

Efecto de la configuración del tornillo del extrusor sobre la temperatura final y las características físicas y químicas de la soya integral

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar
al título de Ingeniero Agrónomo en el Grado
Académico de Licenciatura. 301113

presentado por

Belén Prado López

301113

MICROISIS:	_____
FECHA:	_____
ENCARGADO:	_____

Zamorano, Honduras
Diciembre, 1999

990

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



Belén Prado López

Zamorano, Honduras

Diciembre, 1999

DEDICATORIA

A Jesús, el único que conoce mis metas y le da sentido a mi vida.

A mis padres y mi abuelita, quienes con dedicación han mantenido su familia unida.

A mi familia querida.

A mis tías María Inés, Marta y Gloria.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a todas las personas que hicieron posible la elaboración de este documento.

A Jesús por ser mi amigo y permitirme realizar este trabajo.

A mi asesor Francisco Bueso por darme la oportunidad de aprender de extrusión, por el tiempo que me dedicó y por pensar en lo que me convenía.

A la Lic. Gladys Fukuda por guiarme pacientemente, por sus correcciones y por su papel en el cambio de tesis.

A la Dra. Claudia García por ser entusiasta, activa, comprensiva y muy entregada a la gente y a su trabajo.

Al Lic. Berlioz por estar dispuesto siempre a ayudarme.

Al Ing. Asterio Díaz por el tiempo brindado y sus buenas ideas.

Al Ing. Luis Cañas por enseñarme paciente e incondicionalmente.

A mi mami y papi por sus consejos y amor.

A mi abuelita por estar siempre presente.

A Víctor y Lidia por su creatividad e ingenio. ¡No se imaginan cómo me han ayudado!

A Verónica, Daniel, Beatriz, Flavia, Gisela, Hazel, Andrea y Mónica por brindarme su amistad y cariño.

Al Ing. Joost Teuben, Varinia García, David Landa, Efraín Banegas, Marvin Fúnez, Iván Maradiaga, por su colaboración.

Al personal de CITESGRAN, Proyecto de Investigación del Frijol y Maquinaria Agrícola por su ayuda desinteresada.

A las personas que me han brindado su amistad en Zamorano y especialmente al grupo PIA-Tecnología de Alimentos.

AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES

Al Programa INTSORMIL (Programa Internacional de Mejoramiento de Sorgo y Mijo), al Ministerio de Agricultura de Honduras y al Fondo de Monitores de Zamorano por la ayuda económica brindada para realizar mis estudios del Programa de Ingeniería Agronómica.

A la DSE (Fundación Alemana para el Desarrollo Internacional) por la ayuda económica para realizar mis estudios del Programa Agrónomo.

RESUMEN

Prado, Belén. 1999. Efecto de la Configuración del Tornillo del Extrusor sobre la Temperatura Final y las Características Físicas y Químicas de la Soya Integral. Proyecto Especial del Programa de Ingeniero Agrónomo, Zamorano, Honduras. 64p.

La soya es una leguminosa demandada por sus propiedades medicinales, funcionales y nutricionales. Requiere un óptimo proceso de cocción para destruir factores antinutricionales como inhibidores de tripsina, lectinas, alergenos y lipoxigenasa. El objetivo de este trabajo fue obtener un extruido de soya integral comercializable con características físicas y químicas aceptables. Se utilizó un extrusor que generó altas temperaturas de cocción del frijol soya. El tornillo del extrusor se configuró con anillos de fricción que restringían el paso de la soya. Se evaluaron tres diámetros de anillos de fricción (92/92/92/92, 89/92/92/92 y 89/89/92/92 mm). La temperatura del proceso no fue diferente ($P>0.05$) entre tratamientos. Todos los tratamientos disminuyeron los inhibidores de tripsina, la actividad ureásica y la solubilidad de nitrógeno de la soya cruda a niveles aceptables químicamente. Debido al error experimental, el modelo estadístico no explicó las diferencias en las características físicas del extruido. Se concluye que los tratamientos produjeron una soya integral comercializable con características químicas aceptables. Se recomienda incrementar el volumen de materia prima por tanda de extrusión y comprar soya de alta calidad a menor precio. Se debe instalar la bomba de agua en el extrusor para mayor control de la temperatura del proceso.

Palabras claves: extrusión, anillo de fricción, inhibidores de tripsina, actividad ureásica, índice de solubilidad de nitrógeno.

Nota de Prensa

¿ESTAMOS DISPUESTOS A APROVECHAR LA SOYA?

La soya es un alimento muy nutritivo, porque combinada con el maíz y otros cereales, provee la proteína y energía necesarias para el desarrollo humano y animal. Su aceite es insaturado y contiene isoflavinas que previenen y tratan enfermedades crónicas como el cáncer o que afectan el corazón, los huesos y los riñones. Tiene algunos factores dañinos para la digestión cuando no se cocina adecuadamente.

Zamorano ahora cuenta con un extrusor que es específico para obtener una soya cocida de alto valor nutricional. Por ello, este año se empezó a probar de qué manera se logra la temperatura y el tiempo óptimo para cocer la soya.

El extrusor es una máquina con un tornillo seccionado que bajo presión transporta, muele y cocina la soya. En la Planta de Procesamiento de Granos de Zamorano se evaluó la disposición y tamaño de las secciones que conforman el tornillo del extrusor para eliminar los compuestos que afectan la digestión.

La harina de soya cocida con el extrusor se presentó a los avicultores y porcicultores vecinos de Zamorano. Ellos se mostraron muy interesados en adquirirla. Zamorano podría asesorar a los productores que deseen utilizar esta tecnología para obtener un concentrado con ingredientes de mayor calidad.

Una de las mayores limitantes de extraer soya es que en Honduras se produce poca cantidad de grano. Es posible que los agricultores incrementen su producción si obtienen buenos precios por la misma. Caso contrario, se podría importar mientras los precios internacionales de la soya sigan bajos. De todas maneras, la soya extruida sigue siendo costosa para alimentar a los animales ya que existen sustitutos más baratos.

En Honduras la aceptación de la soya para alimentación humana se debe a que se ha incentivado su consumo mediante proyectos respaldados por Organizaciones No Gubernamentales y el Ministerio de Agricultura de Honduras desde 1972.

Próximamente, Zamorano profundizará más en la extrusión de soya integral y desarrollará recetas que gusten a los consumidores y tengan un alto valor nutricional. El consumidor es el que debe decidir si está dispuesto a incluir la soya en su dieta.

CONTENIDO

	Portadilla.....	i
	Autoría.....	ii
	Página de firmas.....	iii
	Dedicatoria.....	iv
	Agradecimientos.....	v
	Agradecimientos a patrocinadores.....	vi
	Resumen.....	vii
	Nota de prensa.....	viii
	Contenido.....	ix
	Indice de Cuadros.....	xiii
	Indice de Anexos.....	xiv
1	INTRODUCCION	1
1.1	GENERALIDADES.....	1
1.2	HIPOTESIS.....	2
1.3	LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	2
2	REVISION DE LITERATURA	3
2.1	ASPECTOS GENERALES DE LA SOYA.....	3
2.1.1	Estructura física.....	3
2.1.2	Composición química.....	4
2.1.2.1	Humedad.....	4
2.1.2.2	Proteína.....	4
2.1.2.4	Carbohidratos.....	6
2.1.2.5	Minerales.....	6
2.1.2.6	Fibra.....	6
2.1.2.7	Vitaminas.....	6
2.1.3	Factores antinutricionales de la soya.....	7
2.1.3.1	Inhibidores de tripsina.....	7
2.1.3.2	Hemaglutininas.....	7
2.1.3.3	Goitrógenos.....	7
2.1.3.4	Fitina.....	7
2.1.3.5	Lipoxigenasa.....	8
2.1.3.6	Alergenos.....	8
2.1.3.7	Saponinas.....	8
2.1.3.8	Productos de la reacción Maillard.....	8
2.1.4	Propiedades nutraceuticas.....	8

2.2	EXTRUSION.....	9
2.2.1	Historia	9
2.2.2	El extrusor INSTA-PRO 600JR®.....	10
2.2.2.1	Funciones del extrusor.....	11
2.3	EXTRUIDO DE SOYA INTEGRAL.....	11
2.3.1	Extrusión de la soya.....	11
2.3.2	Categorías de extrusión	12
2.3.2.1	Proceso 1	12
2.3.2.2	Proceso 2	12
2.3.2.3	Proceso 3	12
2.4	EFFECTO DE LA EXTRUSION.....	13
2.4.1	Aspectos químicos.....	13
2.4.1.1	Efecto en la proteína.....	13
2.4.1.2	Efecto en los carbohidratos.....	13
2.4.1.3	Efecto en los lípidos.....	14
2.4.1.4	Efecto en los minerales y vitaminas.....	14
2.5	UTILIZACION DEL EXTRUIDO DE SOYA INTEGRAL.....	15
2.5.1	Alimentación animal	15
2.5.1.1	Aves.....	15
2.5.1.2	Cerdos.....	15
2.5.1.3	Peces.....	16
2.5.1.4	Rumiantes.....	16
2.5.2	Alimentación humana.....	16
2.6	CALIDAD DEL EXTRUIDO	16
2.6.1	Inhibidores químicos de la calidad del extruido de soya.....	16
2.6.1.1	Inhibidores de tripsina.....	16
2.6.1.2	Prueba de ureasa.....	17
2.6.1.3	Índice de solubilidad de nitrógeno.....	17
2.6.1.4	Lisina disponible.....	17
2.6.2	Indicadores físicos de la calidad del extruido de soya	18
2.6.2.1	Granulometría.....	18
2.6.2.2	Color, olor y sabor.....	18
2.6.2.3	Densidad aparente	18
2.7	EL MERCADO	18
2.7.1	Investigación de mercado para la planeación estratégica.....	19
2.7.1.1	Precomercialización.....	19
2.7.1.2	Introducción.....	19
2.7.1.3	Crecimiento.....	19
2.7.1.4	Madurez.....	20
2.7.1.5	Declinación.....	20
2.7.2	Segmentación del mercado	20
2.7.3	Estimación de la demanda.....	20
2.7.3.1	La demanda actual.....	21
2.7.3.2	Pronóstico de la demanda futura.....	21
2.7.4	Canales de distribución	21

2.7.4.1	Transporte.....	21
2.7.4.2	Almacenamiento	22
2.7.5	Fijación de precios.....	22
2.7.6	Mercado actual de la soya.....	22
3	MATERIALES Y METODOS	24
3.1	UBICACION	24
3.2	EQUIPO	24
3.2.1	Extrusor INSTA-PRO 600JR®	24
3.2.2	Secadora-enfriadora.....	24
3.3	MATERIALES	24
3.4	DISEÑO DEL EXPERIMENTO.....	25
3.4.1	Montaje del extrusor.....	25
3.4.2	Operación del extrusor.....	25
3.4.3	Diseño experimental	25
3.5	TRATAMIENTOS.....	25
3.5.1	Configuración del tornillo	25
3.5.2	Muestreo	26
3.6	VARIABLES A MEDIR	26
3.6.1	Variables físicas	26
3.6.1.1	Temperatura	26
3.6.1.2	Densidad aparente	26
3.6.1.3	Granulometría.....	27
3.6.2	Variables químicas.....	27
3.6.2.1	Materia seca	27
3.6.2.2	Proteína cruda	27
3.6.2.3	Extracto libre de nitrógeno (ELN)	27
3.6.2.4	Grasa.....	27
3.6.2.5	Fibra cruda	27
3.6.2.6	Ceniza	27
3.6.2.7	Inhibidores de tripsina.....	28
3.6.2.8	Actividad ureásica	28
3.6.2.9	Índice de solubilidad de nitrógeno.....	28
3.6.3	Variables económicas	28
3.6.3.1	Costos totales.....	28
3.6.3.2	Ingreso bruto	28
3.6.3.3	Ingreso neto	28
3.6.3.4	Relación beneficio-costo	28
3.6.3.5	Cantidad mínima de equilibrio.....	29
3.7	EL MERCADO.....	29
3.8	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	29
4	RESULTADOS Y DISCUSION.....	31
4.1	CALIDAD DEL GRANO.....	31
4.2	VARIABLES FÍSICAS	31

4.2.2	Pruebas cuantitativas	31
4.2.2.1	Temperatura	31
4.2.2.2	Densidad aparente	31
4.2.2.3	Granulometría antes de agitación	32
4.2.2.4	Granulometría después de agitación	33
4.3	VARIABLES QUIMICAS	34
4.3.1	Análisis proximal	34
4.3.1.1	Materia seca	34
4.3.1.2	Proteína	34
4.3.1.3	Carbohidratos	34
4.3.1.4	Extracto etéreo	34
4.3.1.5	Fibra cruda	34
4.3.1.6	Ceniza	35
4.3.2	Grado de tratamientos térmico	35
4.3.2.1	Inhibidores de tripsina	35
4.3.2.2	Actividad ureásica	35
4.3.2.3	Índice de solubilidad de nitrógeno	35
4.4	VARIABLES ECONOMICAS	37
4.4.1	Estimación de la rentabilidad	37
4.4.2	Mercado potencial en estudio: productores de aves y cerdos	38
4.4.3	Productos sustitutos	39
5	CONCLUSIONES	41
6	RECOMENDACIONES	42
7	BIBLIOGRAFIA	43
8	ANEXOS	48

INDICE DE CUADROS

Cuadro

1.	Composición de aminoácidos esenciales en la soya	5
2.	Correlación entre la actividad ureásica e inhibidores de tripsina en la harina de soya desgrasada.....	17
3.	Configuración del tornillo: diámetros de los anillos de fricción en secuencia.....	26
4.	Temperatura de extrusión y densidad aparente de la soya cruda y de la extruida	32
5.	Distribución porcentual del tamaño de partícula de la soya extruida antes de la agitación	33
6.	Distribución porcentual del tamaño de partícula de la soya extruida después de la agitación	33
7.	Composición química de la soya cruda y del extruido de soya integral	35
8.	Efecto de la configuración del tornillo en la reducción de los factores antinutricionales presentes en la soya cruda.....	36
9.	Producción máxima del INSTA-PRO 600JR según el tiempo diario de funcionamiento	37
10.	Estado de resultados proyectado de la producción de 522.63 TM/año de soya extruida de acuerdo a la duración de la tanda	37
11.	Impacto de los precios de la soya cruda en la utilidad de la producción continua de extruido de soya integral (1567.88 TM/año) (\$US)	38

INDICE DE ANEXOS

Anexo

1.	Glosario de términos asociados a la estructura del extrusor.....	48
2.	Requisitos de la harina de soya integral – Departamento de Agricultura de Estados Unidos	49
3.	Estructura del extrusor INSTA-PRO 600JR®	50
4.	Modelo de registro de costos para la planta de extrusión	51
5.	Modelo de la encuesta a avicultores y porcicultores.....	54
6.	Análisis de varianza de las variables físicas y químicas del extruido de soya integral	59

1. INTRODUCCION

1.1 GENERALIDADES

Encontrar un alimento que provea económicamente 40% de proteína balanceada y 20% de aceite insaturado es inusual y único. La soya es un frijol que tiene estas características; por lo cual, actualmente se combina con cereales para suplementar la proteína y en algunos casos la energía de sectores con menor poder adquisitivo. Incluso aquellos con mayores ingresos han incrementado su consumo de soya porque ésta tiene propiedades nutraceuticas que reducen las enfermedades como cáncer, osteoporosis y los niveles de colesterol. La soya es atractiva para la industria de alimentos por la funcionalidad de su proteína.

A pesar de todas sus ventajas nutricionales y funcionales, la soya requiere un óptimo proceso de cocción para destruir los factores antinutricionales como inhibidores de tripsina, lectinas, estrógenos y saponinas; además de evitar la degradación de las grasas, optimizar la digestibilidad, y asegurar su funcionalidad como ingrediente. El grano cocido se utiliza a nivel industrial, tanto para consumo animal como humano. Los productos derivados de soya más utilizados son la harina y la sémola desgrasada, la harina extruida de soya integral, la harina y sémola prensada baja en grasa, el concentrado y aislado de proteína y la soya texturizada. Estos productos se combinan con otros ingredientes para obtener alimentos fortificados.

La harina de soya integral se puede obtener al hervir, cocinar con vapor bajo presión, cocinar con radiación infrarroja, tostar o extruir la soya (Cheong Yock Loon, 1997). El extruido de soya entera tiene mayor valor nutritivo que el producto de otros métodos de cocción, siempre y cuando las condiciones de temperatura y tiempo de cocción sean adecuadas. En el extrusor, la soya es transportada por un tornillo dentro de un barril, en donde se somete a alta presión, en una atmósfera libre de oxígeno. En estas condiciones, el contenido de energía, proteína y vitaminas es levemente alterado; las enzimas y los factores antinutricionales se inactivan; la digestibilidad aumenta; los microorganismos se destruyen; y la humedad de la soya es removida parcialmente.

La optimización de un extruido de soya es el inicio de trabajos con extrusión que se realizarán en Zamorano. Dado que las temperaturas de cocción en un extrusor dependen de múltiples variables, en este trabajo se ha probado el efecto del cambio de la configuración del tornillo del extrusor en la cocción de la soya, lo que redundará en el valor nutricional y las características físicas del extruido.

La harina de soya integral extruida tiene un gran potencial de consumo en Honduras. Los avicultores y porcicultores podrían utilizarla como suplemento proteico y energético de sus raciones. Para el consumidor detallista, especialmente en las regiones que han recibido información acerca de las propiedades nutricionales de esta oleaginosa, la soya se podría utilizar para elaborar la leche de soya que es muy apetecida por los consumidores. Para Zamorano, la extrusión de soya puede contribuir al desarrollo de productos en la línea de alimentos nutricionales. La soya extruida puede ser un campo atractivo de inversión porque su comercialización puede generar alta rentabilidad.

El objetivo principal de este trabajo es obtener por extrusión una harina de soya integral con características químicas y físicas aceptables. Para ello, se debe determinar la configuración del extrusor que produzca una soya integral extruida comercializable, evaluar el valor nutricional del extruido de soya, evaluar las características físicas del producto extruido, indicar los mercados potenciales de la soya integral producida en la planta de extrusión de Zamorano y establecer el costo de la extrusión del grano de soya entera en Zamorano.

Los resultados obtenidos en este estudio servirán para que en trabajos futuros Zamorano pueda incursionar en la línea de alimentos altamente nutritivos derivados de soya, con un efecto positivo en la nutrición humana y animal de la zona. Por otro lado, se incrementará la investigación en el área de utilización de granos básicos mediante el uso adecuado del extrusor disponible en Zamorano.

1.2 HIPOTESIS

Hipótesis nula: Ninguna configuración del tornillo del extrusor altera significativamente el grado de cocción de la soya entera o las características químicas y físicas de la soya extruida; por lo cual no incide en el valor comercial del producto.

Hipótesis alternativa: Al menos una configuración del tornillo del extrusor optimiza el grado de cocción de la soya entera para obtener características químicas y físicas de la soya extruida atractivas comercialmente.

1.3 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Los factores que condicionaron este estudio y que pudieron afectar los resultados son los siguientes:

- Las cantidades de grano de soya eran limitadas, por lo cual se realizaron sólo dos repeticiones por cada tratamiento.
- La demanda potencial de productos derivados del extruido de soya integral no pudo ser totalmente determinada debido a la escasez de recursos económicos y tiempo.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 ASPECTOS GENERALES DE LA SOYA

La soya, *Glicine max* L., Merrill, es la leguminosa de grano más importante por su producción total e intercambio internacional (Rosas, 1998). Estados Unidos es el mayor productor seguido de Brasil, China, Argentina e India.

La soya es originaria del este asiático. Se domesticó en el Siglo XI A.C. y se dispersó por el Sur de China, Corea, Japón (Rosas, 1998). En China era recomendada como medicina y como sustituyente de la proteína de la carne (Smith y Circle, 1972). En Europa se conocía desde 1712, pero su dispersión no fue exitosa (Rosas, 1998). La soya se empezó a comercializar en Estados Unidos alrededor de 1920, cuando se incentivó la producción mediante la construcción de plantas extractoras de aceite (Smith y Circle, 1972).

Tsao Chen (1997) menciona que las formas occidentales de procesamiento han sido muy diferentes a las orientales. La industria de extracción de aceite inicialmente utilizaba prensas hidráulicas y de tornillo; en 1934, se introdujo la extracción con solventes que eventualmente ha desplazado la extracción mecánica en países desarrollados. La torta de soya desgrasada, subproducto de la industria aceitera, fue utilizada para la alimentación de pollos y cerdos por su alto valor proteico. La proteína de la soya se aisló. Posteriormente, con la extrusión se texturizó la harina de soya para elaborar análogos de carne. En 1980 se desarrollaron los concentrados de proteína (Tsao Chen, 1997).

La producción de soya en Honduras se inició en 1972. Se desarrollaron variedades adaptadas a las condiciones imperantes en Olancho, El Paraíso y Comayagua. Rosas (1998) expresa que la soya no ha tenido éxito porque los productores no recibieron incentivos. Actualmente la utilización de la soya está relacionada a programas de desarrollo.

2.1.1 Estructura física

El grano de soya es esférico y de tamaño variable. El cultivar y la condiciones de crecimiento afectan la composición química y las características físicas del grano (Smith y Circle, 1972). El grano es dicotiledóneo y consta de 8% de testa, 90% de cotiledones y 2% de germen.

La testa o corteza puede ser amarilla, negra, verde, café o bicolor según el cultivar. La corteza tiene un complejo de células en empalizada -responsables de la imbibición de agua- y células del parénquima. Cuando el frijol soya es expuesto al calor y condiciones secas durante su maduración, se obstruyen las células en empalizada evitando la imbibición de agua y el frijol no germina o no se cocina adecuadamente (Wijeratne, 1995). Este fenómeno se conoce como endurecimiento del grano.

La soya contiene bajas cantidades de almidón. De hecho, la cocción ablanda el grano porque destruye los enlaces del ácido péctico que se encuentra intercelularmente. Las paredes celulares están formadas de celulosa, hemicelulosa y lignina. Los cotiledones contienen cuerpos de lípidos adheridos a cuerpos de proteína o paredes celulares. Los cuerpos de proteína miden de 2 a 20 micrones y los de lípidos, 0.05 a 0.5 micrones de diámetro (Wijeratne, 1995).

2.1.2 Composición química

A continuación se presentan las características químicas de la soya en sus valores promedio.

2.1.2.1 Humedad. La humedad es una característica importante para determinar la energía necesaria para secar y almacenar, o para evitar la ruptura del frijol al manejarse. Tanto el alto como el bajo contenido de humedad aceleran la oxidación de las grasas. La humedad óptima de almacenamiento es de 12% (Wijeratne, 1995). Cheong Yock Loon (1997) afirma que el procesamiento de la soya a 9-10% de humedad favorece la oxidación y a 12% favorece la rancidez hidrolítica. Por ello, él recomienda utilizar antioxidantes (como etoxiquina, BHA y BHT), antimohos y antibacterias.

2.1.2.2 Proteína. La soya contiene 40% de proteína en base seca aunque varía según el cultivar y el ambiente (Wijeratne, 1995). La mayor parte de las proteínas son globulinas, las cuales mediante centrifugación se separan en cuatro fracciones designadas como 2s, 7s, 11s y 15s (s = Svedberg, constante de sedimentación de las fracciones a 20 °C). La fracción 2s está constituida por inhibidores tripticos y el citocromo-c, que conforman el 20% del total de la proteína. La fracción 2s se denaturaliza a 100 °C con alta humedad y la proteína se precipita. La fracción 7s está constituida por hemaglutininas, lipoxigenasas, beta-amilasas y globulinas 7s. Las globulinas 7s son tres subunidades que se dimerizan en un medio acuoso con baja actividad iónica. Las globulinas 11s son dos trímeros que tienen tres cadenas de polipéptidos ácidos y tres de polipéptidos básicos. Las cadenas de polipéptidos están unidas por enlaces disulfuro y de hidrógeno que son rotos por ácidos fuertes, bases fuertes y calor (Wijeratne, 1995). La 15s es un polímero de globulinas llamadas glicininas que tienen enlaces de hidrógeno y disulfuro (FAO, 1992).

La proteína de la soya tiene diversas propiedades funcionales en los alimentos, como ser:

- Retener y absorber agua.
- Espesar.
- Imitar las características de la carne.
- Adherirse, cohesionarse y proporcionar elasticidad.
- Absorber grasa y emulsificar.
- Formar espuma.
- Controlar el color del alimento cocido.

Cuando la proteína se torna levemente insoluble, estas propiedades funcionales se pierden (Tsao Chen, 1997).

El valor nutricional de la proteína depende tanto de la digestibilidad como de la cantidad y distribución de aminoácidos. Los aminoácidos son las unidades que constituyen las proteínas. La carencia de ciertos aminoácidos afecta la salud del individuo porque no puede sintetizar todos los aminoácidos; por ésto se les llama esenciales. Lin y Kung (1997) mencionan que el 47% de la proteína cruda de la soya está constituida por aminoácidos esenciales. En el grupo de los esenciales, de acuerdo al patrón de requerimientos nutricionales para humanos de la FAO (Cuadro 1), la metionina es el aminoácido más limitante de la soya. Por otro lado, la soya provee suficiente lisina, triptofano y treonina para suplir las deficiencias de las dietas de bajo costo basadas en cereales, que comúnmente predominan en países en desarrollo (Wijeratne, 1995).

Cuadro 1. Composición de aminoácidos esenciales en la soya (g/16g N).

Aminoácidos esenciales	Soya ¹	FAO ²
Isoleucina	5.10 ³	6.4
Leucina	7.72	4.8
Lisina	6.86	4.2
Metionina	1.56 ³	2.2
Cistina	1.58 ³	4.2
Fenilalanina	5.01	2.8
Treonina	4.31	2.8
Triptofano	1.28	1.4
Valina	5.38	4.2
Histidina	2.55	---

Fuente: ¹Smith y Circle (1972)

²Patrón de Referencia FAO, según Wijeratne (1995).

³Aminoácidos Limitantes.

2.1.2.3 Lípidos. La soya contiene 20% de lípidos en base seca (el porcentaje varía según el cultivar y ambiente). El 96% de los lípidos son triglicéridos, que en un 80% están compuestos de cadenas insaturadas de ácidos grasos. Los triglicéridos más abundantes son el ácido oleico (24%) y el linoleico (50%). El contenido de ácido linolénico es de 7 a

9%, cuya oxidación confiere al aceite un sabor desagradable. Comercialmente, el aceite se hidrogena para reducir la oxidación (Wijeratne, 1995).

El nivel de lípidos de la soya afecta la textura y la cohesividad del producto (Wijeratne, 1995) y la cantidad de energía mecánica generada por el producto al extraerse.

El aceite crudo de la soya contiene 3% de fosfolípidos, que al ser removidos del aceite constituyen la lecitina, que es utilizada en la industria y como ingrediente en alimentos (Wijeratne, 1995; Smith y Circle, 1972). Holmes (1988) señala que los tocoferoles o fosfolípidos previenen la oxidación, en el mismo grado que los antioxidantes naturales, hasta quince semanas de almacenamiento a 45 °C. Sin embargo, Bookwalter *et al.* (1971) indican que el uso de antioxidantes es recomendable dependiendo de la intensidad del tratamiento térmico al que la soya es sometida, ya que altas temperaturas pueden destruir los tocoferoles.

2.1.2.4 Carbohidratos. La soya contiene hasta 34% de carbohidratos, en base seca. Los carbohidratos solubles como sucrosa, rafinosa y estaquiosa constituyen el 10% de la materia seca. El 24% de carbohidratos restantes está compuesto de celulosa, hemicelulosa y otros azúcares. La rafinosa y la estaquiosa son polímeros de galactosa que contienen enlaces alfa-1-6. Los humanos no pueden metabolizar estos carbohidratos, por lo cual la flora microbiana del intestino grueso provoca flatulencia al transformar los carbohidratos en dióxido de carbono, hidrógeno y metano. Para remover estos carbohidratos se hierve la soya o se añade 0.5% de bicarbonato de sodio (Weingartner, 1995).

2.1.2.5 Minerales. La presencia de minerales, medida en forma de cenizas, es de 5% en base seca. Los minerales más comunes son el calcio, el fósforo, el magnesio, el zinc y el hierro (Wijeratne, 1995). El calcio, el hierro y el zinc no se encuentran del todo disponibles porque se unen al ácido fítico (Weingartner, 1995). Sin embargo, el hierro está más disponible en la soya que en otras plantas con menor contenido de fitatos (Tsao Chen, 1997).

2.1.2.6 Fibra. La fibra dietética está compuesta por polisacáridos no digeribles (como hemicelulosa, celulosa, pectinas, hidrocoloides) y lignina.

2.1.2.7 Vitaminas. La soya contiene casi todas las vitaminas. La tiamina, piridoxina y el ácido fólico se encuentran en mayor proporción. Las vitaminas C y D no están presentes. Los tocoferoles favorecen la actividad de la vitamina K y tienen propiedades antioxidantes (Wijeratne, 1995).

2.1.3 Factores antinutricionales de la soya

Según Swick (1994) la soya contiene factores tóxicos o antinutricionales que reducen el valor alimenticio al interferir con la disponibilidad o metabolismo de los nutrientes. A continuación se describen algunos de estos factores:

2.1.3.1 Inhibidores de tripsina. Los inhibidores de tripsina (IT) son proteínas inhibidoras de proteasa que reducen el crecimiento, debido a que ligan e inactivan la enzima tripsina y quimotripsina del páncreas. También reducen la digestibilidad de proteína y aumentan los requerimientos de aminoácidos ya que la tripsina y la quimotripsina son enzimas ricas en aminoácidos azufrados. El páncreas incrementa la producción de tripsina para que la digestión siga siendo óptima, lo cual produce un incremento en el tamaño del mismo de hasta 50% .

Los IT son de dos tipos principales: los inhibidores Kunitz y los Bowman-Birk. Los IT Kunitz tienen un peso molecular mayor que los inhibidores Bowman-Birk (20,000 a 25,000 vs. 5,000 a 10,000). Ambos inhiben la tripsina y el segundo inhibe también a la quimotripsina (FAO, 1982).

Los IT son los factores antinutricionales con mayor resistencia a ser destruidos por el calor. La cocción en húmedo, la extrusión y el tostado inactivan los inhibidores (Wijeratne, 1995). Según Weingartner (1995) si se hierve la soya en agua por veinte minutos se pueden destruir los inhibidores de tripsina. Estas condiciones de procesamientos son igualmente efectivas contra las hemaglutininas.

2.1.3.2 Hemaglutininas. Las hemaglutininas o lectinas aglutinan los glóbulos rojos de la sangre y son muy tóxicas para los animales. Cuando las lectinas se combinan con células intestinales disminuyen la absorción de nutrientes (Swick, 1994). Se destruyen con el calor y así no tienen un efecto adverso en la calidad nutricional de la proteína de la soya (Wijeratne, 1995).

2.1.3.3 Goitrógenos. Los goitrógenos son compuestos de tipo desconocido que provocan el crecimiento de la glándula tiroides, tanto en animales como en humanos. Para contrarrestar este efecto, se añade yodo a los alimentos con soya (Wijeratne, 1995).

2.1.3.4 Fitina. La soya entera contiene de 2 a 3% de fitina (hexafosfato éster de inositol) que se enlaza con proteína y con cationes divalentes como calcio, zinc y hierro (Swick, 1994), limitando la disponibilidad de los mismos. Se puede compensar la pérdida de minerales con suplementos. A pesar de la presencia de fitatos, Tsao Chen (1997) menciona que la cantidad apropiada de calcio promueve la disponibilidad de hierro y zinc.

2.1.3.5 Lipoxigenasa. La lipoxigenasa es la enzima que cataliza la oxidación de los lípidos de la soya (Swick, 1994), reacción que resulta en un sabor y olor desagradable (Nelson y Wei, 1995). Tiene un efecto antivitaminico pues destruye los carotenoides. La lipoxigenasa se encuentran separada de los lípidos, por lo cual la reacción ocurre cuando los tejidos se rompen y existe suficiente humedad.

2.1.3.6 Alergenos. Las proteínas de la soya 11s y 15s llamadas glicinina y conglucina son inmunoreactivas en animales pequeños. Los animales hipersensitivos tienen crecimiento reducido, poco desarrollo de la velloidad intestinal y alta respuesta de anticuerpos. Estas proteínas son más resistentes al calor que los IT, pero no afectan a pollos ni a cerdos adultos (Swick, 1994).

2.1.3.7 Saponinas. Las saponinas son glucósidos con propiedades detergentes fuertes. Tienen un sabor amargo, irritan mucosas, aumentan el nivel de colesterol y la depresión (Swick, 1994). Por el contrario, Yeong Boon Yee (1994) señala que contribuye al efecto hipolipidémico. La FAO (1982) indica que reduce el nivel de colesterol. Aunque no se destruyen con el calor, no se encuentran en grandes cantidades en la soya.

2.1.3.8 Productos de la reacción Maillard. Cuando la soya se calienta, el grupo aldehído de un azúcar reductor se une al grupo amino de una proteína. En la célula ocurren rearrreglos hasta formar el "Producto de Amadori". Este grupo puede estar compuesto de los aminoácidos lisina, arginina, histidina y triptofano, los cuales no podrán formar más proteína (Swick, 1994).

2.1.4 Propiedades nutraceuticas

La soya tiene un rol fundamental en la nutrición porque provee proteína complementaria, proteína suplementaria y energética. Las propiedades nutraceuticas de la soya la hacen aún más atractiva porque previene enfermedades. Se caracteriza por contener isoflavonas, las cuales inhiben muchas reacciones enzimáticas y actúan como antioxidantes; reducen las enfermedades cardiovasculares, el nivel del colesterol de baja densidad (LDL) y del suero, el cáncer mamario y la osteoporosis; disminuyen la producción de gonadotropinas y prolongan el período menstrual (Anderson, 1995). Yeong Boon Yee (1994) sugiere que la prevención de enfermedades cardiovasculares también es influenciada por la fibra, el ácido fólico, los minerales y las saponinas de la soya. Para reducir significativamente el nivel de colesterol el consumo de proteína debe ser de 17 a 25 g diarios.

El ácido linolénico de la soya es un precursor de los ácidos grasos de cadena larga, omega-3, que tiene funciones hipolipidémicas. Incluso es precursor de las prostaglandinas, las cuales forman parte de las membranas celulares. Holmes (1988) indica que los tocoferoles del aceite de la soya contribuyen a su digestibilidad. La

lecitina reduce la coagulación de la sangre en las plaquetas y contribuye al sistema inmune (Yeong Boon Yee, 1994).

2.2 EXTRUSION

INTSOY (1999) define a la extrusión como “un proceso continuo en el que materiales húmedos, expandibles, almidonosos y/o proteicos son plastificados y cocinados mediante una combinación de humedad, presión, temperatura y energía mecánica”. A pesar de que actualmente la extrusión es un proceso altamente tecnificado, el extrusor básicamente es un tornillo que rota dentro de un barril (Wijeratne, 1995). El alimento se transforma física y químicamente cuando es expuesto a la presión y a la temperatura generada al transportar ingredientes por el tornillo. Con la extrusión se ha obtenido una amplia gama de productos suplementarios, boquitas, texturizados proteicos y confitados para el hombre y alimentos para mascotas y animales de producción; los cuales requieren procesos con peculiaridades técnicas y económicas.

2.2.1 Historia

La extrusión no es un proceso muy nuevo en la industria ya que desde 1869, en Alemania, se utilizaban extrusores de doble tornillo para elaborar salsas. Estos extrusores pasaron a la industria plástica en 1930 y hasta 1970 se reintrodujeron en la industria de alimentos (Lusas, 1999). Desde 1873 los extrusores de un tornillo procesaban alimentos a un costo menor por tonelada que el de otros métodos de cocción. A partir de 1930 se utilizaron para elaborar pastas; General Mills extruyó una masa precocida de la cual elaboró hojuelas y expandió cereal. En 1940, se diseñaron extrusores de un tornillo de baja capacidad y bajo costo relativo que operaban con cereales granulados, los cuales contenían menos de 20% de humedad. En 1946, se introdujo el extrusor “collet” de barril corto y alta fricción para elaborar boquitas.

En 1960, los extrusores aumentaron su capacidad de proceso, lo que permitió ampliar el rango de productos procesados (Lusas, 1999). Además se mejoró la metalurgia de los extrusores y se diseñaron accesorios y dados para desarrollar nuevos productos. En 1969 aparecieron los extrusores INSTA-PRO® y el GEM ROASTER, los cuales tienen la hegemonía de la extrusión de soya entera. Lusas (1999) indica que a finales de los años sesenta y a lo largo de los setenta, la Agencia Internacional de los Estados Unidos para el Desarrollo (USAID) y la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) invirtieron en extrusores de bajo costo para procesar soya y cereales, con el objetivo de aliviar el hambre y la malnutrición en países no desarrollados. El extrusor INSTA-PRO® sobrevivió esta época y continúa vendiéndose comercialmente. La Planta de Granos de Zamorano cuenta con el extrusor INSTA-PRO 600 JR®, el cual ha sido utilizado para realizar este trabajo.

En 1970 se recurrió a la coextrusión para producir alimentos rellenos. Por último, se introdujeron los extrusores de doble tornillo en la industria alimenticia, los cuales han

sido más ampliamente utilizados porque mezclan mejor, manejan el alimento más uniformemente a temperaturas controladas que pueden ser más bajas que las del tornillo simple (Harper, 1989).

2.2.2 El extrusor INSTA PRO 600 JR®

El extrusor INSTA-PRO 600JR® es un extrusor en seco de un solo tornillo (Glosario en Anexo 1), diseñado en 1969 para extruir soya. También se utiliza para elaborar pellets para peces y canes. Este extrusor se caracteriza por procesar alimentos con bajo contenido de humedad y no inyectar vapor. El calor se genera cuando el alimento es transportado entre el tornillo y el barril del extrusor bajo alta presión, debido a que el espacio entre el tornillo y el barril es de 5 mm en promedio; existen anillos de fricción que reducen más el espacio de tránsito del alimento. Al haber alta presión y movimiento, la fricción entre partículas genera energía mecánica o de conversión que cocina los ingredientes, hasta que éstos salen por el dado del extrusor.

El tornillo del extrusor está seccionado en cinco segmentos que están colocados dentro de un barril, que tiene una sección de alimentación y tres camisas. En la sección de alimentación existe una entrada de agua por bombeo y cada camisa del barril tiene un termopar con lectura digital de la temperatura. Al final del tornillo se encuentra una tapa final que contiene un agujero de salida o dado (Wijeratne, 1998).

El tornillo tiene 93.66 mm de diámetro (incluye el alto de la rosca) y sus segmentos se intercalan con los anillos de fricción, que regulan el espacio que tiene el alimento para moverse entre el tornillo y el barril. Los anillos tienen los siguientes diámetros: 82 mm, 89 mm, 92 mm y 95 mm (INSTA-PRO®, 1997). La selección de estos diámetros depende de la temperatura que se quiere generar, ya que un diámetro mayor genera más temperatura porque produce mayor oposición al paso del material y genera alta fricción.

El barril es largo y tiene segmentos con surcos internos longitudinales, que también generan mayor fricción en el interior. El barril tiene cuatro zonas de proceso, que son: alimentación, amasado, cocción y moldeado. La zona de alimentación transporta y precalienta el alimento, sometiéndolo a una presión mínima. La zona de amasado mezcla los ingredientes y forma una masa. La zona de cocción produce una compresión máxima que permite bombear el alimento hasta el dado formador (Jansen, 1979). La zona de moldeado a nivel de la tapa comprime más el alimento y le da la forma deseada (Lusas, 1999).

El extrusor puede procesar de 270-320 kg/hr de soya en grano. La temperatura máxima de operación es de 175 °C. El motor del extrusor es de 50 hp y hace rotar al tornillo a una velocidad de 550 rpm. La máquina tiene dispositivos de seguridad en la alimentación, en el barril, en los dados y en el cortador (en la extrusión de soya integral no se necesita cortador).

2.2.2.1 Funciones del extrusor. El extrusor en seco de tornillo simple INSTA-PRO 600JR® tiene atractivo industrial por sus múltiples funciones (Lusas, 1999):

- Muele la soya entera y otros granos.
- Aglomera y compacta ingredientes.
- Homogeniza ingredientes y da texturas y formas agradables a los alimentos.
- Calienta, pasteuriza, inactiva enzimas y cocina.
- Aumenta la digestibilidad de los almidones.
- Destruye los factores tóxicos y anti-crecimiento.
- Produce nuevas texturas y formas.
- Prepara alimentos pre-cocidos o instantáneos.
- Denaturaliza proteínas.
- Reduce la humedad.
- Reduce la energía y trabajo al utilizar procesos a escala con control automatizado.
- Destruye alergenicos, micotoxinas y constituyentes tóxicos.
- Asegura la distribución uniforme de los nutrientes.
- Contribuye a la extracción de aceites por solventes y prensas mecánicas.
- Controla la densidad y flotabilidad de los alimentos para peces.
- Produce ingredientes hechos de soya entera o parcialmente desgrasada.

2.3 EXTRUIDO DE SOYA INTEGRAL

2.3.1 Extrusión de la soya

La extrusión del grano de soya es un proceso continuo que reduce la carga microbiana natural de la soya, denaturaliza las proteínas, destruye factores antinutricionales y remueve parcialmente la humedad del producto (Wijeratne y Nelson, 1998). El extruido de soya integral es el producto granular (Bates, 1994) del procesamiento de la soya en un extrusor sin la remoción del aceite. Lin y Kung (1997) señalan que la extrusión produce un alimento más uniforme que el tostado-molienda de la soya. Asp y Bjorck (1989) afirman que por medio de este proceso se obtiene harina de soya con toda su grasa de mejor calidad proteica que la cocida con vapor y autoclave. Para extruir la soya es necesario que el grano sea expuesto a temperaturas de 135 a 145 °C por 30 s (Wijeratne y Nelson, 1998). Holmes (1988) sugiere temperaturas entre 136 y 139 °C. La humedad de la soya cruda sugerida por Nelson *et al.* (1987) es de 10 a 14 %. Cuando la extrusión es en seco, el aceite actúa como lubricante y no es necesario adicionar agua (Cheong Yock Loon, 1997). Platlener (1999) indica que el grano de soya debe ser extruido a temperaturas de 125 a 135 °C en un extrusor Wenger, con una humedad de 17 a 20%; el preacondicionamiento del grano de soya acelera su paso por el extrusor y ayuda a desactivar los inhibidores de crecimiento; sin embargo, se debe considerar el costo de la inyección de vapor.

La extrusión rompe las células del grano y el aceite caliente le da al extruido una apariencia semifluida, hasta que el aceite es reabsorbido por el extruido a temperatura ambiente. Después de la extrusión, el extruido se enfría a 15 °C para prevenir la condensación y el desarrollo de hongos en el producto. La soya apropiadamente extruida puede almacenarse por lo menos por tres meses sin refrigeración (Cheong Yock Loon, 1997).

2.3.2 Categorías de extrusión

La soya extruida se procesa de tres maneras para lograr transformar el grano de acuerdo a los requerimientos nutricionales del consumidor. Platlener (1999) describe las características del extruido de cada proceso:

2.3.2.1 Proceso 1. En este proceso sólo se pretende destruir los inhibidores de tripsina e inactivar las enzimas responsables de la rancidez de las grasas. Esta categoría de extrusión necesita poca energía mecánica. En este estudio se utilizó este proceso.

2.3.2.2 Proceso 2. En este proceso se aprovecha la energía del aceite intracelular de la soya para formar complejos de carbohidrato-lípido y proteína-lípido. Estos complejos pueden ser digeridos por monogástricos, pero son grasas “sobrepasantes” para los rumiantes. Cuando la soya forma estos complejos, es necesario realizar una hidrólisis ácida del producto para conocer el contenido total de lípidos, ya que el extracto etéreo no los extrae totalmente.

2.3.2.3 Proceso 3. La extrusión severa produce grasa y proteína “sobrepasante” para los rumiantes, la cual se forma por la reacción Maillard; en esta reacción, la proteína denaturalizada se une al azúcar y se convierte en premelanoidinas que le dan un color oscuro al extruido. Se cataloga a una proteína como sobrepasante cuando su índice de solubilidad de nitrógeno es menor al 12%. Son necesarias pruebas adicionales para ver si el grado de cocción no ha dañado a la proteína de la soya (Platlener, 1999). Un tratamiento calórico intenso causa la pérdida de los azúcares y aminoácidos como la lisina que es más susceptible. Cuando las temperaturas son mayores que 160 °C la degradación del extruido en el rumen es menor que el 31% (Lin y Kung, 1997).

2.4 EFECTO DE LA EXTRUSION

2.4.1 Aspectos químicos

2.4.1.1 Efecto en la proteína. El grado de tratamiento térmico de la soya afecta la funcionalidad del extruido y las características del proceso. Las proteínas de la soya desnaturalizadas pierden su estructura molecular inicial, lo cual les confiere las siguientes características (INTSOY, 1999):

- Pierden la solubilidad en soluciones acuosas o salinas.
- Pierden la actividad enzimática.
- Mejoran su digestibilidad.

Asp y Bjorck (1989) explican que aunque algunos sugieren que la denaturalización de la proteína aumenta la digestibilidad, es probable que sea por la inactivación de los inhibidores de proteasa bajo el tratamiento térmico. Si la cocción es muy severa, la digestibilidad disminuye y los aminoácidos como la lisina ya no están disponibles. En general, el valor proteico del extruido de soya supera al de la soya cocida por otros métodos.

La extrusión reduce la actividad enzimática de la soya. Cheftel (1989) reporta que la extrusión de soya integral en extrusores de un tornillo o de doble tornillo a 140 °C, 20% de humedad y 20 s de residencia en el barril inactivan totalmente la lipoxigenasa, responsable del sabor desagradable de la soya. En cuanto a la inhibición de tripsina, Cheftel (1989) indica que en 1985 Harper y Jansen encontraron que con humedades de la soya extruida tan bajas como 7 a 11%, no hay una inactivación significativa de los inhibidores de tripsina y de la ureasa. Los lípidos de la soya reducen la fricción porque actúan como lubricantes. Jansen (1979) indica que el extrusor INSTA-PRO® inactiva 58% de inhibidores de tripsina a 143 °C. Aunque mayores temperaturas destruyen más de estos inhibidores, el aprovechamiento de la proteína es menor.

2.4.1.2 Efecto en los carbohidratos. La extrusión no afecta el contenido de almidón, medido como glucosa después de la digestión con α -amilasa y glucoamilasa. Sin embargo, por la fricción generada en el extrusor se homogeniza la estructura celular del almidón, por lo cual el almidón digerido produce más azúcar. Incluso, si el almidón de un ingrediente contiene humedad baja y se calienta a temperaturas de 110 a 135 °C, el gránulo de almidón se gelatiniza (Asp y Bjorck, 1989); es decir, los gránulos de almidón rompen sus enlaces por el calor y aumentan su capacidad de absorción de agua. La estructura del gránulo se hace menos compacta y el alimento aumenta su digestibilidad. Si las condiciones de procesamiento son muy exigentes por las altas temperaturas y baja humedad, el almidón se dextriniza. En la dextrinización los gránulos se dividen en moléculas más pequeñas que se disuelven en agua (Woodrooffe, 1995).

Los lípidos y las proteínas atenúan la expansión de los almidones. Los almidones forman usualmente complejos con lípidos, los cuales hacen al almidón menos digerible. Sin embargo, la desintegración celular y granular por la fricción que ocurre en el extrusor permiten la mayor disponibilidad de los almidones (Asp y Bjorck, 1989); es por ello que el extruido sigue siendo más aprovechable que otros productos de soya cocidos por otros métodos.

Los carbohidratos de bajo peso molecular como sacarosa y rafinosa pueden ser hidrolizados y se convierten en monosacáridos reductores que participan en la reacción Maillard (Asp y Bjorck, 1989). La destrucción de carbohidratos solubles como la estaquirosa es parcial (Cheftel, 1989).

La densidad aparente de la fibra aumenta con la extrusión porque el extrusor rompe y comprime la fibra (Woodrooffe, 1995). Según Asp y Bjorck (1989) la extrusión puede aumentar la cantidad de fibra del alimento cuando se aumentan las temperaturas. Sin embargo, en condiciones moderadas de temperatura sólo se llega a solubilizar las fracciones de fibra. Se aumenta la fibra porque la fibra en este caso se define como la porción de polisacáridos no digeribles por amilasas y la lignina. Al extruir, se forma un almidón resistente que puede ser soluble sólo en hidróxido de potasio (KOH) a una molaridad de 2M. También puede haber una degradación macromolecular con otros polímeros que cambian su solubilidad y sus propiedades fisiológicas.

2.4.1.3 Efecto en los lípidos. Los lípidos son poco afectados; pero, si están en alta cantidad, forman complejos con los carbohidratos que son poco solubles en éter. Antes de hacer el extracto etéreo de la prueba química proximal, se debe hacer una hidrólisis ácida del extruido. Al formarse los enlaces lípido-carbohidrato, la textura y palatabilidad del producto sugieren una reducción en la cantidad de lípidos presentes en el extruido (Woodrooffe, 1995). En general, los lípidos que no se unen a los carbohidratos y quedan libres son reabsorbidos por el extruido (Bates, 1994). El problema es que el extruido tiene una extracción de lípidos con solvente 40 a 55% menor que sin extruir (Asp y Bjorck, 1989). La estabilidad del extruido de soya integral decrece al incrementar la temperatura y el tiempo de residencia debido a que existe una mayor autooxidación y degradación de los antioxidantes naturales.

2.4.1.4 Efecto en los minerales y vitaminas. La extrusión no afecta significativamente a los minerales; sin embargo, la reducción del fitato en un 13 a 35% aumenta la biodisponibilidad de éstos (Asp y Bjorck, 1989). La pérdida de vitaminas depende de la intensidad del proceso. La vitamina A, C, tiamina, niacina y otras son destruidas por el calor producido con la extrusión (Woodrooffe, 1995).

2.5 UTILIZACION DEL EXTRUIDO DE SOYA INTEGRAL

2.5.1 Alimentación animal

Holmes (1988) indica que el extruido de soya integral tiene mucha importancia en las dietas de aves y cerdos por lo siguiente:

- Tiene alto contenido proteico y adecuado balance de aminoácidos.
- Contiene aceite con ácidos grasos polinsaturados esenciales como el linoleico, que además proveen energía.
- Contiene lecitina y vitamina E (Cheong Yock Loon, 1997) que son emulsificantes y antioxidantes naturales, respectivamente.
- Se mezcla bien como ingrediente.
- Tiene un buen olor y palatabilidad.

Bates (1994) indica que el extruido de soya integral tiene mayor calidad nutricional que la harina integral cocida por otros métodos, debido a que la extrusión rompe las células y permite que los nutrientes estén más disponibles.

2.5.1.1 Aves. La soya integral cocida y extruida se desarrolló en Inglaterra para proveer el ácido linoleico que el maíz proporcionaba a las dietas de aves antes de que los precios se elevaran (Holmes, 1988). Cheong Yock Loon (1997) reporta que cuando los pollos de engorde y las gallinas ponedoras reemplazan la harina de soya desgrasada por el extruido de soya integral tienen mayor ganancia de peso y aumentan el tamaño del huevo, respectivamente. Por su parte, Balloun (1980) reporta que existe un mejor aprovechamiento del valor nutricional de la soya extruida y peletizada en pollos de engorde, ya que aumenta la absorción de grasa y disminuye el alimento necesario para la ganancia de peso.

En Zamorano se evaluó la inclusión de la soya integral extruida en las dietas de pollos de engorde. El consumo de una dieta con 100% de extruido no tuvo efectos negativos en el crecimiento, pero la que incluía 75% de la soya extruida tuvo una mayor producción de carne (Ek Uk, 1999).

2.5.1.2 Cerdos. Cheong Yock Loon (1997) indica que los lechones y cerdos en crecimiento también experimentan mayor ganancia de peso cuando reemplazan harina de soya desgrasada por el extruido de soya integral. Cheeke (1991) menciona que los cerdos pequeños que toman leche de soya pueden tener reacciones alérgicas a proteínas como la glicinina y conglicina, las cuales atrofian las vellosidades intestinales y reducen la absorción de nutrientes. Estas proteínas se desnaturalizan cuando la soya se cuece adecuadamente. La soya mezclada con maíz es muy recomendable para casi todas las etapas de desarrollo del cerdo, exceptuando la de los recién destetados (Cheeke, 1991).

2.5.1.3 Peces. Las raciones de peces contienen de 25 a 50% de proteína cruda y por ello los ingredientes altamente proteicos como el extruido de soya integral llegan a abarcar del 50 a 70% de la dieta (Treviño, 1995). En acuicultura el extruido puede reemplazar a la torta de soya sin efecto adverso en la ganancia de peso. Sin embargo, la eficiencia de su uso es mayor en peces de aguas frías ya que éstos utilizan la energía de la grasa más eficientemente que los peces de aguas cálidas, los cuales llenan sus requerimientos con harina de soya desgrasada.

Treviño (1995) indica que la soya integral tiene mejores resultados cuando los inhibidores trópticos se reducen por lo menos en 83%. Este autor indica que la soya integral bien cocida puede reemplazar parcialmente a la harina de pescado, aunque se debe cuidar de no sobrepasar los niveles de energía de la ración.

2.5.1.4 Rumiantes. En rumiantes, la soya debe tratarse térmicamente hasta obtener proteína sobrepasante que resista la hidrólisis enzimática en el rumen (Lin y Kung, 1997).

2.5.2 Alimentación humana

En la alimentación humana los usos del extruido de la soya integral se están incrementando. La harina de soya con toda su grasa puede reemplazar los huevos ya que tiene un alto contenido de lecitina (Tsao Chen, 1997). El extruido de soya se utiliza para elaborar pan, dulces, postres fríos, leche instantánea, mezclas para donas y otros. La adición de 3% del extruido disminuye la absorción de aceite y da un mejor color a la masa de donas, mayor absorción de humedad y textura más suave. Incluso se puede añadir hasta 15% de harina de soya entera extruida a las pastas (Soyatech Inc., 1992). El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 1996) ha promovido desde los años 70 la utilización de la soya en varios países para disminuir la malnutrición.

2.6 CALIDAD DEL EXTRUIDO

El extruido de soya entera tiene indicadores químicos y físicos de calidad. En el Anexo 2 se detallan los requisitos del Departamento de Agricultura de Estados Unidos.

2.6.1 Indicadores químicos de la calidad del extruido de soya

2.6.1.1 Inhibidores de tripsina (IT). El objetivo de la extrusión, según Platlener (1999), es reducir a menos de 1.0 unidad de inhibidores de tripsina (UIT)/mg de tripsina. Un valor de 5.0 UIT/mg se considera seguro porque indica que se han destruido el 90% de los inhibidores trópticos.

2.6.1.2 Prueba de ureasa. La ureasa se encuentra en la soya en grandes cantidades y cataliza la conversión de la urea en amonio en dietas con urea. Esta prueba se utiliza para determinar la efectividad de la destrucción de los inhibidores tripticos y hemaglutininas, midiendo el cambio en pH por la conversión de urea en amonio (Cheong Yock Loon, 1997). Platlener (1999) indica que la urea se destruye más fácilmente que los inhibidores de tripsina; sin embargo, Wijeratne (1995) sostiene que se inactiva a temperaturas mayores que la de los IT. En la prueba del pH se esperan valores entre 0.05 y 0.1 de cambio en pH (Platlener, 1999).

Andriguetto *et al.* (1986) mencionan que cuando la soya está cruda la prueba de actividad ureásica presenta un cambio en pH de 2.0, el cual es reducido por el calor a un pH de 0.2 que indica que la soya es adecuada para consumo de animales monogástricos. Si el pH tiene un cambio de 0.0 indica que la soya ha recibido un tratamiento muy severo y ha afectado el valor biológico de su proteína ya que hay una menor disponibilidad de los aminoácidos azufrados y de la lisina. Se aconseja que la actividad ureásica tenga un cambio de pH entre 0.25 y 0.05.

Treviño (1995) indica que hay una correlación entre la actividad ureásica e inhibidores de tripsina(mg/g de pasta) en la pasta de soya (Cuadro 2).

Cuadro 2. Correlación entre la actividad ureásica e inhibidores de tripsina (mg/g de pasta) en la harina de soya desgrasada.

Actividad Ureásica	Inhibidor de Tripsina
2.40	21.0
2.04	12.2
0.23	3.1
0.12	2.2
0.00	2.1
0.00	1.0
0.00	0.5
0.00	0.1

Fuente: Treviño 1995.

2.6.1.3 Índice de solubilidad de nitrógeno. Este indicador está correlacionado con la funcionalidad de la proteína y se utiliza para ver el grado de modificación por la extrusión (Linko *et al.*, 1981). Cuando el valor del índice es bajo significa que ha habido mayor desnaturalización.

2.6.1.4 Lisina disponible. A pesar de que este análisis no se realizó en este estudio, es necesario mencionarlo porque la disponibilidad de lisina es un parámetro para evaluar el valor nutritivo de un alimento. La disponibilidad de lisina es un indicador del grado de

cocción, debido a que cuando las temperaturas sobrepasan los 180 °C la lisina reacciona con azúcares reductores en la reacción Maillard (Asp y Bjorck, 1989). Sin embargo, se reportan inconsistencias relacionadas al efecto de la extrusión sobre la disponibilidad de lisina. Si la soya cruda tiene bajo porcentaje de humedad o humedad excesiva, el agua no está disponible para la reacción o provoca un efecto de dilución, respectivamente. Por otro lado, cuando el porcentaje de humedad es bajo la sucrosa se hidroliza y aumenta la cantidad de azúcares reductoras que tienen un efecto secundario en la proteína; si la humedad es muy alta la lisina se retiene por más tiempo en el extrusor.

Se mide lisina por ser el aminoácido más reactivo debido a que contiene un radical ϵ -amino libre (Bjorck y Asp, 1983) y por ser un aminoácido comúnmente limitante en las dietas de nuestra región. Otros aminoácidos que se pierden son arginina, triptofano, cisteína e histidina. Las pérdidas de lisina son graduales.

2.6.2 Indicadores físicos de la calidad del extruido de soya

2.6.2.1 Granulometría. Es importante que la granulometría del extruido sea uniforme para lograr una mejor mezcla con otros ingredientes (Swick, 1994). Harper *et al.* (1978) reportan la granulometría de un extruido de soya integral elaborado en México el cual tiene una retención en la malla # 30 de 31.8%, en la # 40 de 28.1%, en la # 60 de 36.0% y en la # 80 de 4%.

2.6.2.2 Color, olor y sabor. Swick (1994) indica que la uniformidad del color denota el grado de cocción de la mezcla (crudo o sobrecocido). El extruido debe ser levemente tostado o café claro. El sabor no debe ser a quemado, moho o amonio, porque indica que la soya ha sido sobrecocida, dañada microbiológicamente o adulterada. La soya debe tener un sabor suave y no amargo o ácido. Este análisis no se realizó en este experimento.

2.6.2.3 Densidad aparente. La expansión de oleaginosas (0 a 10% de almidón) es de 150 a 200% (Linko *et al.*, 1981). INSTA-PRO® (1997) reporta que un extruido de soya integral tiene 67 kg/HL.

2.7 EL MERCADO

Kotler y Armstrong (1990) explican que un mercado es un conjunto de compradores actuales y potenciales de un producto o un servicio. Williams (1995) señala que producir e introducir un producto derivado de soya es una operación compleja. Se debe comprar e instalar equipo, proveer ingredientes, contratar y entrenar trabajadores, mejorar el proceso de producción, especificar el mercado; hacer y refinar los planes de mercadotecnia, promoción, empaque, precio y distribución y desarrollar planes para el

negocio en general. Para llegar a este nivel, se debe primero hacer una investigación de mercado que provea información sobre las oportunidades y problemas del mercado y sobre la planificación y ejecución de estrategias mercadotécnicas en el marco de las funciones administrativas (Kotler y Armstrong, 1990).

La información es de calidad cuando se puede hacer una decisión rentable basada en ella y cuando el costo de obtenerla es compensado por los beneficios económicos posteriores. La información buena se obtiene si es planificada. Se prepara un plan de muestreo y se diseñan cuestionarios; después se hace el trabajo de campo y la información recolectada se procesa para tabularla, analizarla e interpretarla.

2.7.1 Investigación de mercado para la planeación estratégica

La planeación estratégica permite diseñar las actividades que se realizarán para que un producto tenga un ciclo de vida largo y rentable. Antes de planificar, se realiza la investigación de mercado del producto en cada una de las etapas de su ciclo de vida, como: introducción, crecimiento, madurez y declinación. Kotler y Armstrong (1990) indican que la investigación de mercadotecnia se dirige a conocer al cliente, al costo, a la conveniencia y a la comunicación apropiada para el producto, precio, posición y promoción que se pretenden. La investigación se realiza desde antes que el ciclo de vida empiece, en la etapa de precomercialización.

2.7.1.1 Precomercialización. El extruido de soya integral elaborado en Zamorano actualmente está en la etapa de precomercialización. Para asegurar que el producto tenga un ciclo de vida duradero y rentable de acuerdo a los objetivos administrativos, Dillon *et al.* (1990) indican que la investigación de mercado debe tomar en cuenta aspectos como la definición del mercado del producto, la conceptualización del producto, estudios de mercado, segmentación de mercado y evaluación del producto.

2.7.1.2 Introducción. Cuando el producto se está introduciendo al mercado, es necesario que se realicen sondeos y monitoreos de ventas del producto para determinar la aceptación del producto.

2.7.1.3 Crecimiento. En esta etapa las ventas se incrementan. Se debe ser cuidadoso del posicionamiento del producto en el mercado; o sea, dirigir el producto al segmento de consumidores apropiado, promocionando los atributos e imagen convenientes. Para ello, se enfatiza en la mezcla de producto, precio, promoción y plaza (Las cuatro P's). También se deben hacer sondeos para adaptarse a un ritmo inesperado de ventas y/o conocer si el consumidor sigue comprando el producto. Lo que se pretende es pronosticar el volumen de ventas que se deberá suplir.

2.7.1.4 Madurez. Cuando las ventas se mantienen a través del tiempo, el producto debe crear interés para poder ser vendido (Dillon *et al.*, 1990). El producto puede reposicionarse, cambiar de imagen vía el empaque y/o dirigirse a nuevos consumidores que le den usos adicionales.

2.7.1.5 Declinación. Con el tiempo aparecen sustitutos del producto mejorados o los consumidores se cansan de los productos. Cuando el producto empieza a declinar en ventas se debe buscar cómo reducir costos para que el producto a menor precio siga siendo atractivo para el consumidor y rentable para la empresa.

2.7.2 Segmentación del mercado

Un segmento de mercado es un subgrupo de consumidores que responden de manera similar a una misma estrategia mercadotécnica (Dillon *et al.*, 1990). La investigación de segmentos permite determinar la respuesta a la estrategia de mercado y cambios en los productos y precios. La segmentación está íntimamente relacionada con el posicionamiento, debido a que para realizar un buen posicionamiento se debe seleccionar un grupo homogéneo que comparta ciertas necesidades.

Existen múltiples formas para segmentar un mercado. Entre ellas está la segmentación geográfica y la segmentación conductual. La primera divide al mercado en unidades territoriales que pueden ser manejadas bajo una misma política (Kotler y Armstrong, 1990). La segunda toma en cuenta los siguientes aspectos del consumidor: criterios para la decisión de compra, preferencia del producto, compra y usos del producto, lealtad al proveedor y cambios de marca, reacción a nuevos conceptos (intención de compra), sensibilidad a cambios de precios y propensión a cerrar tratos (Dillon *et al.*, 1990).

Los segmentos se evalúan con base en su tamaño, crecimiento futuro, estructura de su mercado, y los objetivos y recursos de la empresa comercializadora (Kotler y Armstrong, 1990). Cuando se tiene definido el segmento se puede aplicar la estrategia mercadotécnica apropiada. Una empresa con pocos recursos puede aplicar la mercadotecnia concentrada. De esta manera, la empresa se posiciona en un mercado estable que responde al producto especializado. La empresa puede obtener mayor rendimiento sobre la inversión. El extruido de soya integral desarrollado en Zamorano inicialmente será dirigido a los productores de aves y cerdos de la región.

2.7.3 Estimación de la demanda

Kotler y Armstrong (1990) estipulan que la demanda total del mercado es el volumen total que compraría un segmento de los consumidores en un área y en un entorno de mercadotecnia definidos. El mercado potencial está constituido por todos los compradores que tienen el interés de utilizar un producto. El mercado existente es parte del mercado potencial que tienen el ingreso, el acceso y las calificaciones necesarias para

obtener el producto o servicio. El mercado atendido es la porción del mercado existente que se desea atacar, pero sólo se convence a una serie de consumidores que deciden adquirir el producto.

2.7.3.1 La demanda actual. La producción animal requiere una fuente de proteína económica para sus raciones. Actualmente, la harina de soya es un ingrediente sustituto del extruido de soya integral, que es muy utilizada en alimentación animal. Contiene 48 % de proteína, pero el valor energético es menor al del extruido de soya entera porque no contiene el aceite natural de esta leguminosa. La demanda de la harina se ha incrementado en los últimos años por su bajo costo.

En Honduras el extruido de soya integral es distribuido por un solo proveedor. Su demanda se ha incrementado en la zona norte del país (Rubio, 1999¹).

2.7.3.2 Pronóstico de la demanda futura. La demanda futura se basa en los pronósticos del entorno, de la industria y de las ventas de la empresa (Kotler y Armstrong, 1990). Para pronosticar la demanda futura las empresas toman en cuenta la opinión de la gente, lo que la gente hace y lo que ha hecho.

2.7.4 Canales de distribución

El canal de distribución lleva los bienes de los productores a los consumidores. Además de transportar y almacenar un producto - como sugieren McCarthy y Perreault (1990)- son los que informan, promueven, contactan y se adaptan a sus clientes, tomando el riesgo financiero que está ligado al producto que ofrecen.

Los canales de distribución pueden ser directos cuando la empresa comercializa sus productos directamente al consumidor; o indirectos, cuando hay uno o más distribuidores y detallistas entre el fabricante y el consumidor. Una de las formas de organizar un canal es corporativamente. Este sistema combina etapas sucesivas de producción y distribución, las cuales pertenecen a un solo propietario (Kotler y Armstrong, 1990).

Dentro de la distribución física, el transporte y el almacenamiento tienen las características que se mencionan a continuación.

2.7.4.1 Transporte. El transporte le agrega valor a los productos, pero se debe evitar que los costos superen la ganancia. Los camiones son un medio de distribución caro, pero flexible y esencial.

¹ RUBIO, L.R. 1999. Presidente de Bonampak-Guatemala. Comunicación Personal, San Pedro Sula, Honduras.

2.7.4.2 Almacenamiento. En el almacenamiento se guardan los productos hasta que son comprados. Se almacena cuando no se puede producir constantemente. El costo de almacenamiento se incrementa con el paso del tiempo.

2.7.5 Fijación de precios

El precio es la cantidad de dinero que se paga por un bien o servicio. La fijación de precios determina el número de ventas y las ganancias de la empresa (McCarthy y Perreault, 1990). El precio debe estar acorde con los objetivos de la empresa en cuanto a rentabilidad y tamaño del mercado. El consumidor paga el precio de la calidad de producto que desea obtener de acuerdo a la percepción del valor de ese producto. La competencia puede determinar el precio al que se oferta un producto. Otros factores macroeconómicos como la inflación, la tasa de interés, la tasa de cambio y el ingreso de los clientes son fundamentales en la determinación del precio, especialmente cuando afectan los costos de producción o la percepción del valor del producto (Kotler y Armstrong, 1990).

Inicialmente, el precio proviene de una lista de precios. Existen dos formas básicas de determinación de precios: sobre la base de costos y sobre la base de demanda. Los precios que se determinan sobre la base de costos tienen un porcentaje de las ventas como ganancia. Por otro lado, la estimación sobre la base de demanda evita muchos errores, ya que si la demanda es menor a la esperada, el costo promedio del producto se eleva (McCarthy y Perreault, 1990). Existe un punto de equilibrio donde los costos igualan a los ingresos. Un volumen de venta menor a este punto produce pérdidas; un volumen mayor, ganancias.

Los precios fijados pueden ser ajustados vía descuentos y modificaciones por pagar en efectivo, comprar grandes volúmenes, realizar una actividad que beneficia al proveedor, por la temporada y por promoción (Kotler y Armstrong, 1990).

2.7.6 Mercado actual de la soya

Internacionalmente, la mayor producción de soya se centra en Estados Unidos, Brasil y Argentina. El mercado chino ha aumentado su consumo debido a que entre 1994 y 1996 la producción porcina se ha incrementado en 6% y la avícola en 18%. El consumo doméstico de soya aumentó también debido a que es un alimento altamente nutritivo (ASA, 1996). Sin embargo, como el área productiva de soya es mayor mundialmente, los precios del frijol soya están en continuo descenso llegando a costar 183.33 \$US/TM en la bolsa de Chicago en noviembre de 1999.

En Tegucigalpa la mayoría del frijol comercializado es importado. Los precios en el mercado se han mantenido en moneda nacional (SIMPA, 1999) debido al incremento del valor del dólar. Según el Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria (Secretaría de Agricultura y Ganadería, 1999) en 1998 se importaron 25.24 TM de semilla de soya y en

1999, hasta septiembre, se importaron 57.94 TM de grano de soya provenientes de Estados Unidos y Costa Rica. La harina de soya tiene una alta demanda para consumo animal. En 1999, hasta septiembre, Honduras importó 85420.23 TM de harina de soya.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 UBICACION

El trabajo del proyecto especial se realizó en la Planta de Procesamiento de Granos, ubicada en el edificio de CITESGRAN en Zamorano.

3.2 EQUIPO

El equipo que se empleó para extruir la soya fue el siguiente:

3.2.1 Extrusor INSTA-PRO 600 JR®

Consta del motor principal de 50 HP, el alimentador volumétrico, el barril de extrusión de cuatro secciones, el tornillo seccionado, el panel de control eléctrico y digital para lectura de temperaturas en el barril y la tapa que porta el dado al final. Este extrusor procesa en seco (sin inyección de vapor).

El tornillo. El tornillo consta de las siguientes piezas (Anexo 3):

- Anillos de fricción para regular la presión dentro del tornillo. Los diámetros utilizados fueron 89 mm y 92 mm.
- Tornillos de rosca simple y doble.
- Tapa con un dado de 0.635 cm de diámetro.
- Arandelas para conectar los tornillos.

3.2.2 Secadora-enfriadora

La marca de la secadora es Belt-O-Matic 022.

3.3 MATERIALES

Soya. Se utilizó soya entera limpia cultivada en 1997 en Zamorano. La soya se evaluó según el estándar oficial de calidad de la soya de Estados Unidos (Soyatech, 1992).

3.4 DISEÑO DEL EXPERIMENTO

3.4.1 Montaje del extrusor

El barril del extrusor tiene cuatro secciones (Anexo 3). La primera de alimentación, dos más de amasado y una de cocción. A lo largo de éstas se va incrementando la presión y el calor. El tornillo seccionado que se utilizó en todas las pruebas constaba de dos tornillos de rosca simple 600RX-06 para la sección de alimentación y tres tornillos de rosca doble 600-06 para las secciones de amasado y cocción. Después de la zona de alimentación y entre las tres secciones de tornillo que iban en secuencia, se colocaron anillos de fricción de acuerdo a los tratamientos que se emplearon. Al final del tornillo se colocó un tornillo de rosca invertida con punta cónica para sostener el tornillo del extrusor. Se encendió el extrusor y se pasó soya para lubricar el tornillo y el barril. Luego, se colocó el plato que contenía el dado, el cual se ajustó a una distancia de tres revoluciones del tornillo de rosca invertida.

3.4.2 Operación del extrusor

En todas las pruebas se encendió primero el extrusor y luego el alimentador. Al inicio la alimentación fue del 30% en el panel de control. Cuando el amperaje se estabilizó, se incrementó la tasa de alimentación hasta llegar al 60% (272.8 kg/h). El extruido de soya se recogió en una olla metálica y manualmente se colocó en la secadora-enfriadora. Al finalizar la prueba, se eliminó la alimentación y el extrusor se mantuvo encendido por 10s. Se apagó el extrusor y se desarmó el tornillo.

3.4.3 Diseño experimental

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con tres tratamientos y dos repeticiones. Las configuraciones del tornillo fueron los tratamientos y cada tanda de extrusión representó una unidad experimental.

Se utilizaron cantidades diferentes de soya en grano para cada unidad experimental debido a que el tiempo que se requirió para llegar a condiciones estables varió entre cada tanda.

3.5 TRATAMIENTOS

3.5.1 Configuración del tornillo

Los tratamientos consistieron en la utilización de tres configuraciones del tornillo del extrusor. Las configuraciones variaron según la secuencia de diámetros de los anillos de

fricción (Cuadro 3). Los anillos se colocaron entre la última sección de tornillo de la zona de alimentación y la primera sección de tornillo de amasado (primer anillo); después de la primera sección de amasado (segundo anillo); después de la segunda sección de amasado (tercer anillo); y después de la zona de cocción (cuarto anillo) (Anexo 3: distribución del tornillo).

Cuadro 3. Configuraciones del tornillo: secuencia de los anillos de fricción (diámetro en mm).

Tratamiento	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
92/92/92/92	92	92	92	92
89/92/92/92	89	92	92	92
89/89/92/92	89	89	92	92

3.5.2 Muestreo

Se tomaron dos muestras de 2 kg cada una después de secar la harina de soya integral extruida. Las muestras se guardaron en refrigeración en bolsas de polietileno hasta que se realizaron todos los análisis. Cada muestra se homogenizó para obtener una submuestra final de 1 kg. Con esta submuestra se realizaron los análisis físicos. Los análisis químicos se hicieron por duplicado con 100 g de muestra molida.

3.6 VARIABLES A MEDIR

Las mediciones se realizaron en el grano entero de soya y en la harina de soya integral extruida después de ser secada.

3.6.1 Variables físicas

3.6.1.1 Temperatura. Se registraron las temperaturas promedio originadas durante la operación del extrusor con las tres configuraciones del tornillo del experimento. Las temperaturas analizadas fueron las generadas en la zona de cocción del tornillo.

3.6.1.2 Densidad aparente. Se aplicó el método AACC 55-10. En este método se utiliza el medidor Winchester Bushel para determinar la densidad aparente del grano y del extruido y así establecer la tasa de expansión del extruido de soya integral.

Los resultados medidos en los tratamientos se compararon con los requisitos de la harina de soya integral extruida publicados por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 1996) (Anexo 2).

3.6.1.3 Granulometría. Para determinar el tamaño del grano de soya, se emplearon cernidores # 8/64.

En el extruido de soya integral, se analizaron 100 g de expandido para conocer el porcentaje de producto extruido que era retenido por las mallas estándares de Estados Unidos # 6, 10 y 16. Se cernió el extruido, luego se agitó por tres minutos y se volvió a cernir para obtener la granulometría final.

3.6.2 Variables químicas

3.6.2.1 Materia seca

Método mediante secado en horno de aire caliente. Se utilizó el método oficial de la A.O.A.C. 934.01 (1997) para humedad de alimentos de animales. La materia seca se obtuvo mediante el cálculo por diferencia del 100% y la humedad.

Además de la humedad promedio de la soya cruda, se obtuvo la humedad del grano que se utilizó en cada tratamiento debido a que no se acondicionó el material antes de extruirlo. Estos datos se utilizaron para realizar análisis de covarianza entre la humedad antes de extruir y algunas variables dependientes.

3.6.2.2 Proteína cruda. Se utilizó el método oficial directo de la A.O.A.C. 960.52 llamado Macro-Kjeldahl (A.O.A.C., 1997). Se obtuvo el nitrógeno total que se multiplicó por 6.25 para aproximar a proteína cruda.

3.6.2.3 Extracto libre de nitrógeno (ELN). Se obtuvo mediante el cálculo por diferencia del 100% y los porcentajes de humedad, proteína, lípidos, fibra y ceniza.

3.6.2.4 Grasa. Se utilizó el método oficial indirecto de la A.O.A.C 920.39 para grasa cruda o extracto etéreo (A.O.A.C., 1997).

3.6.2.5 Fibra cruda. Se utilizó el método oficial de la A.O.A.C. 962.09 (1997) que estima los carbohidratos no digeribles de los animales.

3.6.2.6 Ceniza. Se utilizó el método oficial 942.05 de la A.O.A.C. (1997).

3.6.2.7 Inhibidores de tripsina. Se utilizó el método explicado por Savage y Tanteeratarm (1995) de la A.A.C.C. 71-10, que emplea el sustrato sintético hidrocloreuro de benzoyl-DL arginina-p-nitroanilida para inhibidores de tripsina.

3.6.2.8 Actividad ureásica. Se utilizó el método del pH. Este método determina la actividad de la enzima ureasa en la soya, la cual es indicadora de la inactivación de los inhibidores de tripsina porque es susceptible a temperaturas similares de cocción. El método es explicado por Savage y Tanteeratarm (1995).

3.6.2.9 Índice de solubilidad de nitrógeno. Se utilizó el método oficial Ba 11-65 de la A.O.C.S (Savage, 1995), el cual determinó el nitrógeno soluble en agua.

3.6.3 Variables económicas

Los costos que se tomaron en cuenta son los de la producción de soya entera extruida lista para comercializar. Los aspectos que se analizaron fueron:

3.6.3.1 Costos totales. Los costos totales están compuestos por los costos fijos de la planta de extrusión y los costos variables. Los costos fijos se mantienen constantes a pesar de la cantidad producida. Los costos variables son los que dependen del volumen de producción.

Dentro de los costos variables se incluyeron los costos de encendido del extrusor. Estos costos dependen de la producción de soya extruida y del tiempo de duración de cada tanda del extrusor. Se realizó un análisis marginal para conocer de qué manera se puede procesar más económicamente la soya. En este estudio se sacaron los costos por unidad para la fijación de precios.

3.6.3.2 Ingreso bruto. Para obtener el ingreso bruto se utilizó el precio del extruido de soya integral elaborado en San Pedro Sula. La demanda que se tomó en cuenta en este trabajo corresponde a la utilización potencial de la soya extruida para las raciones de aves y cerdos de la región del Yeguaré. En una hoja electrónica se introdujeron fórmulas para determinar los precios que debería de tener el producto para ser rentable (Anexo 4).

3.6.3.3 Ingreso neto. Es derivado de la diferencia entre ingreso bruto y el costo total.

3.6.3.4 Relación beneficio-costos. Es la relación porcentual entre el ingreso neto y el costo total.

3.6.3.5 Cantidad mínima de equilibrio. Es cuando los costos menos los ingresos son igual a cero. Se despeja la cantidad de producto que hace que se llegue a tener cero beneficio.

3.7 EL MERCADO

La estimación del mercado comprende la estimación de la demanda del mercado actual y la proyección de la demanda.

Encuesta a productores de aves y cerdos. Se realizó una encuesta a productores de aves y cerdos para conocer su interés por comprar soya integral extruida para la formulación de sus raciones, determinar el volumen de venta del extruido y conocer otras condiciones necesarias para la adquisición de este producto.

Método de investigación

Se realizó una encuesta a los productores de aves ponedoras, aves parrillero y cerdos de engorde que tenían sus instalaciones cercanas a Zamorano. La encuesta iba acompañada de un boletín informativo y una muestra de la soya extruida (Anexo 5). Las encuestas fueron llenadas por el productor en su finca y recogidas por el autor.

3.8 ANALISIS ESTADISTICO

Análisis de las variables de la extrusión

El modelo estadístico lineal que se utilizó fue el siguiente: $Y_{ij} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{ij}$

en donde,

Y_{ij} = Efecto de una configuración en una variable a medir.

μ = Media general de la variable a medir.

τ_i = Efecto de cada tratamiento.

ε_{ij} = Efecto del error.

Los resultados de las pruebas físicas y químicas se analizaron a través del programa estadístico SAS[®] 6.12. Se compararon las medias de las variables correspondientes a las tres configuraciones del tornillo del extrusor.

Los datos de la soya extruida se analizaron mediante un análisis de varianza (ANDEVA) donde se compararon los efectos de las tres configuraciones del tornillo del extrusor. Se evaluó si variables como la temperatura de extrusión, la humedad antes de la extrusión y granulometría inicial (en el caso de la variable granulometría final) afectaban otras variables dependientes. Para ello se introdujo la covarianza, excepto en el peso volumétrico y la fibra cruda, (Anexo 6).

Se transformaron algunos de los datos de las variables. Para ello se utilizó la transformación logarítmica o la transformación arcoseno. Las variables que no presentaron una distribución normal se analizaron con el modelo no paramétrico de Kruskal-Wallis.

Se realizaron pruebas t de comparaciones independientes para conocer si hubo cambios entre la soya cruda y los diferentes tratamientos de extrusión.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 CALIDAD DEL GRANO

El grano que se utilizó en las pruebas tenía 63.5% de grano bueno, 19.16% de daño por hongo, 16.71% de daño por calor, 0.40% de grano partido y 0.02% de materia extraña. Estos porcentajes de daño corresponden a la calidad de grano de “según muestra”, de acuerdo al estándar oficial de calidad de Estados Unidos para soya.

El daño por calor, que es mayor a lo permisible para un grano de consumo animal, produce la formación de ácidos grasos libres, rancidez del producto e incremento de la actividad enzimática (Ortiz, 1999). La presencia de hongos indica inadecuadas condiciones de almacenamiento con humedades entre 15 y 25%, a temperaturas mayores que 30°C y su presencia está relacionada con decoloración del grano, pudrición, producción de micotoxinas y producción de olores indeseables (Serna, 1996). El daño por hongo afecta la estructura del grano y los procesos de cocción no son homogéneos.

4.2 VARIABLES FISICAS

4.2.2 Pruebas cuantitativas

4.2.2.1 Temperatura. Las temperaturas que se generaron de acuerdo a la configuración del tomillo del extrusor y otras variables del extrusor fueron similares entre sí ($P \leq 0.05$). El modelo estadístico no encontró diferencias entre los tratamientos. En el Cuadro 4 se observa que la temperatura promedio del tratamiento 92/92/92/92 es mayor que para los otros dos. Este promedio se obtuvo de dos valores extremos provenientes de las dos repeticiones del tratamiento. Según Wijeratne y Nelson (1998) la soya debe ser extruida a temperaturas de 135 a 145 °C por 30 s. Ya que los tratamientos tuvieron temperaturas similares, se esperaba que en los análisis físico-químicos no se encontraron diferencias entre los tratamientos. La inyección de agua mediante una bomba ayuda a controlar las variaciones de la temperatura (Platlener, 1999).

4.2.2.2 Densidad aparente. No se encontraron diferencias en cuanto a la densidad aparente de cada uno de los extruidos ya que el modelo estadístico no fue significativo ($P > 0.9705$). Sin embargo, existen diferencias marcadas entre la densidad aparente de la

soya en grano y la soya extruida ($P \leq 0.05$) (Cuadro 4). La soya extruida requiere un mayor espacio de almacenamiento que la soya en grano.

Comercialmente se ofrece en Honduras un extruido de soya integral con una densidad aparente de 55 kg/HL. INSTA-PRO® promociona un extruido de 61 kg/HL. La soya extruida de Zamorano tuvo un peso volumétrico menor que el de la soya comercialmente disponible (Cuadro 4), lo cual puede deberse a que la densidad aparente del grano crudo era menor que el reportado en la literatura de 76.90 kg/HL para un grano de calidad US #1 (Soya Tech, 1992). La soya cruda que se utilizó tenía 70.18 kg/HL de densidad aparente. Esta densidad menor en la soya cruda puede deberse a la variedad sembrada, los factores ambientales a los que el cultivo estuvo expuesto, o a una alta contaminación por hongos (Smith y Circle, 1972). La menor densidad aparente del extruido también pudo deberse a que las partículas de la soya extruida comercial son molidas previamente (Harper *et al.*, 1978). Platlener (1999) indica que la soya antes de extruirse debe ser molida a menos de 2,500 micrones para reducir el gasto de energía por el extrusor.

Cuadro 4. Temperatura de extrusión y densidad aparente de la soya cruda y de la extruida.

Tratamiento	Temperatura (°C) ¹	Peso volumétrico (kg/HL) ¹
Soya cruda	-----	70.18 a ²
92/92/92/92	143.10 a	46.08 b
89/92/92/92	133.85 a	45.62 b
89/89/92/92	135.05 a	45.75 b

Letras diferentes dentro de columnas señalan diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$).

¹Modelo no significativo.

²Prueba *t*: diferencias entre soya cruda y extruida.

4.2.2.3 Granulometría antes de agitación. El modelo estadístico no demostró la existencia de diferencias entre el porcentaje de partículas que fueron retenidas por los tamices utilizados ($P > 0.05$). Después de la extrusión la mayoría de las partículas tenía un diámetro menor que 10.37 mm y mayor que 6.35 mm (Cuadro 5). El tamiz 16 dejaba pasar en promedio 5.89% del extruido. Esta distribución de tamaño de partícula no concuerda con la granulometría del extruido de soya integral elaborado en una planta comercial en México (Harper *et al.*, 1978). Allí las partículas son más finas debido a que muelen la soya en un molino de dos rodillos antes de la extrusión y en un molino de agujas después del secado. Se requiere un mayor número de repeticiones para definir si existen diferencias entre la granulometría inicial de los tratamientos.

Cuadro 5. Distribución porcentual del tamaño de partícula de la soya extruida antes de la agitación.

Tratamiento	Tamiz U.S. #6 ¹	Tamiz U.S. # 10	Tamiz U.S. #16 ¹	Tamiz + de U.S. #16 ¹
92/92/92/92	29.99 a	36.58 a	30.34 a	3.09 a
89/92/92/92	33.44 a	31.47 a	30.32 a	4.77 a
89/89/92/92	26.78 a	29.06 a	34.34 a	9.81 b

Letras diferentes dentro de columnas señalan diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$).

¹Modelo no significativo.

4.2.2.4 Granulometría después de agitación.

Después de agitar el extruido por tres minutos la mayoría de las partículas mantuvieron el mismo diámetro ($\alpha=0.05$). No hubo diferencias entre los tratamientos ya que las diferencias aparentes se debieron a que cada tratamiento inicialmente tenía una distribución granulométrica diferente (Cuadro 5).

En el tratamiento 89/89/92/92 hubo una menor cantidad de partículas de un diámetro mayor que 8.03 mm y menor que 10.37 las cuales son retenidas por el tamiz # 10 (Cuadro 6). Se observó una disminución del porcentaje de partículas con un diámetro mayor que 10.37 mm, retenidas en el tamiz #6. Por otro lado, existió un aumento en el porcentaje de partículas con un diámetro menor que 6.35 mm (no son retenidas por el tamiz #16). El agitar manualmente pudo afectar en la desuniformidad de los resultados.

Es recomendable que se logre una mejor distribución del tamaño de la partícula para poder mezclar más homogéneamente este ingrediente con otros. Para ello debería de utilizarse molinos de aguja que pueden moler alimentos con alto contenido de aceite.

Cuadro 6. Distribución porcentual del tamaño de las partículas de la soya extruida después de la agitación.

Tratamiento	Tamiz U.S. #6 ²	Tamiz U.S. # 10	Tamiz U.S. #16 ¹²	Tamiz U.S. #16 ¹³
92/92/92/92	25.48 a	30.90 a	34.48 a	9.14 a
89/92/92/92	29.82 a	31.10 a	30.08 a	9.00 a
89/89/92/92	25.63 a	29.74 b	38.30 a	12.67 a

Letras diferentes dentro de columnas señalan diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$).

¹Modelo no significativo.

³Extruido pasa el tamiz U.S.#16.

4.3 VARIABLES QUIMICAS

4.3.1 Análisis proximal

4.3.1.1 Materia seca. El modelo no explica las diferencias entre el porcentaje de materia seca de los tres tratamientos de soya ($\alpha=0.05$). Sin embargo, se encontró que la soya cruda tiene porcentualmente un contenido de materia seca menor que los tratamientos de soya extruida ya que la humedad de la soya se disipa por las altas temperaturas de extrusión, la diferencia en presión entre el interior del barril y el ambiente, y el secado en la secadora-enfriadora después de la extrusión (Cuadro 7).

4.3.1.2 Proteína. La cantidad de proteína total del extruido fue igual para los tres tratamientos y la soya cruda ($\alpha=0.05$) (Cuadro 7). Entre los tres extruidos que se probaron no habían diferencias significativas (Kruskal-Wallis = 0.2058). Este resultado se esperaba ya que la extrusión provoca principalmente cambios estructurales como la hidrólisis de los enlaces peptídicos, la modificación de las cadenas de aminoácidos y la formación de enlaces cruzados covalentes (Asp y Bjorck, 1989). El contenido de proteína es similar al especificado por INSTA-PRO® (1997) y mantiene el contenido proteico de la soya en base seca. Los requisitos de la harina de soya integral del Departamento de Agricultura de Estados Unidos para uso en programas de exportación indica que el mínimo aceptable es de 44% (Anexo 2). El valor que ellos exigen puede darse sólo si hay una leve extracción de aceite.

4.3.1.3 Carbohidratos. No se encontraron diferencias en el contenido de carbohidratos en base seca de los tres tratamientos de extrusión de la soya ($\alpha=0.05$) (Cuadro 7).

4.3.1.4 Extracto etéreo. No existen diferencias entre el contenido de grasa en base seca de los tres extruidos de soya y tampoco entre los extruidos y la soya cruda ($\alpha=0.05$) (Cuadro 7). Este resultado concuerda con el que menciona Platlener (1999) para el Proceso 1 de cocción de soya integral en el cual sólo se intenta inhibir factores antinutricionales e inactivar enzimas que intervienen en la rancidez de las grasas. En este proceso los lípidos no forman complejos con proteína y carbohidratos.

4.3.1.5 Fibra cruda. Existen diferencias entre los tratamientos de extrusión que tenían en la configuración del tornillo anillos de fricción con diámetros de 92/92/92/92 mm y diámetros de 89/92/92/92 mm ($\alpha=0.05$) (Cuadro 7). El tratamiento que utilizaba en el tornillo del extrusor diámetros de anillos de fricción de 89/89/92/92 mm no tenía diferencias en contenido de fibra cruda con el de la soya cruda. La disminución del contenido de fibra cruda entre los tratamientos de extrusión 92/92/92/92 y 89/92/92/92 con respecto al de la soya cruda no ocurre en otras pruebas experimentales similares.

Más bien se ha reportado un incremento en el contenido de fibra digestible (Asp y Bjorck, 1989). Los resultados obtenidos pueden ser producto de un inadecuado muestreo de los tratamientos.

4.3.1.6 Ceniza. El porcentaje de cenizas en base a materia seca de la soya cruda es igual al de los extruidos ($\alpha=0.05$) (Cuadro 7).

Cuadro 7. Composición química de la soya cruda y del extruido de soya integral.

Tratamiento	Materia seca ¹	Proteína ¹	Carbohidratos ¹	Extracto Etéreo ¹	Fibra Cruda ¹	Ceniza ¹
Soya cruda	90.88 a	40.55 a	26.78 a	23.55 a	5.59 b	5.39 a
92/92/92/92	95.10 b	40.26 a	27.20 a	22.49 a	4.68 a	5.38 a
89/92/92/92	94.60 b	41.14 a	26.84 a	22.20 a	4.30 a	5.52 a
89/89/92/92	94.83 b	40.90 a	27.64 a	21.43 a	4.42 a	5.60 a

Letras diferentes dentro de columnas señalan diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$).

¹Modelo no significativo.

4.3.2 Grado de tratamiento térmico

4.3.2.1 Inhibidores de tripsina (IT). Las tres configuraciones del tornillo del extrusor produjeron una soya que tenía menor cantidad de IT que la soya cruda ($\alpha=0.05$) (Cuadro 8). La temperatura de extrusión fue similar en todos los tratamientos, lo que se tradujo en una reducción significativa en contenido de IT. Los tratamientos 89/92/92/92 y 89/89/92/92 produjeron una soya extruida aceptable para consumo humano (Treviño, 1995). El tratamiento térmico de la configuración con diámetros de 92/92/92/92 mm tenía una cantidad de inhibidores trópticos mayor que el nivel permisible para consumo (1 a 3 mg de IT/g), lo cual no se esperaba ya que los valores promedio de temperatura fueron más altos que para otros tratamientos. La temperatura del extrusor variaba leve y continuamente dentro de una misma unidad experimental, un grado de temperatura pudo ocasionar las diferencias en la cantidad de inhibidores trópticos.

La prueba de IT se debe comparar con la de actividad ureásica. Para peces se acepta de 1-3 mg de IT/g de soya. Treviño (1995) señala que este nivel de inhibidores se relaciona con un valor de actividad ureásica de 0.23. El 58% de los inhibidores de tripsina se inactivan a 143 °C (Jansen, 1979). Se observó que en el tratamiento 92/92/92/92, que tenía una temperatura promedio de 143.10 °C, se redujo la cantidad de inhibidores en 64%.

4.3.2.2 Actividad ureásica. Definitivamente existen diferencias entre la soya cruda y los tratamientos de soya extruida. Un incremento en pH de 2.04 indica que la soya está

cruda ($\alpha=0.05$) (Cuadro 8) (Andrighetto *et al.*, 1986). Un cambio en pH tan bajo como 0.05 es el mínimo aceptable que indica que los inhibidores se han eliminado, sin afectar térmicamente la disponibilidad de los aminoácidos esenciales del frijol soya. Se podría utilizar cualquiera de las configuraciones del tornillo del extrusor para obtener una soya integral digerible que mantenga su valor nutricional ya que el cambio en pH de los tres tratamientos se encuentra entre 0.05 y 0.5 de cambio en pH.

4.3.2.3 Índice de solubilidad de nitrógeno. La solubilidad del nitrógeno en agua no presentó diferencias significativas entre los tres tratamientos de extrusión (Kruskal-Wallis= 0.18001). La solubilidad de nitrógeno disminuyó en el extruido, en comparación con la soya cruda (Cuadro 8), lo cual se debe a la desnaturalización de la proteína bajo el tratamiento térmico. Según el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (Anexo 2), el índice de solubilidad de nitrógeno de la soya debe estar entre 10 y 40%.

Cuadro 8. Efecto de la configuración del tornillo en la reducción de los factores antinutricionales presentes en la soya cruda.

Tratamiento	Inhibidores de Tripsina (IT) (mg de IT/ g de muestra)	Actividad Ureásica (Δ pH)	Índice de Solubilidad de Nitrógeno (%)	Temperatura ($^{\circ}$ C) ¹
Soya cruda	13.67 d ²	2.04 a ²	60.49 a ²	-----
92/92/92/92	4.80 a	0.06 b	9.19 b	143.10 a
89/92/92/92	0.46 b	0.07 b	10.56 b	133.85 a
89/89/92/92	1.78 c	0.05 b	10.47 b	135.05 a

Letras diferentes dentro de columnas señalan diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$).

¹ Modelo no significativo.

² Prueba *t*: diferencias entre soya cruda y extruida.

Las tres configuraciones del tornillo del extrusor inhiben por igual los factores antinutricionales de la soya cruda según las pruebas de actividad ureásica e índice de solubilidad de nitrógeno. Los inhibidores tripticos se han reducido más en el tratamiento 89/92/92/92 y 89/89/92/92; sin embargo, no hubo relación entre la temperatura generada en cada tratamiento y el porcentaje de solubilidad de nitrógeno y actividad ureásica.

4.4 VARIABLES ECONOMICAS

4.4.1 Estimación de la rentabilidad

Se analizaron los costos de extrusión realizando tandas de ocho, dieciseis y veinticuatro horas de duración. En el Cuadro 9 se indica la producción máxima del INSTA-PRO 600JR® según la duración de cada tanda.

Cuadro 9. Producción máxima del INSTA-PRO 600JR® según el tiempo diario de funcionamiento.

Duración de una tanda (h)	Producción máxima comercializable anual (TM)
8	522.63
16	1045.25
24	1567.87

Al analizar el incremento en costo por realizar tandas de ocho, dieciseis y veinticuatro horas se obtuvo el Cuadro 10.

Cuadro 10. Estado de resultados proyectado de la producción de 522.63 TM/año de soya extruida de acuerdo a la duración de la tanda (\$US).

Descripción	8 h	16 h	24 h
Ingresos	172466.24	172466.24	172466.24
Costos			
Costos por encender el extrusor	9476.73	4799.79	754.65
Costos variables totales ¹	227318.44	222644.35	218627.55
Costos fijos	7640.18	7640.18	7640.18
Total costos variables y fijos	234958.81	230284.53	226267.73
Total gastos	1778.57	1778.57	1778.57
Total costos y gastos	236768.38	232063.10	228046.30
Retorno al capital y al riesgo	-64302.15	-59596.98	-98456.52
Rentabilidad sobre ventas (%)	-37.28	-34.56	-28.54
Rentabilidad sobre costos (%)	-27.16	-25.68	-22.21
Cantidad mínima de equilibrio (TM)	-89.70	-98.10	-11570.42
Precio de equilibrio (\$US/TM)	450	440	420

¹Precio de la soya entera en grano= 360 \$US/TM.

El precio de la soya que predomina en el mercado consumidor no es conveniente para Zamorano ya que el mercado meta, correspondiente a aves y cerdos, consume algunos

sustitutos proteicos y energéticos de menor costo como la harina de soya desgrasada y el aceite de palma. Según el sondeo que se realizó a los productores de aves y cerdos que tienen sus fincas cerca de Zamorano, la soya extruida se consumiría sólo si la ganancia de peso de los animales justificara el precio del extruido.

El costo del frijol soya es una de las mayores limitantes para que el negocio sea rentable. En el Cuadro 11 se aprecia que si se compra el grano a menos de 260 \$US/TM (Precio CIF) y se trabaja en un proceso continuo de cinco días por semana, en un año se logra cubrir los costos de producción y los gastos relacionados a la extrusión de la soya. Aunque las utilidades netas no cubren el costo de oportunidad del dinero invertido, existen usos alternativos del producto en el mercado de consumo humano, que podrían obtener precios más altos. Este estudio no ha abarcado este mercado, porque aunque es atractivo se debe profundizar más en las alternativas que existen en éste.

Cuadro 11. Impacto de los precios de la soya cruda en la utilidad de la producción continua del extruido de soya integral (1567.88 TM/año) (\$US).

Descripción	Precio actual = 350 \$US/TM	Precio de importación = 256 \$US/TM
Ingresos	517398.71	517398.71
Costos		
Costos por encender el extrusor	2018.21	1517.31
Costos variables totales	649312.94	466706.70
Costos fijos	7640.18	7640.18
Total costos variables y fijos	656953.11	474346.88
Total gastos	1778.57	1778.57
Total costos y gastos	658731.68	476125.45
Retorno al capital y al riesgo	-59596.98	41273.26
Rentabilidad sobre ventas (%)	-34.56	7.98
Rentabilidad sobre costos (%)	-25.68	8.67
Cantidad mínima de equilibrio (TM)	-98.10	291.32
Precio de equilibrio(\$US/TM)	420	300

Adjunto a la tesis se encuentra una hoja electrónica para evaluar la rentabilidad de extruir la soya integral (Anexo 4). Esta herramienta requerirá la actualización de los datos de costos.

4.4.2 Mercado potencial en estudio: productores de aves y cerdos

Aunque se planificó un censo para caracterizar a los compradores potenciales de la soya entera extruida, no todos los productores contestaron la encuesta. Las respuestas

obtenidas en cuanto al consumo de concentrado o utilización de ingredientes para raciones se utilizará en el futuro si es que el extruido se destina para consumo animal. Zamorano internamente utilizaría 1170 TM/año de soya integral extruída para las raciones de aves y cerdos (Murillo, 1999²). Cuatro de los ocho productores independientes encuestados requerirán anualmente 310 TM de concentrado y 1660 TM kg de soya integral extruída. No se determinó la demanda de los productores restantes. De cada 100 sacos de extruido, casi 99 son pedidos por un solo productor.

La capacidad actual del extrusor es suficiente para abastecer la demanda de Zamorano (Cuadro 9). Si se consiguieran mejores precios del frijol soya se podría pensar en comercializar el extruido a los productores de aves y cerdos de la zona, siempre y cuando se logre maximar el rendimiento de la extrusión de la soya integral modificando otras variables de procesamiento como acondicionamiento del material a 17 % de humedad, preacondicionamiento con inyección de vapor, molienda del grano hasta obtener partículas más pequeñas que reduzcan el consumo de energía, incremento de la tasa de alimentación de la soya entera y utilización de un dado de mayor diámetro que se combina con otras configuraciones del tornillo del extrusor.

Todos los productores encuestados tienen disponibilidad continua de alimento, utilizan soya en sus raciones pero no soya integral extruída. Cuatro productores de seis (incluyendo a Zamorano) están satisfechos con su alimento actual, pero dos de ellos indicaron que su alimento podría ser mejor. Cuatro de seis compraría el extruido si tuviera acceso a crédito y si el precio fuera paralelo al del frijol soya en el mercado.

Si se decide comercializar el extruido de soya integral para consumo animal se deberá incluir el servicio de crédito y transporte del extruido a las fincas de los avicultores y porcicultores. El trato a los productores tendrá que ser personal y la venta del extruido se basaría en la información que se proporcione sobre los beneficios de la soya para cerdos y aves. La evaluación del aprovechamiento animal en tesis de campo es la mejor manera de convencer al productor. Los boletines informativos casi siempre dan mayor credibilidad a la empresa.

4.4.3 Productos sustitutos

El producto sustituto más importante de la soya integral extruída es la harina de soya desgrasada, subproducto de la industria aceitera. Esta harina normalmente es importada por Honduras de Estados Unidos, El Salvador, Nicaragua y Brasil. Desde 1992 hasta 1997, Estados Unidos ha incrementado sus exportaciones de harina de soya a Honduras. Desde 1997 Nicaragua se convirtió en el primer abastecedor de la harina.

Cuando se reporta la comercialización de la harina de soya, la mayor parte corresponde a la harina desgrasada. Sin embargo, la soya integral extruída que se importa a Honduras está incluida dentro del concepto de harina de soya en los permisos de importación del Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria de Honduras (Secretaría de Agricultura y

² Murillo, 1999. Demanda de Zamorano. Comunicación Personal.

Ganadería, 1999). La soya extruida de Guatemala está ganando aceptación entre los productores de aves y cerdos. El único distribuidor en Honduras ha introducido el producto mediante conversaciones de nutricionista a nutricionista a nivel de grandes productores³. El precio al que actualmente se ofrece la soya es de 0.33 \$US/kg. Este procesador de soya cuenta con un extrusor INSTA-PRO® que procesa 24000 TM anuales. Además de manejar un buen volumen de soya, este procesador cuenta con un preacondicionador con inyección de vapor, el cual precuece la soya aumentando la capacidad del extrusor, mejorando el aspecto del extruido y disminuyendo la acumulación de partículas de soya sobre el tornillo.

³ RUBIO, L.R. Comunicación Personal.

5. CONCLUSIONES

- Cuando el tornillo del extrusor tiene en su configuración anillos de los diámetros 89/89/92/92, 89/92/92/92 y 92/92/92/92 mm cumple con los requerimientos de cocción para reducir los factores antinutricionales de la soya cruda.
- Ninguna configuración del tornillo del extrusor afectó el contenido de proteína, carbohidratos, grasa, fibra cruda y cenizas de la soya cruda en base seca .
- La soya extruida de los tres tratamientos presentó una granulometría irregular y de mayor diámetro que la del extruido comercial.
- La densidad aparente de los tres tratamientos fue menor que la del extruido comercial.
- No resultó rentable extruir soya bajo los precios actuales del frijol soya para Zamorano.

5. RECOMENDACIONES

- Emplear volúmenes mayores de material por tanda de extrusión y realizar por lo menos tres repeticiones después de que la temperatura de extrusión se haya estabilizado (aproximadamente 20 min de calibración y 40 min de proceso).
- La calidad de la materia prima debe ser #2 o #3 según los estándares de calidad de granos de Estados Unidos. Un estudio tan costoso amerita utilizar la calidad de grano que comercialmente se va a extruir.
- Se debe instalar la bomba de agua para controlar las variaciones de temperatura, lograr una mejor cocción del extruido e incrementar la eficiencia del extrusor.
- Realizar estudios de mercado de la soya integral extruida en la industria de alimentos fortificados y análogos de leche, o a nivel de consumidor directo.
- Evaluar la factibilidad económica del prensado de soya integral para obtención de aceite y harina de soya desgrasada.
- Estudiar el uso potencial de la harina de soya en productos fortificados para consumo humano.

7. BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, J.W. 1995. Health benefits of soy protein. American Soybean Association, Technical Bulletin, Singapore. <http://203.120.66.16/asa/technical/Hn25-1995-html>. 5p.
- ANDRIGUETTO, J.M.; PERLY, L.; MINARDI, I.; GEMAEL, A.; FLEMMING, J.S.; ALVES DE SOUZA, G.; BONA FILHO, A. 1986. Nutrição animal. Ed. Nobel. 4 ed. 2a reimpressão. Sao Paulo, Brasil. Vol.1. 395p.
- A.O.A.C. 1995. Official methods of analysis of A.O.A.C International. 16ed. 3 rev. Vol. II.
- ASA. 1996. Soy importers' handbook. Missouri Soybean Merchandising Council. 39p.
- ASP, N.G.; BJORCK, I. 1989. Nutritional properties of extruded foods. *In* Extrusion cooking. Ed. por C. Mercier, P. Linko, J.M. Harper. American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesota, EE.UU. p. 399-434.
- BALLOUN, S.L. 1980. Soybean meal in poultry nutrition. American Soybean Association. St. Louis, EE.UU. 122 p.
- BATES, L.S. 1994. Dry heat processing of full-fat soybeans and other ingredients. American Soybean Association, Technical Bulletin, Singapore. <http://203.120.66.16/asa/technical/ft11-1994.html>. 6p.
- BJORCK, I.; ASP, N.G. 1983. The effect of extrusion-cooking on nutrition value. *In* Thermal processing and quality of foods. Ed por B. Zeuphen, J.C. Cheftel, C.H. Erickson, M. Jul, H. Leniger, P. Linko, G. Varela, G. Bos. Ed. Elsevier Applied Publishers. London-NY. p. 162-167.
- BOOKWALTER, G.N.; MUSTAKAS, G.C.; KWOLEK, W.F.; MCGHEE, J.E.; ALBRECHT, W.J. 1971. Full-fat soy flour extrusion cooked: properties and food uses. *Journal of food science*, EE.UU. 36: 5-7.
- CHEEKE, P.R. 1991. Applied animal nutrition: feeds and feeding. Macmillan Publishing Company, NY, EE.UU. 504p.

- CHEFTEL, J.C. 1989. Extrusion cooking and food safety. *In* Extrusion cooking. Ed. por C. Mercier, P. Linko, J.M. Harper. American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesota, EE.UU. p. 435-461.
- CHEONG YOCK LOON. 1997. Full-fat soybean meal production and utilization. American Soybean Association, Technical Bulletin, Singapore. <http://203.120.66.16/asa/technical/ft37-1997.html>. 10 p.
- DILLON, W.R.; MADDEN, T.J.; FIRTLE, N.H. 1990. Marketing research in a marketing environment. Ed. por Susan Trentacosti. Impreso por R.R. Donnelley & Sons Company. 2 ed. 853 p.
- EK UK, P. 1999. Utilización de soya entera extruida en dietas de pollo de engorde. Tesis Ing. Agr. El Zamorano, Hond., Departamento de Zootecnia, Zamorano. 16 p.
- FAO. 1982. Las Leguminosas en la nutrición humana. Estudio FAO: Alimentación y nutrición. Roma, Italia. 136p.
- FAO. 1992. Technology of production of edible flours and protein products form soybeans. FAO agricultural services bulletin.
- HARPER, J.M. 1989. Food extruders and their applications. *In* Extrusion cooking. Ed. por C. Mercier, P. Linko, J.M. Harper. American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesota, EE.UU. p. 1-15.
- HARPER, J.M.; JANSEN, G.R.; CUMMINGS, D.A.; KELLERBY, J.D.; LORENZ, K.J.; MAGA, J.A.; TRIBELHORN, R.E. 1978. Evaluation of low-cost extrusion cookers for use in LDC's. Quarterly report departments of agricultural and chemical engineering and food science and nutrition. Colorado State University. Colorado, EE.UU. 45p.
- HOLMES, B. 1988. Quality control of raw material and finished products and full-fat soy production. American Soybean Association, Technical Bulletin. Favor Parker Ltd., Norfolk, Eng. <http://203.120.66.16/asa/technical/aq9-1988.html>. 8p.
- INSTA-PRO®. 1997. Analysis of dry extruded whole soybean meal. Folleto. Iowa, EE.UU.
- INTSOY. 1999. Technical fundamentals of extrusion processing (Folleto). Wenger Mfg., Inc. p. 101-119.
- JANSEN, G.R. 1979. Nutritional aspects of the LEC program at Colorado State University. *In* Low-cost extrusion cookers. Ed. por David E. Wilson y R.E. Tribelhorn. Colorado State University y National Milling Corporation. Dar es Salaam, Tanzania. p. 121-141.

- KOTLER, P.; ARMSTRONG, G. 1990. Mercadotecnia. Trad. por Pilar Mascaró Sacristán. 6 ed. Prentice-Hall Hispanoamericana, S.A. México. 826 p.
- LIN, C.; KUNG, L. JR. 1997. Heat-treated soybeans and soybean meal in ruminant nutrition. American Soybean Association, Technical Bulletin, EE.UU. <http://203.120.66.16/asa/technical/an15-1997.html>. 13 p.
- LINKO, P.; COLONNA, P.; MERCIER, C. 1981. High-temperature short-time extrusion cooking. *In* Advances in cereal science and technology. American Association of Cereal Chemists, Inc. Minnesota, EE.UU. Vol 6. p.145-235.
- LUSAS, E.W. 1999. Evolution of extruders. Soybean processing course, INTSOY, University of Illinois, Champaign, Illinois, EE.UU. 22 p.
- McCARTHY, E. J.; PERREAULT, W.D. 1990. Basic marketing. Ed. por Ethel Shiell. Impr. por Von Hoffman Press, Inc. 10 ed. EE.UU. 734 p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA DE HONDURAS, SERVICIO NACIONAL DE SANIDAD AGROPECUARIA. 1999. Permisos de importación inspeccionados. 5p.
- MURILLO, G. 1999. Demanda de Zamorano. Sección de Concentrados, Zamorano. (Comunicación personal).
- NELSON, A.I.; WEI, T.M. 1995. Utilization of soybeans: INTSOY basic concepts. *In* Soybean processing for food uses. INTSOY, University of Illinois, Urbana-Champaign, EE.UU. p.49-60.
- NELSON, A.I.; WIJERATNE, W.B.; YEH, S.W.; WEI, T.M.; WEI, L.S. 1987. Dry Extrusion as an aid to mechanical expelling of oil from soybeans. *JAACS*, 64(9): 1341-1347.
- ORTIZ CORNEJO, A. 1999. Calidad del grano de soya y su efecto en productos y subproductos industriales. Soya Noticias. Asociación Americana de la Soya.
- PLATLENER, B. 1999. Full-fat soy production: process description. Wenger Technical Center, EE.UU. 15 p.
- ROSAS, J.C. 1998. El cultivo de la soya. Zamorano, Hond. 51 p.
- RUBIO, L.R. 1999. Comercialización de soya extruida. Belmopank. (Comunicación personal).
- SAVAGE, W.D. 1995. Nitrogen solubility index. *In* Soybean processing for food uses. INTSOY, University of Illinois, Urbana-Champaign, EE.UU. p. 266-267.

- SAVAGE, W.D.; TANTEEERATARM, K. 1995. Trypsin inhibitor assay. *In Soybean processing for food uses*. INTSOY, University of Illinois, Urbana-Champaign, EE.UU. p. 288-291.
- _____. 1995. Urease assay. *In Soybean processing for food uses*. INTSOY, University of Illinois, Urbana-Champaign, EE.UU. p. 293-295.
- SERNA SALDIVAR, S.R. 1996. Química, almacenamiento e industrialización de los cereales. Departamento Tecnología de Alimentos ITESM-Campus Monterrey. 521p.
- SECRETARIA DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1999. Permisos de importación de harina y semilla de soya. Servicio Nacional de Sanidad Agropecuaria. Teg., Hond. 5p.
- SIMPA. 1999. Precios de productos agrícolas en mercados de Tegucigalpa y San Pedro Sula 1998-1999.
- SMITH, A.K.; CIRCLE, S.J. 1972. Soybeans: chemistry and technology. Vol.1 Proteins. The Avi Publishing Company, Inc. Connecticut, EE.UU. 470p.
- SOYATECH INC. 1992. United States standards for soybeans. '92 Soya bluebook. Bar Harbor, EE. UU. p.218.
- SWICK, R.A. 1994. Soybean meal quality. American Soybean Association, Technical Bulletin, Singapore. [http:// 203.120.66.16/asa/technical/po11-1994.html](http://203.120.66.16/asa/technical/po11-1994.html). 7p.
- TREVIÑO CARRILLO, L.M. 1995. Uso de la soya en acuicultura. Nutrición animal Tropical. Centro de Investigación en Nutrición Animal. Escuela de Zootecnia, Facultad de Agronomía, Universidad de Costa Rica. Vol 2(1): 67-93.
- TSAO CHEN, M. 1997. Utilization of soy protein in asian vegetarian products and snack food development. American Soybean Association, Technical Bulletin, Singapore. [http:// 203.120.66.16/asa/technical/hn29-1997.html](http://203.120.66.16/asa/technical/hn29-1997.html). 16 p.
- U.S.D.A. 1996. Announcement CSB8 purchase of corn-soy blend for use in export programs. Kansas City, Missouri. 21p.
- WEINGARTNER, K. 1995. Nutrition of soybeans. *In Soybean processing for food uses*. Ed. por William D. Savage y Kukiati Tanteeratarm. International Soybean Program (INTSOY), University of Illinois at Urbana-Champaign, EE.UU. p. 23-28.
- WIJERATNE, W.B. 1995. Composition of soybeans. *In Soybean processing for food uses*. Ed. por William D. Savage y Kukiati Tanteeratarm. International Soybean

- WIJERATNE, W.B. 1995. Composition of soybeans. *In Soybean processing for food uses*. Ed. por William D. Savage y Kukiat Tanteeratarm. International Soybean Program (INTSOY), University of Illinois at Urbana-Champaign, EE.UU. p. 9-20.
- _____. 1998. Principles and application of dry extrusion. *In Soybean processing for food uses*. Ed. por William D. Savage y Kukiat Tanteeratarm. International Soybean Program (INTSOY), University of Illinois at Urbana-Champaign, EE.UU. p. 79-89.
- WIJERATNE, W.B.; NELSON, A.I. 1998. Soybean processing by extrusion Cooking and mechanical expelling. *In Soybean processing for food uses*. Ed. por William D. Savage y Kukiat Tanteeratarm. International Soybean Program (INTSOY), University of Illinois at Urbana-Champaign, EE.UU. p. 90-99.
- WILLIAMS, S.W. 1995. Strategies for effective merchandising of new soybean foods. *In Soybean Processing for Food Uses*. Ed. por William Savage y Kukiat Tanteeratarm. International Soybean Program (INTSOY), Illinois, EE.UU. p. 221-231.
- _____. 1998. Economic considerations in processing soybeans by extrusion/expelling into oil and flour. *In Soybean processing for food uses*. Ed. por William Savage y Kukiat Tanteeratarm. International Soybean Program (INTSOY), Illinois, EE.UU. p. 340-357.
- WOODROOFE, J.M. 1995. Dry extrusion applications in the feed industry. American Soybean Association, Technical Bulletin, Australia. <http://203.120.66.16/asa/technical/ft33-1995.html>. 15p.
- YEONG BOON YEE. 1994. The nutritional role of soy in health and disease prevention: a review. American Soybean Association, Technical Bulletin, Australia. <http://203.120.66.16/asa/technical/hn23-1994.html>. 8p.

8. ANEXOS

Anexo 1. Glosario de términos asociados a la estructura del extrusor

A continuación se presentan los términos más utilizados en extrusores de cocción en seco de un tornillo - como el INSTA-PRO 600 JR® - que podrían ser útiles para la comprensión de este documento.

- **Alimentador.** Es un dispositivo que mide la cantidad de premezcla que ingresa al extrusor.
- **Barril.** Es una especie de tubo que contiene al tornillo.
- **Fricción.** Es resultado del mezclado y trabajo entre las partículas de ingredientes que las homogeniza.
- **Plato del dado.** Es el accesorio final del extrusor que da forma al producto. El dado se puede cambiar.
- **Sección de barril.** Son segmentos del barril que se ensamblan. Los barriles pueden tener surcos longitudinales o surcos espirales. Los surcos longitudinales provocan mayor fricción que los espirales y los surcos espirales mantienen a los ingredientes rotando a la par del tornillo (Lusas, 1999).
- **Tornillo.** Es el mecanismo en el que el alimento es transportado dentro del extrusor. Consta de las siguientes partes:
 - **Rosca.** Es una superficie helicoidal que se encuentra perpendicular a la sección del tornillo. Esta superficie empuja el alimento hacia adelante.
 - **Sección del tornillo.** Es la porción cilíndrica del tornillo sobre la cual se levanta la rosca.
 - **Anillo de fricción.** Es una especie de aro que une a dos secciones del tornillo de un extrusor y evita que el alimento caliente retorne a la sección de alimentación. El espacio entre el anillo y el barril decrece a medida que los ingredientes pasan por el barril, aumentando la presión.

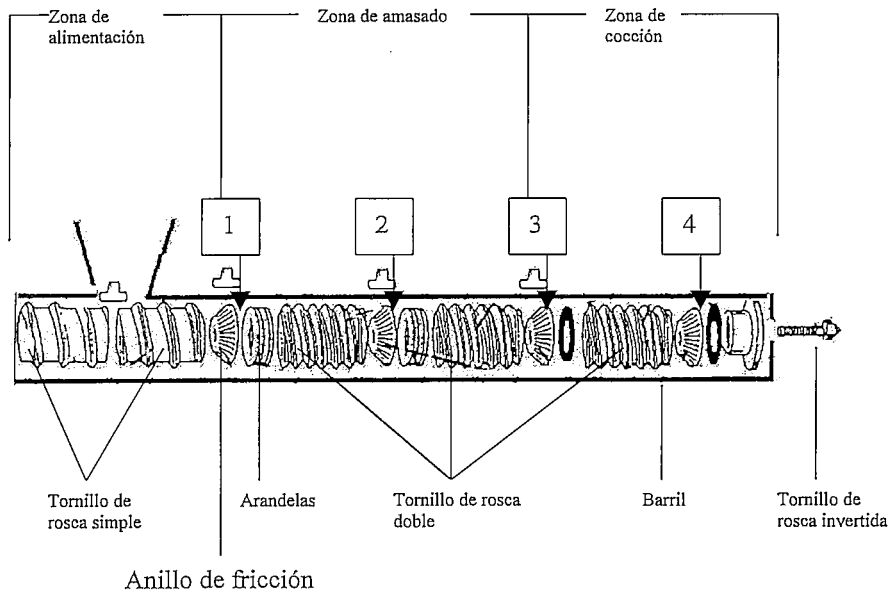
Anexo 2. Requisitos de la Harina de Soya Integral - Departamento de Agricultura de Estados Unidos

Detalle	Requisitos	
	Mínimo	Máximo
Humedad, (%)	----	10.0
Proteína (N*6.25) ¹ ,(%)	44.0	----
Grasa, (%) ¹	22.0	----
Fibra, (%) ¹	----	3.0
Ceniza, (%) ¹	----	6.0
Material que pasa por la malla de alambre estándar de EE.UU. # 100, (%)	95.0	----
Índice de Solubilidad de Nitrógeno, (%)	10.0	45.0
Actividad Ureásica (incremento en pH).	0.05	0.5
Color	Amarillo claro a dorado.	
Olor	Neutro a nuez.	
Sabor	Agradable, neutro o levemente a nuez.	
Textura	Harina homogénea.	

Fuente: Departamento de Agricultura de Estados Unidos (U.S.D.A, 1996).

¹En base seca.

Anexo 3. Estructura del extrusor INSTA-PRO 600JR®



Adaptado de: Principles and application of dry extrusion. Wilmot Wijeratne. 1998.

Anexo 4. Modelo de registro de costos para la planta de extrusión (adaptado del modelo de costos de la Planta de Lácteos, 1999)

PLANTA DE PROCESAMIENTO DE GRANOS
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
TANDA DE OCHO HORAS

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Total	Análisis Unitario	Análisis Porcentual
INGRESOS						
EXTRUIDO-ZAMORANO	kg	522624.96	0.33	172466.24		
EXTRUIDO-OTROS PRODUCTORES	kg	0.00	0.33	0.00		
TOTAL DE PRODUCTO A ELABORAR		555984.00				
(-)EXTRUIDO PERDIDO	Kg	33359.04				
TOTAL INGRESOS				172466.24	0.31	100.00
COSTOS						
COSTOS VARIABLES						
MANO DE OBRA DIRECTA						
SUELDOS DE MANO DE OBRA DIRECTA	HORA-PROCESO	2080.00	0.95	1965.83		
SEGURO POR MUERTE Y ACCIDENTES	HORA-PROCESO	2080.00	0.00	6.65		
PREAVISO	HORA-PROCESO	2080.00	0.00	5.73		
CESANTIA	HORA-PROCESO	2080.00	0.01	11.12		
TRECEAVO	HORA-PROCESO	2080.00	0.08	168.02		
FONDO SOCIAL DE LA VIVIENDA	HORA-PROCESO	2080.00	0.01	29.49		
CATORCEAVO	HORA-PROCESO	2080.00	0.08	163.83		
PREBENDAS SUELDOS	HORA-PROCESO	2080.00	0.01	11.79		
TRANSPORTE	HORA-PROCESO	2080.00	0.02	50.00		
TOTAL DE MANO DE OBRA			1.16	2412.44	0.00	1.40
MATERIA PRIMA						
SOYA EN GRANO	kg	583783.20	0.36	210161.95		121.86
ANTIOXIDANTE	kg	1459.46	0.00	0.00		
SACOS DE POLIETILENO	unidad	12355.20	0.00	0.00		
ENERGIA ELECTRICA	kg	555984.00	0.01	4517.76		
TOTAL MATERIA PRIMA				214679.71	0.39	124.48
MANTENIMIENTO DE EQUIPO						
CAMBIO DE ACEITE		10.40	3.00	31.20		
TOTAL MANTENIMIENTO DE EQUIPO				31.20	0.00	0.02
OTROS						
DEPRECIACION DE REPUESTOS		2080.00	0.36	749.55		
TOTAL DEPRECIACION				749.55	0.00	0.43
Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Total	Análisis Unitario	Análisis Porcentual

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Total	Análisis Unitario	Análisis Porcentual
COSTOS POR TANDA DE EXTRUSION						
NUMERO DE TANDAS		260.00				
MANO DE OBRA DIRECTA						
SUELDOS DE MANO DE OBRA DIRECTA	TANDA	260.00	1.89	491.46		
SEGURO POR MUERTE Y ACCIDENTES	TANDA	260.00	0.01	1.66		
PREAVISO	TANDA	260.00	0.01	1.43		
CESANTIA	TANDA	260.00	0.01	2.78		
TRECEAVO	TANDA	260.00	0.16	42.01		
TRANSPORTE	TANDA	260.00	0.05	12.50		
FONDO SOCIAL DE LA VIVIENDA	TANDA	260.00	0.03	7.37		
PREBENDAS SUELDOS	TANDA	260.00	0.01	2.95		
CATORCEAVO	TANDA	260.00	0.16	40.96		
TOTAL DE MANO DE OBRA				603.11	0.00	0.35
MATERIA PRIMA						
SOYA EN GRANO	TANDA	260.00	33.35	8671.16		
ELECTRICIDAD	TANDA	260.00	0.75	195.72		
TOTAL DE MATERIA PRIMA				8866.88	0.02	5.14
OTROS						
DEPRECIACION MAQUINARIA		260.00	0.03	6.74		
HORAS EXTRA						
TOTAL COSTOS POR TANDA DE EXTRUSION				9476.73	0.02	5.49
TOTAL COSTOS VARIABLES				227349.64	0.41	131.82
COSTOS FIJOS DE LA PLANTA						
CÓMBUSTIBLE Y LUBRICANTES	HORA- PRE/PROCESO	2600.00	0.14	365.19		
SUMINISTROS DE LIMPIEZA	HORA- PRE/PROCESO	2600.00	0.07	192.69		
SUMINISTROS Y ACCESORIOS DE OFICINA	HORA- PRE/PROCESO	2600.00	0.08	220.85		
HERRAMIENTAS E IMPLEMENTOS MENORES	HORA- PRE/PROCESO	2600.00	0.80	2081.50		
UNIFORMES E IMPLEMENTOS MENORES	HORA- PRE/PROCESO	2600.00	0.14	376.32		
CLINICA	HORA- PRE/PROCESO	2600.00	0.02	57.81		
SERVICIO DE TALLER	HORA- PRE/PROCESO	2600.00	0.11	288.55		
SERVICIO DE LABORATORIO	AÑO	1.00	83.33	83.33		
MANTENIMIENTO DE VEHICULOS	HORA- PRE/PROCESO	2600.00	0.07	172.92		
MANTENIMIENTO DE MOB. Y EQUIPO	HORA- PRE/PROCESO	2600.00	0.01			
VARIOS	HORA- PRE/PROCESO	2600.00		0.00		
DEPRECIACION DE MAQUINARIA	AÑO	1.00		3513.40		

Descripción	Unidad	Cantidad	Valor	Total	Análisis Unitario	Análisis Porcentual
DEPREC. DE EDIFICIO E INSTAL.	AÑO	1.00	287.62	287.62		
TOTAL COSTOS FIJOS DE PLANTA				7640.18	0.01	0.00
TOTAL COSTOS VARIABLES Y FIJOS				234989.81	0.42	0.00
UTILIDAD DE OPERACION						
GASTOS ADMINISTRATIVOS						
GASTOS DE OPERACION	ADMINISTRACION DE LA SECCION	%	3.00	786.97		
	ADMINISTRACION ZAMORANO	%	1.00	262.32		
	ADMINISTRACION DENTRO DE SECCION	%	5.00	729.27		
TOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS				1778.57	0.00	1.03
GASTOS FINANCIEROS						
	INVENTARIO DE SOYA EN GRANO					
	INVENTARIO DE EXTRUIDO					
TOTAL GASTO FINANCIERO				0.00	0.00	0.00
TOTAL GASTOS				1778.57	0.00	1.03
TOTAL COSTOS Y GASTOS				236768.38	0.43	137.28
RETORNO AL CAPITAL Y AL RIESGO				-64302.15	-0.12	
RENTABILIDAD SOBRE VENTAS				-37.28		
RENTABILIDAD SOBRE COSTOS				-27.16		
CANTIDAD MINIMA DE EQUILIBRIO				-89689.63		
PRECIO DE EQUILIBRIO				0.45		

Anexo 5. Modelo de la encuesta a avicultores y porcicultores

Zamorano, noviembre de 1999.

Ref. Encuesta sobre soya extruida.

Estimado Señor:

Espero que se encuentre muy bien. La presente es para solicitar el llenado de la encuesta adjunta para conocer si está interesado en utilizar soya extruida para la formulación de las raciones de sus pollos.

Zamorano cuenta con un extrusor específico para el procesamiento de la soya y pretende abastecer a los productores de la zona con este ingrediente de alta calidad nutricional. Para poder ofrecerle un servicio adecuado, debemos conocer sus necesidades.

Adjunto está un boletín informativo sobre el extruido de soya integral. La encuesta tiene carácter confidencial. Si surgen preguntas cuando esté llenando el cuestionario, no dude en dirigirse a la siguiente dirección:

98149@mailserver.zamorano.edu.hn.
Teléfono: 776-2164 ext. 2307.

Le agradezco su atención a la presente. Estaré esperando su respuesta a la encuesta. Le deseo éxito en todas sus actividades. Atentamente,

Belén Prado
Estudiante de Ingeniería Agronómica.
Tecnología de Alimentos.

Uso del Extruido de Soya Integral

CUESTIONARIO A PRODUCTORES DE POLLOS DE ENGORDE

Nombre del encuestado _____

Posición en la empresa _____

1. Especifique la cantidad de animales que en promedio tiene en producción de acuerdo a las categorías del cuadro siguiente:

Categoría	Número de animales
Inicio	
Crecimiento	
Final	

2. Indique la cantidad y el nombre comercial del alimento que proporciona por semana, según la categoría.

Categoría	Alimento semanal (qq/semana) ¹	Nombre comercial del alimento
Inicio		
Crecimiento		
Final		

¹ qq= quintal.

3. ¿Quién le provee del concentrado? (Si usted lo elabora, añada el (los) nombre(s) de su(s) proveedor (es) de ingredientes).

Proveedor del alimento _____

Proveedor de ingredientes _____

4. ¿Cuál es el precio de su concentrado?

Categoría	Precio (L/qq)
Inicio	
Crecimiento	
Final	

5. ¿Tiene crédito?

Sí _____ No _____

Indique las condiciones de crédito:

Menos de una semana _____

15 días _____

30 días _____

Otros _____

(Especifique el tiempo) _____ días.

6. ¿Qué características tienen las raciones de sus animales?

Satisfacen todos los requerimientos diarios de mis pollos _____

Tienen uniformidad física y nutricional _____

Los ingredientes utilizados son de la mejor calidad _____

No sé qué ingredientes se utilizan. _____

No tengo idea de la calidad del alimento que compro _____

7. ¿El concentrado que actualmente utiliza tiene disponibilidad continua?

Sí _____

No _____

8. ¿El precio del concentrado incluye el transporte a su finca?

Sí _____

No _____

9. ¿Hay algún aspecto desfavorable en el alimento que utiliza actualmente?

Sí _____ Indique cuál: _____

No _____

10. ¿El alimento que utiliza actualmente contiene soya?

Sí _____

No _____

No sé _____

Por favor, conteste sobre su percepción del extruido de soya integral.

11. ¿Conocía ya al extruido de soya integral?

Sí _____
No _____ (continúe en la pregunta 13)

12. ¿El alimento que utiliza actualmente contiene extruido de soya integral?

Sí _____
No _____ (continúe en la P.14)
No sé _____ (continúe en la pregunta 14)

13. ¿Si el extruido de soya integral estuviera a la venta lo compraría?

Sí _____ (continúe en la pregunta 15)
No _____ (continúe en la pregunta 14)
Depende _____ (continúe en la pregunta 14)

14. (Escriba una o más ideas si es necesario)

Yo compraría este producto si...

- a) _____
b) _____
c) _____
d) _____
e) De ninguna manera lo compraría (No continúe respondiendo al cuestionario).

15. ¿Cómo preferiría adquirirlo?

- Incluido en la formulación de mi concentrado _____
(Continúe en la pregunta 17)

- Como ingrediente para que yo mezcle la ración de mis aves _____
(Continúe en la pregunta 16)

16. ¿Qué cantidad de soya extruida adquiriría semanalmente?

_____ qq de soya integral extruida.

17. ¿Qué cantidad de concentrado adquiriría semanalmente?

_____ qq de concentrado con soya integral extruida.

18. ¿Cuánto estaría dispuesto a pagar por quintal ?

L. 200 _____ L. 215 _____ L. 230 _____ Otros _____

19. ¿Qué servicios son imprescindibles para que Ud. adquiera el producto? Llene los espacios siguientes

Entrega en mi finca _____

Crédito _____

Precio paralelo al de la soya en el mercado _____

¡Muchas gracias por su ayuda!

Anexo 6. Análisis de varianza de las variables físicas y químicas del extruido de soya integral

VARIABLES FISICAS

Densidad aparente

Fuente de Variación	G.L.	Pr>F	R ²	C.V.
Modelo	2	0.9705	0.1976	4.1007
Tratamiento	2	0.9705		
Error	3			

¹Antes de extrusión.

Normalidad de los datos de densidad aparente

W:Normal	Pr<W
0.96297	0.8462

Granulometría inicial: Partículas retenidas en el tamiz estándar de Estados Unidos #6

Fuente de Variación	G.L.	Pr>F	R ²	C.V.
Modelo	4	0.1808	0.9853	3.2850
Tratamiento	2	0.1399		
Temperatura	1	0.1743		
¹ Humedad	1	0.1021		
Error	1			

¹Antes de extrusión.

Normalidad de los datos de granulometría inicial de las partículas retenidas en el tamiz estándar de Estados Unidos # 6

W:Normal	Pr<W
0.9727	0.9037

Granulometría inicial: partículas retenidas en el tamiz estándar de Estados Unidos #10

Fuente de Variación	G.L.	Pr>F	R ²	C.V.
Modelo	4	0.1967	0.9826	0.9200
Tratamiento	2	0.2405		
Temperatura	1	0.2157		
¹ Humedad	1	0.9891		
Error	1			

¹Antes de extrusión.

Normalidad de los datos de la granulometría inicial de las partículas retenidas en el tamiz estándar de Estados Unidos #10

W:Normal	Pr<W
0.9055	0.3916

Granulometría inicial: partículas retenidas en el tamiz estándar de Estados Unidos # 16

Fuente de Variación	G.L.	Pr>F	R ²	C.V.
Modelo	4	0.6703	0.7649	10.0550
Tratamiento	2	0.6632		
Temperatura	1	0.3665		
¹ Humedad	1	0.7789		
Error	1			

¹Antes de extrusión.

Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis: Prob > 1.0 .

Granulometría final: partículas que son retenidas en el tamiz estándar de Estados Unidos #6

Fuente de Variación	G.L.	Pr>F	R ²	C.V.
Modelo	3	0.0241	0.9838	4.1401
Tratamiento	2	0.2219		
Granulometría inicial en tamiz	1	0.0096		
Error	2			

¹Antes de extrusión.

Normalidad de los datos de la granulometría final de las partículas que son retenidas en el tamiz estándar de Estados Unidos #6

W:Normal	Pr<W
0.9742	0.9121

Granulometría final: partículas que son retenidas por el tamiz estándar de Estados Unidos # 10

Fuente de Variación	G.L.	Pr>F	R²	C.V.
Modelo	3	0.0105	0.9930	0.1816
Tratamiento	2	0.0087		
¹ Humedad	1	0.0136		
Error	2			

¹Antes de extrusión.

Normalidad de los datos de la granulometría final de las partículas que son retenidas por el tamiz estándar de Estados Unidos # 10

W:Normal	Pr<W
0.9443	0.7143

Granulometría final: partículas que son retenidas por el tamiz estándar de Estados Unidos #16

Fuente de Variación	G.L.	Pr>F	R²	C.V.
Modelo	3	0.1736	0.8806	5.1768
Tratamiento	2	0.1474		
Temperatura	1	0.1104		
Error	2			

¹Antes de extrusión.

Normalidad de los datos de granulometría final de las partículas que son retenidas por el tamiz estándar de Estados Unidos #16

W:Normal	Pr<W
0.8983	0.3541

Granulometría final: partículas que pasan el tamiz estándar de Estados Unidos #16

Fuente de Variación	G.L.	Pr>F	R ²	C.V.
Modelo	3	0.2860	0.7988	17.85
Tratamiento	2	0.2780		
¹ Humedad	1	0.1286		
Error	2			

¹Antes de extrusión.

Normalidad de los datos de la granulometría final de partículas que pasan el tamiz estándar de Estados Unidos #16

W:Normal	Pr<W
0.9097	0.4176

VARIABLES QUIMICAS

Materia Seca

Fuente de Variación	G.L.	Pr>F	R ²	C.V.
Modelo	4	0.6157	0.8076	0.7934
Tratamiento	2	0.8906		
Temperatura	1	0.3344		
¹ Humedad	1	0.9523		
Error	1			

¹Antes de extrusión.

Normalidad de los datos de materia seca

W:Normal	Pr<W
0.8757	0.2460

Proteína: prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis: Prob > 0.2058.

Carbohidratos: prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis: Prob > 0.5647.

Grasa

Fuente de Variación	G.L.	Pr>F	R ²	C.V.
Modelo	4	0.3980	0.9260	1.3681
Tratamiento	2	0.3791		
Temperatura	1	0.6902		
¹ Humedad	1	0.2125		
Error	1			

¹Antes de extrusión.

Normalidad de los datos de grasa

W:Normal	Pr<W
0.8800	0.2659

Fibra

Fuente de Variación	G.L.	Pr>F	R ²	C.V.
Modelo	2	0.2182	0.6375	1.9114
Tratamiento	2	0.2182		
Error	3			

¹Antes de extrusión.

Normalidad de los datos de fibra

W:Normal	Pr<W
0.8726	0.2324

Ceniza

Fuente de Variación	G.L.	Pr>F	R ²	C.V.
Modelo	3	0.6670	0.7677	1.7405
Tratamiento	2	0.7037		
¹ Humedad	1	0.4574		
Error	2			

¹Antes de extrusión.

Normalidad de los datos de ceniza

W:Normal	Pr<W
0.9389	0.6680

Inhibidores de tripsina

Fuente de Variación	G.L.	Pr > F	R ²	C.V.
Modelo	4	0.0274	0.9997	2.1401
Tratamiento	2	0.0447		
Temperatura	1	0.0293		
¹ Humedad	1	0.2498		
Error	1			

¹Antes de extrusión.

Normalidad de los datos de inhibidores de tripsina

W:Normal	Pr<W
0.9205	0.5019

Actividad Ureásica

Fuente de Variación	G.L.	Pr>F	R ²	C.V.
Modelo	4	0.4899	0.8846	17.53
Tratamiento	2	0.6115		
Temperatura	1	0.2402		
¹ Humedad	1	0.6046		
Error	1			

¹Antes de extrusión.

Normalidad de los datos de actividad ureásica

W:Normal	Pr<W
0.9458	0.7264

Índice de solubilidad de nitrógeno.

Prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis: Prob > 0.1801