es en la materia prima con una diferencia reducida en comparación con las ganancias que se obtendrán al ser el snack enriquecido con soya un alimento que no solo llenará la lonchera escolar sino que tendrá un valor nutritivo más representativo que el normal y esto cumplirá con las expectativas alimenticias que el padre de familia busca para su hijo.

- Con la posibilidad de desarrollar productos semielaborados utilizables en la preparación de sopas u otros alimentos de alto valor nutritivo se recomienda estudios complementarios sobre la posibilidad de elaborar productos extruídos de tercera generación a base de mezclas de grits de maíz/soya con un contenido superior al 15%.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANDERSON,R.A. "Gelatination of Corn Grits by Roll and Extrusion Cooking" , 1983.
2. BENSON;1996 consultar
3. BIRNBAUM,H. "Surfactants in Snacks Foods,BarkersDigest". 1981.
4. FAST, Robert B., CALDWELL, Elwood F.,"Breakfast cereals and how are they made", Segunda Edición, St.Paul, Minnesota, USA, 2005.
5. GUY, Robin "Extrusión de Alimentos " Editorial Acribia, España 2001.
6. HOSENEY,C. "Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales". 1991
7. DE LUCA, R.J. "All Plastic Films Expected to Show Strong". 1980.
8. FELLOWS, Meter. "Tecnología del procesado de los alimentos Principios y Prácticas", Editorial ACRIBIA, S.A., Zaragoza – España 1994
9. HARPER,J.M. "Extrusion Processing of Food, Food Technology".1981
- 10.HAMMERLY,Marcelo. "*Viva más y mejor alimentándose correctamente*" Segunda edición, 1974,Tomo I.
- 11.MATSON,K. "What Goes in the Extruder Barrel". 1989.
- 12.NIELSEN,E."Whole Seed Processing by Extrusion Cooking. "1989.
- 13.ROBERTSON, Gordon L. "Food Packaging. Properties, Design and Fabrication", Marcel Dekker, Inc,1995.
- 14.ROSSEN J. y MILLER,R. "Tecnología de la Extrusion de Alimentos" 1986.
- 15.SANCHEZ,M.TERESA, "Proceso de Elaboración de Alimentos y Bebidas" Ediciones AMV, Edición Número 1, España, 2003.
16. SMITH,O.B. "Extrusion Cooked Snacks In a Fast Growing Market Cereal".1980.
17. WILLIAMS,M.A. "Direct Extrusion of Convenience Foods" 1980.

18. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Centro Regional Santa Fe Estación Experimental Agropecuaria: Reconquista, Oliveros y Rafaela Santa Fe - Colombia 1985.
19. Conferencia Internacional "ALMIDON", Instituto de Investigación Tecnológica de la Escuela Politécnica Nacional, CYTED, Quito – Ecuador 1996.

CONSULTAS EN INTERNET

1. <http://www.botanical-online.com/maizpropiedades.htm>
2. http://www.sica.gov.ec/cadenas/soya/docs/panorama_soya2003.htm
3. http://www.sica.gov.ec/cadenas/maiz/docs/entorno_perspectivas_soya.html#entorno
4. <http://www.fao.org/ag/AGN/nutrition/ecu-stm>
5. <http://rafaela.inta.gov.ec>
6. www.sica.gov.ec, "Panorama de la cadena de soya"
7. www.bensoninstitute.org/Agriculture/FoodInstitute/Corporation
8. "Calidad de la harina de soya sometida a distintos tratamientos térmicos para inactivar los factores antinutricionales" Ramos N., Luquez J.
www.acsoja.org.ar/mercosoja2006/trabajos_pdf/T188.pdf
9. <http://www.nlm.nih.gov/medlineplus/spanish/ency/article/007204.htm>

ANEXO 1

ESCALA PLANTA PILOTO

DENSIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO			
FORMULACIÓN DE LA MEZCLA			
%(maíz/soya)	MASA(g)	VOLÚMEN(ml)	DENSIDAD(g/ml)
100/0	0,3400	3,8	0,089
95/5	0,2912	3,2	0,091
90/10	0,2810	2,8	0,100
85/15	0,2900	2,0	0,110

Humedad: 14%

Relación de compresión de tornillo: 1:3

Diámetro de boquilla: 3mm

DENSIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO			
FORMULACIÓN DE LA MEZCLA			
%(maíz/soya)	MASA(g)	VOLÚMEN(ml)	DENSIDAD(g/ml)
100/0	0,319	3,5	0,091
95/5	0,285	3,0	0,095
90/10	0,274	2,8	0,098
85/15	0,209	1,9	0,145

Humedad: 14%

Relación de compresión de tornillo: 1:4

Diámetro de boquilla: 4mm

DENSIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO			
FORMULACIÓN DE LA MEZCLA			
%(maíz/soya)	MASA(g)	VOLÚMEN(ml)	DENSIDAD(g/ml)
100/0	0,319	3,5	0,091
95/5	0,309	3,0	0,103
90/10	0,363	2,9	0,125
85/15	0,295	1,8	0,164

Humedad: 15%

Relación de compresión de tornillo: 1:3

Diámetro de boquilla: 3mm

DENSIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO			
FORMULACIÓN DE LA MEZCLA			
%(maíz/soya)	MASA(g)	VOLÚMEN(ml)	DENSIDAD(g/ml)
100/0	0,380	3,8	0,100
95/5	0,515	3,2	0,161
90/10	0,476	2,8	0,170
85/15	0,400	2,0	0,200

Humedad: 15%

Relación de compresión de tornillo: 1:4

Diámetro de boquilla: 4mm

ANEXO 2

TABLA DE DATOS DE LA DETERMINACIÓN DEL ESFUERZO CORTANTE (TORQUE) DE LOS PRODUCTOS OBTENIDOS A ESCALA PLANTA PILOTO

	Humedades	15%	14%	15%	14%
	D.Boquilla	3mm	3mm	4mm	4mm
	R: de C. Tornillo	1:3	1:3	1:4	1: 4
Mezcla (maíz - soya)%		Torque (N.m)			
95 - 5		49	64	47	52
90 - 10		45	53	44	47
85 - 15		44	48	40	45

ANEXO 3

ESCALA INDUSTRIAL

DENSIDAD DEL PRODUCTO TERMINADO			
FORMULACION DE LA MEZCLA (MAÍZ - SOYA)%	MASA(g)	VOLUMEN(ml)	DENSIDAD(g/ml)
100/0	0.6800	8	0.085
95/5	0.8778	7	0.1254
90/10	0.7812	6	0.1302
88/12	0.7385	5	0.1477

Humedad 15%

ACTIVIDAD UREASICA	
FORMULACION DE LA MEZCLA	VARIACION DE pH
95/5	0.0250
90/10	0.0352
85/15	0.0403

ANEXO 4

CÁLCULO DEL COMPUTO QUÍMICO

CEREALES	%	PROTEÍNA	f	ISOLEUCINA	LEUCINA	LISINA	AZUFRADOS	TRIPTOFANO
MAIZ	0	8	6,25	241	665	182	207	38
SOYA	1	40	5,71	359	470	406	196	238
FAO				250	440	340	220	60

PROTEINA				ISOLEUCINA	LEUCINA	LISINA	AZUFRADOS	TRIPTOFANO
DEL MAIZ	1,28	0	MAIZ	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
DE LA SOYA	7,01	7,01	SOYA	2514,89	3292,47	2844,13	1373,03	1667,25
TOTAL	8,29	7,01		2514,89	3292,47	2844,13	1373,03	1667,25

359,00	470,00	406,00	196,00	238,00
143,60	106,82	119,41	89,09	396,67

COMPOSICIÓN DE LA MEZCLA (MAÍZ/SOYA)

AMINOACIDO	100/0	95/5	90/10	88/12	87/13	86/14	85/15	0/100
ISOLEUCINA	96,4	106,96	114,25	116,57	117,63	118,64	119,59	143,6
LEUCINA	151,14	141,23	134,38	132,2	131,2	130,26	129,36	106,82
LISINA	53,53	68,26	74,88	81,68	83,17	84,57	85,9	119,41
AZUFRADOS	94,09	92,97	92,2	91,95	91,84	91,74	91,63	89,09
TRIPTOFANO	63,33	137,88	189,38	205,79	213,29	220,39	227,1	396,67

ANEXO 5

MÉTODO : MEDICIÓN DEL pH

Determinación de la actividad ureásica.

Método de la A.A.C.C. (*método 22-29*). Es un método aplicable a harinas, aunque con modificaciones puede emplearse para otros productos.

Equipos

Baño de agua a $30\text{ °C} \pm 0,5\text{ °C}$, Balanza con precisión de 0,001 g, Peachímetro con precisión de 0,02 unidades de pH y compensador de temperatura, Tubos de ensayo de 20 mm de diámetro y 150 mm de largo con tapa de goma.

Reactivos

- Buffer fosfato 0,05 M pH: 7,00 (*usar dentro de los 90 días*)

PO ₄ H ₂ K	3,403 g
PO ₄ HK ₂	4,355 g
H ₂ O _(d) c.s.p.	1000 ml
- Solución de urea en buffer fosfato 0,05 M pH: 7,00

Urea	15 g
Buffer	500 ml
Tolueno	5 ml (<i>El tolueno se utiliza como conservante</i>).

Ensayo

- Moler la muestra hasta que pase un 60% por una malla N° 40. (La harina de soja cumple con esta especificación).
- Pesar 0,100 g de muestra en un tubo y adicionar 5 ml de solución de urea, tapar y mezclar, luego colocarla en el baño a 30 °C por 30 min. con agitación ocasional (aproximadamente cada 5 min.).
- Para preparar el blanco pesar 0,100 g de muestra en un tubo y adicionar 5 ml de solución buffer, tapar y mezclar, luego colocarla en el baño a 30 °C por 30 min. con agitación ocasional (aproximadamente cada 5 min.).
- Una vez transcurridos los 30 min. sacar los tubos del baño y esperar 5 min. antes de medir el pH de la muestra y blanco.

Cálculos y precisión de las medidas.

Registrar diferencias en términos de pH entre el blanco y la muestra.

ANEXO 6
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
ENCUESTA DE ACEPTABILIDAD

Sexo: ____ Masculino ____ Femenino

Edad: ____ años

El producto que recibe es un alimento formulado a base de maíz y soya

Lea el cuestionario a continuación, y contéstelo en la forma mas real que usted opine del producto.

1.- ¿Con que frecuencia consume snacks?

Todos los días	----
Una vez por semana	----
Rara vez	----
Nunca	----

2.- Apariencia del producto

Muy bueno	----
Bueno	----
Aceptable	----
Ligeramente malo	----
Desagradable	----

3.- Sabor del producto

Muy bueno	----
Bueno	----
Aceptable	----
Ligeramente malo	----
Desagradable	----

4.- Textura del producto

Muy bueno	----
Bueno	----
Aceptable	----
Ligeramente malo	----
Desagradable	----

5.- Aspecto del producto

Muy bueno	----
Bueno	----
Aceptable	----
Ligeramente malo	----
Desagradable	----

GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

ANEXO 7

DENSIDAD DEL PRODUCTO EXPANDIDO EMPLEADO COMO PARÁMETRO DE CONTROL DEL DISEÑO FACTORIAL EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN

Las condiciones del proceso fueron:

H1 = Humedad 14%

H2 = Humedad 15%

C1 = Mezcla 95% maíz y 5% soya

C2 = Mezcla 90% maíz y 10% soya

C3 = Mezcla 85% maíz y 15% soya

T.B.1 = Tornillo 3mm y Boquilla 3mm

T.B.2 = Tornillo 4mm y Boquilla 4mm

TRATAMIENTO						PROMEDI
S	R1	R2	R3	R4	R5	O
C1H1TB1	0,0850	0,0910	0,0800	0,0900	0,0840	0,0860
C1H2TB2	0,1000	0,0990	0,1100	0,1000	0,0990	0,1010
C1H2TB1	0,0930	0,0890	0,0900	0,0910	0,0910	0,0910
C1H1TB2	0,0900	0,0930	0,0910	0,0910	0,0920	0,0910
C2H1TB1	0,0950	0,0910	0,0920	0,0890	0,0930	0,0920
C2H2TB2	0,1630	0,1620	0,1590	0,1610	0,1610	0,1610
C2H2TB1	0,1000	0,1050	0,1030	0,1000	0,1020	0,1020
C2H1TB2	0,0970	0,0940	0,0950	0,0930	0,0980	0,0950
C3H1TB1	0,9900	0,0970	0,1000	0,1100	0,0980	0,1010
C3H2TB2	0,1690	0,1700	0,1710	0,1730	0,1690	0,1700
C3H2TB1	0,1260	0,1220	0,1250	0,1240	0,1230	0,1240
C3H1TB2	0,0990	0,0980	0,0970	0,0980	0,0980	0,0980
C4H1TB1	0,1200	0,0990	0,1000	0,0980	0,1100	0,1050
C4H2TB2	0,1990	0,2100	0,2000	0,1980	0,2000	0,2010
C4H2TB1	0,1610	0,1650	0,1630	0,1640	0,1640	0,1630
C4H1TB2	0,1100	0,1100	0,1100	0,0980	0,1300	0,1110

T.B. = Tornillo y Boquilla

C = Composición

H = Humedad

R = Repeticiones

Three Factor Randomized Complete Block Design

Data case no. 1 to 80.

Factorial ANOVA for the factors:

Replication (Var 1: REPETIC) with values from 1 to 5

Factor A (Var 3: FACTORA) with values from 1 to 4

Factor B (Var 4: FACTORB) with values from 1 to 2

Factor C (Var 5: FACTORC) with values from 1 to 2

Variable 6: RESPUES

Grand Mean = 0.122 Grand Sum = 9.787 Total Count = 80

TABLE OF MEANS

1	3	4	5	6	Total
1	*	*	*	0.122	1.958
2	*	*	*	0.123	1.968
3	*	*	*	0.124	1.986
4	*	*	*	0.120	1.926
5	*	*	*	0.122	1.949
*	1	*	*	0.093	1.851
*	2	*	*	0.112	2.249
*	3	*	*	0.130	2.590
*	4	*	*	0.155	3.097
*	*	1	*	0.106	4.230
*	*	2	*	0.139	5.557
*	1	1	*	0.090	0.899

* 1 2 *	0.095	0.952
* 2 1 *	0.097	0.969
* 2 2 *	0.128	1.280
* 3 1 *	0.099	0.990
* 3 2 *	0.160	1.600
* 4 1 *	0.137	1.372
* 4 2 *	0.172	1.725

* * * 1	0.109	4.353
* * * 2	0.136	5.434

* 1 * 1	0.090	0.899
* 1 * 2	0.095	0.952
* 2 * 1	0.093	0.929
* 2 * 2	0.132	1.320
* 3 * 1	0.125	1.250
* 3 * 2	0.134	1.340
* 4 * 1	0.127	1.275
* 4 * 2	0.182	1.822

* * 1 1	0.097	1.949
* * 1 2	0.114	2.281
* * 2 1	0.120	2.404
* * 2 2	0.158	3.153

* 1 1 1	0.089	0.445
* 1 1 2	0.091	0.454
* 1 2 1	0.091	0.454
* 1 2 2	0.100	0.498
* 2 1 1	0.091	0.454
* 2 1 2	0.103	0.515
* 2 2 1	0.095	0.475
* 2 2 2	0.161	0.805
* 3 1 1	0.100	0.500
* 3 1 2	0.098	0.490
* 3 2 1	0.150	0.750
* 3 2 2	0.170	0.850
* 4 1 1	0.110	0.550
* 4 1 2	0.164	0.822
* 4 2 1	0.145	0.725

* 4 2 2 0.200 1.000

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K	Degrees of	Sum of	Mean	F	
Value	Source	Freedom	Squares	Square	Value Prob
1	Replication	4	0.000	0.000	2.6591 0.0412
2	Factor A	3	0.042	0.014	1195.2162 0.0000
4	Factor B	1	0.022	0.022	1885.0931 0.0000
6	AB	3	0.008	0.003	222.6759 0.0000
8	Factor C	1	0.015	0.015	1250.9571 0.0000
10	AC	3	0.009	0.003	243.8749 0.0000
12	BC	1	0.002	0.002	186.1500 0.0000
14	ABC	3	0.002	0.001	60.2665 0.0000
-15	Error	60	0.001	0.000	
Total		79	0.100		

Coefficient of Variation: 2.79%

s_ for means group 1: 0.0009 Number of Observations: 16
y

s_ for means group 2: 0.0008 Number of Observations: 20
y

s_ for means group 4: 0.0005 Number of Observations: 40
y

s_ for means group 6: 0.0011 Number of Observations: 10
y

s_ for means group 8: 0.0005 Number of Observations: 40

y

s_ for means group 10: 0.0011 Number of Observations: 10

y

s_ for means group 12: 0.0008 Number of Observations: 20

y

s_ for means group 14: 0.0015 Number of Observations: 5

y

ANEXO 8

RELACIÓN DE EXPANSIÓN DEL PRODUCTO EXPANDIDO EMPLEADO COMO PARÁMETRO DE CONTROL DEL DISEÑO FACTORIAL EN EL PROCESO DE EXTRUSIÓN

Las condiciones del proceso fueron:

H1 = Humedad 14%

H2 = Humedad 15%

C1 = Mezcla 95% maíz y 5% soya

C2 = Mezcla 90% maíz y 10% soya

C3 = Mezcla 85% maíz y 15% soya

T.B.1 = Tornillo 3mm y Boquilla 3mm

T.B.2 = Tornillo 4mm y Boquilla 4mm

TRATAMIENTOS	R1	R2	R3	PROMEDIO
C1H1TB1	0,3070	0,3060	0,3070	0,3070
C1H2TB2	0,2010	0,2020	0,2020	0,2020
C1H2TB1	0,3060	0,3060	0,3050	0,3060
C1H1TB2	0,2080	0,2060	0,2090	0,2080
C2H1TB1	0,3080	0,3080	0,3080	0,3080
C2H2TB2	0,2100	0,2130	0,2100	0,2110
C2H2TB1	0,3040	0,3040	0,3030	0,3040
C2H1TB2	0,2130	0,2160	0,2140	0,2150
C3H1TB1	0,2770	0,2770	0,2000	0,2770
C3H2TB2	0,2730	0,2740	0,2730	0,2010
C3H2TB1	0,2000	0,2020	0,2070	0,2730
C3H1TB2	0,2050	0,2050	0,2070	0,2060
C4H1TB1	0,2060	0,2060	0,2070	0,2500
C4H2TB2	0,1990	0,1990	0,2000	0,1990
C4H2TB1	0,2450	0,2450	0,2470	0,2460
C4H1TB2	0,2030	0,2030	0,2030	0,2030

T.B. = Tornillo y Boquilla

C = Composición

H = Humedad

R = Repeticiones

Three Factor Randomized Complete Block Design

Data case no. 1 to 80.

Factorial ANOVA for the factors:

Replication (Var 1: REPETIC) with values from 1 to 5

Factor A (Var 3: FACTORA) with values from 1 to 4

Factor B (Var 4: FACTORB) with values from 1 to 2

Factor C (Var 5: FACTORC) with values from 1 to 2

Variable 6: RESPUES Grand Mean = 0.122 Grand Sum = 9.787 Total Count = 80

TABLE OF MEANS

1	3	4	5	6	Total
1	*	*	*	0.122	1.958
2	*	*	*	0.123	1.968
3	*	*	*	0.124	1.986
4	*	*	*	0.120	1.926
5	*	*	*	0.122	1.949
*	1	*	*	0.093	1.851
*	2	*	*	0.112	2.249
*	3	*	*	0.130	2.590
*	4	*	*	0.155	3.097
*	*	1	*	0.106	4.230
*	*	2	*	0.139	5.557
*	1	1	*	0.090	0.899
*	1	2	*	0.095	0.952
*	2	1	*	0.097	0.969
*	2	2	*	0.128	1.280
*	3	1	*	0.099	0.990
*	3	2	*	0.160	1.600
*	4	1	*	0.137	1.372
*	4	2	*	0.172	1.725

* * * 1	0.109	4.353
* * * 2	0.136	5.434

* 1 * 1	0.090	0.899
* 1 * 2	0.095	0.952
* 2 * 1	0.093	0.929
* 2 * 2	0.132	1.320
* 3 * 1	0.125	1.250
* 3 * 2	0.134	1.340
* 4 * 1	0.127	1.275
* 4 * 2	0.182	1.822

* * 1 1	0.097	1.949
* * 1 2	0.114	2.281
* * 2 1	0.120	2.404
* * 2 2	0.158	3.153

* 1 1 1	0.089	0.445
* 1 1 2	0.091	0.454
* 1 2 1	0.091	0.454
* 1 2 2	0.100	0.498
* 2 1 1	0.091	0.454
* 2 1 2	0.103	0.515
* 2 2 1	0.095	0.475
* 2 2 2	0.161	0.805
* 3 1 1	0.100	0.500
* 3 1 2	0.098	0.490
* 3 2 1	0.150	0.750
* 3 2 2	0.170	0.850
* 4 1 1	0.110	0.550
* 4 1 2	0.164	0.822
* 4 2 1	0.145	0.725
* 4 2 2	0.200	1.000

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

K Value	Source	Degrees of Freedom	Sum of Squares	Mean Square	F Value	Prob
1	Replication	4	0.000	0.000	2.6591	0.0412
2	Factor A	3	0.042	0.014	1195.2162	0.0000
4	Factor B	1	0.022	0.022	1885.0931	0.0000
6	AB	3	0.008	0.003	222.6759	0.0000
8	Factor C	1	0.015	0.015	1250.9571	0.0000
10	AC	3	0.009	0.003	243.8749	0.0000
12	BC	1	0.002	0.002	186.1500	0.0000
14	ABC	3	0.002	0.001	60.2665	0.0000
-15	Error	60	0.001	0.000		

Total	79	0.100				

Coefficient of Variation: 2.79%

s_ for means group 1: 0.0009 Number of Observations: 16

y

s_ for means group 2: 0.0008 Number of Observations: 20

y

s_ for means group 4: 0.0005 Number of Observations: 40

y

s_ for means group 6: 0.0011 Number of Observations: 10

y

s_ for means group 8: 0.0005 Number of Observations: 40

y

s_ for means group 10: 0.0011 Number of Observations: 10

y

s_ for means group 12: 0.0008 Number of Observations: 20

y

s_ for means group 14: 0.0015 Number of Observations: 5

ANEXO 9 ANALISIS DE FACTORES DE COSTOS SNACK DE MAÍZ (12g)

MATERIA PRIMA	unidad	1 hora	1 dia	1 mes	Costo por Kg.	Costo Total
Grits de maiz	Kg	108,00	2.592,00	77.760,00	\$ 0,59	\$ 45.878,4
Aceite	Kg	27,00	648,00	19.440,00	\$ 1,52	\$ 29.548,8
Sal	Kg	2,10	50,40	1.512,00	\$ 0,90	\$ 1.360,8
Colorante	Kg	0,18	4,32	129,60	\$ 0,37	\$ 47,9
Maggi	Kg	0,25	6,00	180,00	\$ 1,00	\$ 180,0
Gas	Kg	4,80	115,20	3.456,00	\$ 0,13	\$ 449,2
						\$ 77.465,2

MANO DE OBRA DIRECTA	Turnos	unidad	Per.x Turn	Per.x día	Costo por mes	Costo Total
Operarios	3	Hombre	8	24	\$ 200,00	\$ 4.800,0
Bodeguero	1	Hombre	1	1	\$ 200,00	\$ 200,0
Supervisor	1	Hombre	1	1	\$ 300,00	\$ 300,0
						\$ 5.300,0

COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN	unidad	1 hora	1 dia	1 mes	Costo por Kg/Millar	Costo Total
Fundas de polipropileno 12 grs. 100%	kg.	1,00	24,00	720,00	\$ 6,80	\$ 4.896,0
Fundas de polipropileno 40 grs. 0%	kg.	0,00	0,00	0,00	\$ 6,80	\$ 0,0
Fundas de polietileno "Chorizo"	millar	916,67	22.000,00	660.000,00	\$ 15,71	\$ 10.368,6
Fundas de polietileno "Paca" para chorizo	millar	76,39	1.833,33	55.000,00	\$ 94,49	\$ 5.196,9
Fundas de polietileno "Paca" unidades grandes	millar	0,00	0,00	0,00	\$ 125,54	\$ 0,0
						\$ 20.461,5

COSTO TOTAL DE PRODUCCION \$ 103.226,7

COSTO UNITARIO DE PRODUCCION (12 GRAMOS) \$ 0,013

ANEXO 10
ANALISIS DE FACTORES DE COSTOS SNACK MAIZ-SOYA(12g)

MATERIA PRIMA	unidad	1 hora	1 día	1 mes	Costo por Kg.
Grits de maiz	Kg	95,04	2.280,96	68.428,80	\$ 0,59
Grits de soya	Kg	12,96	311,04	9.331,20	\$ 0,82
Aceite	Kg	27,00	648,00	19.440,00	\$ 1,52
Sal	Kg	2,10	50,40	1.512,00	\$ 0,90
Colorante	Kg	0,18	4,32	129,60	\$ 0,37
Maggi	Kg	0,25	6,00	180,00	\$ 1,00
Gas	Kg	4,80	115,20	3.456,00	\$ 0,13

MANO DE OBRA DIRECTA	Turnos	unidad	Per.x Turn	Per.x día	Costo por mes
Operarios	3	Hombre	8	24	\$ 200,00
Bodeguero	1	Hombre	1	1	\$ 200,00
Supervisor	1	Hombre	1	1	\$ 300,00

COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN	unidad	1 hora	1 día	1 mes	Costo por Kg/Millar
Fundas de polipropileno 12 grs. 100%	kg.	1,00	24,00	720,00	\$ 6,80
Fundas de polipropileno 40 grs. 0%	kg.	0,00	0,00	0,00	\$ 6,80
Fundas de polietileno "Chorizo"	millar	916,67	22.000,00	660.000,00	\$ 15,71
Fundas de polietileno "Paca" para chorizo	millar	76,39	1.833,33	55.000,00	\$ 94,49
Fundas de polietileno "Paca" unidades grandes	millar	0,00	0,00	0,00	\$ 125,54

COSTO TOTAL DE PRODUCCION

COSTO UNITARIO DE PRODUCCION (12 GRAMOS)

ANEXO 11
ANALISIS DE FACTORES DE COSTOS SNACK DE MAÍZ (40g)

MATERIA PRIMA	unidad	1 hora	1 dia	1 mes	Costo por Kg.	Costo Total
Grits de maiz	Kg	108,00	2.592,00	77.760,00	\$ 0,59	\$ 45.878,4
Aceite	Kg	27,00	648,00	19.440,00	\$ 1,52	\$ 29.548,8
Sal	Kg	2,10	50,40	1.512,00	\$ 0,90	\$ 1.360,8
Colorante	Kg	0,18	4,32	129,60	\$ 0,37	\$ 47,9
Maggi	Kg	0,25	6,00	180,00	\$ 1,00	\$ 180,0
Gas	Kg	4,80	115,20	3.456,00	\$ 0,13	\$ 449,2
						\$ 77.465,2

MANO DE OBRA DIRECTA	Turnos	unidad	Per.x Turn	Per.x día	Costo por mes	Costo Total
Operarios	3	Hombre	8	24	\$ 200,00	\$ 4.800,0
Bodeguero	1	Hombre	1	1	\$ 200,00	\$ 200,0
Supervisor	1	Hombre	1	1	\$ 300,00	\$ 300,0
						\$ 5.300,0

COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN	unidad	1 hora	1 dia	1 mes	Costo por Kg/Millar	Costo Total
Fundas de polipropileno 12 grs. 0%	kg.	0,00	0,00	0,00	\$ 6,80	\$ 0,0
Fundas de polipropileno 40 grs. 100%	kg.	1,00	24,00	720,00	\$ 6,80	\$ 4.896,0
Fundas de polietileno "Chorizo"	millar	0,00	0,00	0,00	\$ 15,71	\$ 0,0
Fundas de polietileno "Paca" para chorizo	millar	0,00	0,00	0,00	\$ 94,49	\$ 0,0
Fundas de polietileno "Paca" unidades grandes	millar	66,00	1.584,00	47.520,00	\$ 125,54	\$ 5.965,6
						\$ 10.861,6

COSTO TOTAL DE PRODUCCION **\$ 93.626,8**

COSTO UNITARIO DE PRODUCCION (40 GRAMOS) **\$ 0,039**

ANEXO 12
ANALISIS DE FACTORES DE COSTOS SNACK MAIZ-SOYA(40g)

MATERIA PRIMA	unidad	1 hora	1 dia	1 mes	Costo por Kg.	Costo Total
Grits de maíz	Kg	95,04	2.280,96	68.428,80	\$ 0,59	\$ 40.372,99
Grits de soya	Kg	12,96	311,04	9.331,20	\$ 0,82	\$ 7.651,58
Aceite	Kg	27,00	648,00	19.440,00	\$ 1,52	\$ 29.548,80
Sal	Kg	2,10	50,40	1.512,00	\$ 0,90	\$ 1.360,80
Colorante	Kg	0,18	4,32	129,60	\$ 0,37	\$ 47,95
Maggi	Kg	0,25	6,00	180,00	\$ 1,00	\$ 180,00
Gas	Kg	4,80	115,20	3.456,00	\$ 0,13	\$ 449,28
						\$ 79.611,41

MANO DE OBRA DIRECTA	Turnos	unidad	Per.x Turn	Per.x dí	Costo por mes	Costo Total
Operarios	3	Hombre	8	24	\$ 200,00	\$ 4.800,00
Bodeguero	1	Hombre	1	1	\$ 200,00	\$ 200,00
Supervisor	1	Hombre	1	1	\$ 300,00	\$ 300,00
						\$ 5.300,00

COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN	unidad	1 hora	1 dia	1 mes	Costo por Kg/Millar	Costo Total
Fundas de polipropileno 12 grs. 0%	kg.	0,00	0,00	0,00	\$ 6,80	\$ 0,00
Fundas de polipropileno 40 grs. 100%	kg.	1,00	24,00	720,00	\$ 6,80	\$ 4.896,00
Fundas de polietileno "Chorizo"	millar	0,00	0,00	0,00	\$ 15,71	\$ 0,00
Fundas de polietileno "Paca" para chorizo	millar	0,00	0,00	0,00	\$ 94,49	\$ 0,00
Fundas de polietileno "Paca" unidades grandes	millar	66,00	1.584,00	47.520,00	\$ 125,54	\$ 5.965,66
						\$ 10.861,66

COSTO TOTAL DE PRODUCCION **\$ 95.773,07**

COSTO UNITARIO DE PRODUCCION (40 GRAMOS) **\$ 0,0403**

ANEXO 13
EQUIPOS: ESCALA PLANTA PILOTO



Juego de Tamices



Cocina Eléctrica



Molino Eléctrico



Extrusor

ANEXO 14***EQUIPOS: ESCALA INDUSTRIAL******Tostador*****Limpiador de semillas**



Clasificador



Pesado y Mezcla



Extrusor



Transporte



Horneado



Saborización

Empaque a Granel





Empaque por Unidades



ANEXO 15**SNACKS: ESCALA PLANTA PILOTO**

Formulación: 95% maíz – 5% soya



Formulación: 90% maíz – 10% soya



Formulación: 85% maíz – 15% soya

ANEXO 16
SNACKS: ESCALA INDUSTRIAL



Formulación: 95% maíz – 5% soya



Formulación: 90% maíz – 10% soya



Formulación: 88% maíz – 12% soya

