

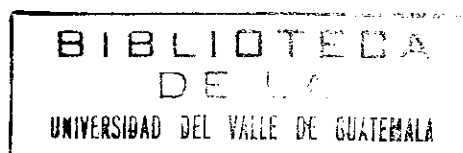
**El efecto del proceso de tostado sobre algunos
parámetros nutricionales del frijol terciopelo
(*Mucuna spp.*)**

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

**El efecto del proceso de tostado sobre algunos parámetros
nutricionales del frijol terciopelo (*Mucuna spp.*)**

de Mónica Kuan-Chi Lau Luin

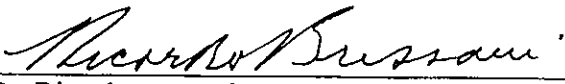
**Trabajo de graduación presentado para optar al grado académico de
Licenciada en Ingeniería en Ciencias de los Alimentos**



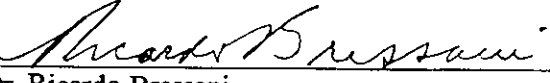
Guatemala

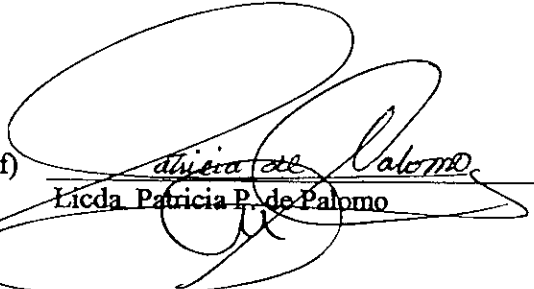
2002

Vo. Bo.

(f) 
Dr. Ricardo Bressani
Asesor

Tribunal:

(f) 
Dr. Ricardo Bressani

(f) 
Licda. Patricia P. de Palomo

(f) 
Licda. Ana Silvia C. de Ruiz

Fecha de Aprobación: 23 de mayo de 2002

AGRADECIMIENTOS

Agradezco

Al Dr. Bressani por su apoyo y conocimientos adquiridos; y haber aceptado asesorarme en dicha investigación.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA) por donarnos el frijol para que se llevara a cabo el estudio.

Al Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), por prestar sus instalaciones para efectuar la investigación, y principalmente a la Licda. de Pereda, Don. Audel, Don. Víctor y al Ing. Alvarado.

A Kelly, por brindarme su ayuda y atención en todo aspecto;

A Don. Carlos, Olivia y Elsa, por haberme transmitido sus conocimientos y estar siempre dispuestos a ayudarme.

Al Ing. Zambrano por facilitarnos el equipo del laboratorio de Operaciones Unitarias.

Muchas Gracias

CONTENIDO

	Página
Lista de cuadros.....	vi.
Lista de ilustraciones.....	vii.
Resumen.....	viii.
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. ANTECEDENTES.....	3
A. Propiedades generales de las leguminosas.....	3
1. Factores nutricionales.....	3
2. Limitaciones de calidad nutricional.....	3
3. Factores antinutricionales.....	4
B. Frijol terciopelo.....	6
1. Características físicas.....	6
2. Origen.....	7
3. Condiciones de cultivo.....	7
4. Producto primario.....	8
5. Uso principal.....	8
6. Usos subsidiarios.....	9
7. Tablas nutricionales del frijol terciopelo.....	10
8. Factores antinutricionales.....	11
9. Desventajas.....	12
C. Formas de Procesamiento.....	13
1. Tostado.....	13
III. JUSTIFICACIÓN.....	17
IV. OBJETIVOS.....	18
V. HIPÓTESIS.....	19

VI.	METODOLOGÍA.....	20
	A. Métodos químicos.....	20
	B. Diagramas de flujo del proceso de tostado.....	20
	C. Ensayos biológicos.....	21
	1. Calidad proteínica.....	21
	2. Digestibilidad verdadera y aparente.....	21
	3. Absorción de L-dopa.....	21
	D. Análisis estadístico.....	22
VII.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	23
VIII.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	26
	A. Composición proximal del frijol terciopelo.....	26
	B. Efectos del proceso de tostado.....	26
	1. Composición química.....	26
	2. Contenido de factores antifisiológicos.....	28
	3. Calidad proteínica.....	33
	C. Ensayos biológicos.....	35
	1. Digestibilidad de la proteína.....	35
IX.	CONCLUSIONES.....	42
X.	RECOMENDACIONES.....	43
XI.	BIBLIOGRAFÍA.....	44
XII.	APÉNDICE.....	48
	A. Tablas de datos y análisis estadísticos.....	48
	B. Datos auxiliares de los análisis de L-dopa en las muestras.....	56

LISTA DE TABLAS

Tabla	Página
1. Compuestos tóxicos en algunas leguminosas.....	4
2. Composición del frijol terciopelo verde.....	10
3. Composición de las semillas secas.....	10
4. Contenido de ácidos grasos del frijol terciopelo.....	10
5. Esquema experimental de las distintas muestras del frijol terciopelo procesadas en el tostador.....	23
6. Análisis proximal del frijol Mucuna crudo entero.....	26
7. Composición del Frijol Mucuna en los distintos tiempos de tostado.....	26
8. Composición de L-dopa.....	28
9. Composición de inhibidores de tripsina.....	30
10. Evaluación de la calidad proteica.....	33
11. Digestibilidad aparente y verdadera.....	35
12. L-dopa absorbida por las ratas en 8 días de ingesta.....	37
13. Concentración de L-dopa en las extracciones de las distintas infusiones....	39

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración	Página
1. Vaina y semillas de <i>Mucuna spp.</i>	8
2. Estructura molecular de L-dopa.....	11
3. Tostador de granos de la planta del INCAP.....	24
4. Presentación de la forma de toma de peso de ratas en el bioterio del INCAP.....	25

RESUMEN

Se obtuvieron harinas tostadas de frijol terciopelo por medio de un tostador de granos con tres tiempos de residencia: 10, 20 y 30 min. Se mantuvo a una temperatura entre 105-120°C. Después del proceso de tostado, se descascaró en una cortadora de discos. Por último, se siguió una molienda.

Las harinas tostadas, junto con el crudo, fueron evaluadas por su contenido de humedad, grasa, nitrógeno, proteína, actividad antitriptica, L-dopa, digestibilidad, razón proteica neta, absorción de L-dopa en las ratas y L-dopa en el sobrenadante de las infusiones de frijol tostado.

La humedad, grasa, nitrógeno y proteína cambiaron significativamente entre la harina cruda y los distintos tiempos de tostado ($P < 0.05$), disminuyendo en la humedad y aumentando en el nitrógeno y proteína.

El factor antifisiológico como inhibidores de tripsina disminuyó de una forma significativa, llegando hasta 90% de inhibición, siendo este proceso efectivo para su degradación. El otro factor antifisiológico L-dopa no disminuyó significativamente ($P < 0.05$) su contenido con relación al frijol crudo al estar por encima de la dosis letal media, ya que es un riesgo para la salud. Dicho proceso solamente disminuyó cierto porcentaje pero luego simplemente lo fue concentrando con la pérdida de agua.

El frijol terciopelo tostado presentó una alta digestibilidad que difiere significativamente ($P < 0.05$) del valor de digestibilidad de harina cruda.

En los extractos de las infusiones de la harina tostada se observó que contenía bajos niveles de L-dopa, por lo que dicha bebida no parece presentar un riesgo para la salud del humano.

El proceso de tostado permite obtener harina con alto contenido de grasa, proteína con calidad aceptable, con contenidos bajos de inhibidores de tripsina pero no de L-dopa, siendo las condiciones de tostado utilizadas no adecuadas para el consumo directo del frijol terciopelo, ya que necesita un segundo proceso para que lo elimine.

I. INTRODUCCIÓN

El frijol terciopelo (*Mucuna spp.*) es una leguminosa cuyo origen se cree es australiano.

Las leguminosas son importantes como alimento en los países tropicales y subtropicales; Son segundos en importancia después de los cereales como fuente de proteína. Aparte de tener un alto valor nutritivo, tienen vida de anaquel larga. No se descomponen fácilmente, pues no necesitan condiciones estrictas de almacenamiento, aunque siempre deben de cuidarse de las infestaciones de insectos y mantenerla en ambiente seco.

Otra importancia que tiene este frijol es su uso como fertilizante, ya que evita la erosión de la tierra y ahorra la compra de fertilizantes. También la medicina Ayurvédica (medicina alternativa de India) lo prescribe mucho para combatir enfermedades comunes como la fiebre, cólera y diarrea; por lo que los científicos han comenzado a prestarle mucha importancia a ello, y están investigando más acerca de sus propiedades.

Aparte de su valor nutricional, posee principios tóxicos, siendo los más importantes L-dopa e inhibidores de tripsina. Éstos impiden o disminuyen la disponibilidad de los distintos nutrientes, por lo que debe buscarse un proceso que los disminuya y así convertirse en un alimento seguro y nutritivo, tanto para animales como para humanos.

Con el proceso común de cocción con agua se ha visto que el frijol posee un alto nivel proteico y una baja cantidad de inhibidores de tripsina (Bressani, 1989). Pero una desventaja de este proceso es el largo periodo de cocción, pues se trata de una leguminosa dura de cocer.

En varias regiones preparan un tipo de café con este grano; lo tuestan y hacen una infusión para beberlo. Dicho procedimiento es corto a comparación de los largos tiempos de remojo y cocción, siendo una buena alternativa para su utilización.

El propósito del siguiente estudio entonces, fue evaluar la calidad nutricional del proceso de tostado a través de algunos parámetros nutricionales y determinar si no es peligroso su consumo debido a los factores tóxicos que posee. La tostado posee las características de ser equivalente al proceso común de cocción con agua en cuanto a propiedades nutricionales, pero con un tiempo corto de proceso. Este proceso tiene un gran alcance, pues aumenta las opciones para utilizar

frijoles duros de cocer, dejando un producto cocido con un alto valor nutricional y bajo en compuestos tóxicos (siendo en este caso Inhibidores de tripsina y L-dopa), que puedan dañar al momento de la ingestión. No se tiene referencias bibliográficas sobre el valor nutricional de este frijol bajo un proceso de tostado, ni tampoco si no es bebida tóxica para el consumo humano.

Dicho proceso tiene una visión industrial y al mismo tiempo en el ámbito rural, por lo que se proporcionaría para mayor explotación y cultivo.

Para ello se usó el tostador rotatorio del INCAP. Las variables a estudiar fue el tiempo y temperatura de tostado. El frijol se obtuvo de una donación del ICTA.

Es necesario identificar la muestra a trabajar, por lo que se le hizo al grano un análisis químico proximal (humedad, proteína, grasa y cenizas), y también un análisis del contenido de los principios tóxicos (L-dopa e inhibidores de tripsina). Después que la muestra se tostó, se analizó su contenido de humedad, nitrógeno, proteína, grasa, L-dopa e inhibidores de tripsina, esperando una disminución en los últimos dos. Se obtuvo una disminución de humedad y un aumento de contenido en los siguientes 3 parámetros, por lo que es un buen factor nutricional. La cantidad de inhibidores de tripsina disminuyó considerablemente, pero no fue así con la cantidad de L-dopa, aunque dicho contenido está por debajo del nivel tóxico; demostrando una bebida apta para consumo humano.

II. ANTECEDENTES

A. Propiedades generales de las leguminosas:

1. Factores nutricionales:

Las leguminosas tienen un contenido promedio doble de proteína en relación con los cereales. Las leguminosas (comúnmente el frijol) en Centroamérica y Sudamérica, son componentes diarios de la dieta y su consumo es alrededor de 50 a 100 g/día. Aparte que es una fuente rica de proteína y calorías, es muy consumida debido a su alta estabilidad de almacenamiento, pues no son alimentos perecederos como las verduras (de Oliveira, 1973).

El calentamiento disminuye el contenido de vitaminas, como la tiamina cuando se hierva el frijol o cuando se cocinó con bicarbonato, ambos para producir más suavidad en el grano. Cada variedad de frijol tiene propiedades distintas, las cuales hacen que el proceso de cocimiento sea un poco diferente entre ellas, por lo que no se puede generalizar ya sea a nivel del hogar o laboratorio (Gómez et al, 1973).

El contenido de aceite en las leguminosas de granos es bajo. La fracción predominante de ácidos grasos de todas las especies de leguminosas son los ácidos grasos insaturados, como el ácido linolénico. También posee una gran cantidad de carbohidratos, siendo la mayoría polisacáridos, por lo que es una fuente de almidón (Mathews, 1989).

2. Limitaciones de calidad nutricional:

1. La proteína tiene baja cantidad de aminoácidos azufrados como metionina y cistina;
2. Hay presencia de inhibidores de proteasa, ya que disminuye la digestibilidad de las proteínas de las legumbres; pero casi siempre se destruye una parte o completamente durante la cocción;
3. La digestibilidad de las proteínas es baja debido posiblemente a factores como los taninos y polifenoles, la fibra dietética y la estructura terciaria de las proteínas.

(Mathews, 1989).

3. Factores antinutricionales:

Estas semillas muestran una digestibilidad baja por las proteínas, que induce una leve absorción de aminoácidos; igual pasa con las grasas. Los granos crudos se caracterizan por tener factores tóxicos, siendo algunos mortales para los humanos y animales. Estos factores también son la causa de la disminución en cuanto a la cantidad de consumo. Dichos compuestos tóxicos pueden destruirse en la mayoría de los casos por calentamiento en húmedo, con lo cual aumenta el valor nutritivo del alimento. La destrucción de compuestos tóxicos específicos depende del tiempo y temperatura de calentamiento, al igual que la humedad de la muestra. Un factor tóxico es la presencia de los inhibidores de tripsina, los cuales afectan la digestibilidad, aunque después de haberse destruido durante la cocción, lo aumenta (Gómez et al, 1973). Se tienen varias formas o métodos de calentamiento, los cuales varían significativamente entre ellos, por lo que es difícil tener condiciones uniformes para propósitos de comparación. Un ejemplo de calentamiento puede ser someter el frijol al autoclave a 16 lb y 121 °C por 10 -30 min. Este proceso destruye los inhibidores de tripsina, pero al mismo tiempo puede ocurrir una pérdida en lisina (De Oliveira, 1973).

En la siguiente tabla se observan algunos tóxicos que se presentan en determinadas legumbres.

Tabla 1: Compuestos tóxicos en algunas leguminosas

<i>Nombre científico</i>	<i>Nombre común</i>	<i>Compuestos tóxicos</i>
Glycine max	Frijol de soya	T, C
Phaseolus vulgaris	Frijol azul marino (navy), pinto, blanco, de jardín, negro, habichuela (kidney)	T, C, E, S.
Stizobolium deeringanum	Frijol terciopelo (velvet bean)	T
Vigna unguiculata (sinensis)	Frijol Caupí, Ojo negro, Sureño.	T, C.

C = chymotrypsin (quimiotripsina); E = elastase (elastasa); S = subtilisin; T = Trypsin (tripsina)
(Mathews, 1989)

3.1 Inhibidor de proteasa:

Son proteínas de peso molecular bajo, el cual tiene la habilidad de inhibir la actividad proteolítica. Están en las leguminosas y en diversos cereales, tubérculos, frutas, verduras, etc. Los más conocidos son los que inhiben la tripsina y la quimotripsina. Dicho inhibidor es estable a un intervalo de pH de 1 a 12, pero a temperaturas mayores de 80°C se desnaturaliza; aunque puede regenerarse si no se hace con cuidado. Estos compuestos causan una deficiencia de metionina y cistina. También suprimen el mecanismo de retroalimentación que controla la síntesis de enzimas pancreáticas, continuando su secreción al intestino con el posterior consumo de aminoácidos de la proteína ingerida, y da como resultado una hipertrofia pancreática y/o hiperplasia pancreática. Se debe reducir 80% de la concentración para obtener un valor máximo de relación de eficiencia proteínica (REP), pues ésta interfiere con la digestibilidad de la dieta proteica. Una destrucción completa de ésta no es recomendable, pues al mismo tiempo destruye otros compuestos que sí son nutritivos (Badui, 1997 y Mathews, 1989).

Un tratamiento con agua hirviendo por tres minutos inactiva 90% de esta proteína en la soya equivalente al escaldado de verduras. Se ha podido determinar al usar una solución de caseína como sustrato para tripsina, midiéndose el cambio en absorbancia a 280 nm (Valle, 1986). Hay un método más exacto, como el de Kakade et al (1974). Éste usa un sustrato sintético: "benzoi-DL-arginina-p-nitroanilida" (BAPA), el cual se lee a 410 nm; dicho sustrato reemplaza así al anterior. En la actualidad se le siguen haciendo cambios al análisis, como concentraciones de los sustratos, o reemplazar algunos reactivos por otros que sean más sensibles, etc... (Liu y Markakis, 1989)

Según Jaffé (1973), el contenido alto de inhibidores de tripsina puede estar relacionado con altos niveles de aminoácidos azufrados en frijoles y por lo tanto son deseables. En los resultados de un experimento, a través de varios pasos de adsorción de un extracto de frijol con bentonita-celite, se podrá remover 90% de la actividad del inhibidor de tripsina en 6-8 pasos. El otro 10% de la actividad no es afectada por otros tratamientos. Esto prueba que existe dentro del extracto de frijol otros factores que actúan en otras proteasas.

3.2 Lectinas:

Son fitohemaglutininas, encontrados en el reino vegetal, particularmente dentro de las leguminosas. Estas generalmente tienen un nivel nutricional bajo, a menos que se le aplique un

tratamiento térmico (Mathews, 1989).

Las lectinas tienen la habilidad de aglutinar las células rojas de la sangre, interactúan con sustancias específicas de las células, mitogénesis, promoción de la adhesión de la célula, inhibición del crecimiento de hongos y un efecto de insulina en células grasas. Todos estos efectos se cree que es debido a una manifestación de la habilidad de las lectinas de unirse con tipos de azúcares específicos presentes en la superficie de las células. La actividad de la hemaglutinación ha sido detectada en más de 800 especies de plantas, de las cuales 600 son de la familia Leguminosae. La mayoría de las lectinas tiene un peso molecular entre 100,000 a 150,000 y usualmente compuestas de cuatro subunidades (Mathews, 1989).

Al consumirse los granos de leguminosas de una forma cruda o una cocción inadecuada, puede traer ciertos efectos tóxicos. Se ha encontrado que a niveles tan bajos como 0.5% de la dieta, causan una inhibición en el crecimiento, y a altos niveles puede ocurrir hasta la muerte. En *Phaseolus vulgaris* se han destruido las lectinas por tratamiento térmico. Un tratamiento de autoclaveado por 5 min. es suficiente para eliminar la hemaglutinación y la toxicidad en el frijol negro, aunque 30 min. de autoclaveado puede ser requerido para otras variedades de *P. vulgaris*. Un calentamiento en seco puede que sea menos efectivo en destruir la lectina (Mathews, 1989).

B. Frijol terciopelo:

1. Características físicas:

FRIJOL TERCIOPELO se conoce comúnmente en español, o VELVET BEAN en inglés. Proviene del género *Mucuna* en donde hay varias especies como *pruriens*, *urens* y *sloanei* de subespecie *utilis*, que se pueden encontrar en la regiones tropicales. Este frijol proviene de la familia Leguminosae (Kay, 1979).

Mucuna spp. es una planta alta, de 5 a 8 m, con escasas hojas y delgadas o pecíolos velludos de 15.24 cm, con largas flores blancas, que crecen en grupos de dos o tres con una corola morado-azulado con forma de mariposa. Las raíces son corpulentas y nodulares las cuales son producidas cerca del suelo. La vaina es gruesa, está cubierta densamente de vellos

(por lo que tiene un aspecto de terciopelo) con un promedio de 10.16 cm de largo y contiene entre cuatro a seis semillas. Las semillas globulares están salpicadas de manchas o parece como mármol, café o negro, aunque a veces hay negro, gris o blanco (Kay, 1979).

En los trópicos, los turistas saben que dichas plantas poseen vellos, las cuales si se sacuden, dichos vellos pican y causan irritación. Son encontrados en Asia, América, África e Islas del Pacífico. Son cocinados y consumidos como un vegetal cuando son verdes. En Ayurveda las semillas son prescritas en forma de polvo en dosis de 20 a 40 gramos y, junto con frutos, se le agrega azúcar y leche tibia (www.users.lycaeum.org).

2. Origen:

Es nativo del norte de Queensland, Australia. Se cree que su origen proviene de Asia y fue introducido al hemisferio oeste vía Mauritius. Ahora se cultivan en área tropicales y subtropicales, y a través de la reproducción, algunos toleran condiciones de temperatura mayores (Kay, 1979).

3. Condiciones de cultivo:

3.1 Temperatura: en el periodo de crecimiento, entre 20-30°C; temperatura nocturna de 21°C para estimular la floración. Son muy susceptibles al congelamiento, por lo que se debe evitar esto para un periodo de 180 a 240 días. Sería fatal si se expone a temperaturas por debajo de 5°C, por periodos cortos de 24 a 36 horas (Kay, 1979).

3.2 Precipitación pluvial: entre 1200 – 1500 mm/a o más, aunque algunas toleran mayor sequedad como la del estado de Florida, U.S.A.

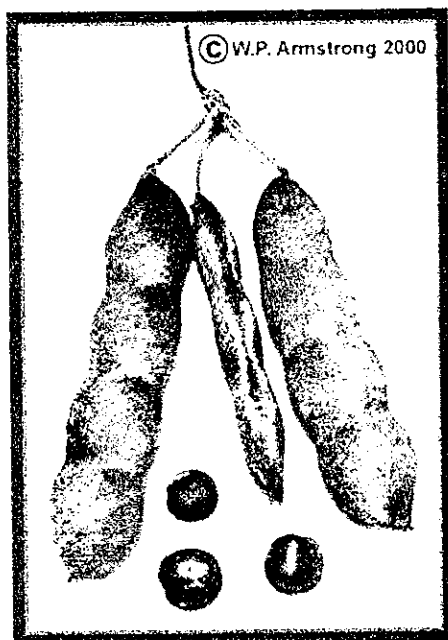
3.3 Suelo: hay varios tipos; una de ellas es la arcilla, pues drenan bien, ya que el frijol terciopelo no soporta estar muy empapado. Tolera bien los suelos ácidos (pH 5 – 6.5), pero no muy arenosos. No se sabe con precisión de los requerimientos de estiércol como fertilizante, pero ha respondido bien al fosfato (Kay, 1979).

3.4 Altitud: desde el nivel del mar hasta elevaciones de 1 800 a 2 100 m. en el trópico (Kay, 1979).

3.5 Duración del día: es una leguminosa de tiempo corto de día, pero no es un factor importante (Kay, 1979).

3.6 *Periodos de crecimiento*: se puede cosechar después de 180 a 270 días de haberlo plantado, que es cuando alcanza su madurez (Kay, 1979).

Figura 1: Vaina y semillas de *Mucuna* spp.



[http:// daphne.palomar.edu](http://daphne.palomar.edu)

4. Producto primario:

Semilla: el frijol terciopelo es globular, aproximadamente 1.2 x 1.2 cm, con manchas cafés o negras, y a veces con un pálido color gris; pero algunos también los producen solamente negros, blancos o grises. Cien semillas pesan aproximadamente 109 g (Kay, 1979).

5. Uso principal:

Es un alimento muy nutritivo para animales como las ovejas y el ganado bovino, pero si es para cerdos, solamente pueden consumir 25% del alimento total; y no se recomienda para aves. Se usa principalmente para pasto; aunque las semillas maduras también se usan para manufacturar concentrados alimenticios, también se usa como alimento directo. Generalmente son remojados en agua por 24 h (Kay, 1979).

6. Usos subsidiarios:

Puede usarse como alimento para humanos pero requiere de una cuidadosa preparación por su principio tóxico que contiene que es L-dopa: 3-(3, 4-dihidroxifenil)-L-alanina, y que se puede remover parcialmente por medio de un cocimiento y remojo con cambios de agua. En algunas partes de Asia, las semillas a veces se tuestan antes de consumirlas, también se lleva a cocción. Las vainas inmaduras y hojas son ocasionalmente hervidas y consumidas como vegetales (Kay, 1979).

En la medicina Ayurvédica, las semillas se prescriben en forma de polvo en casos de leucorrea, espermatorrea, y en casos que se requiera acción afrodisíaca o una debilidad en general. En otras formulaciones se puede usar como píldoras para cólicos, dispepsia, contra las "lombrices". También son astringentes, nutritivas, tónicas y buenas para el sistema nervioso (lycaeum.org).

La raíz es útil en enfermedades del sistema nervioso, como parálisis cerebral, hemiplejía, etc. También para combatir el Cólera morbus y fiebre; otros lo procesan para producir unguento para elefantiasis y hasta se dice que la semilla absorbe el veneno del escorpión cuando se aplica en la parte picada. La raíz se ha usado como diurético, tónico y estimulante (users.lycaeum.org).

Su uso como fertilizante es conocido, siendo una cosecha antierosión. En Brasil se ha estado investigando la posibilidad de usar dicha semilla como una fuente industrial de almidón. Los resultados indican que el almidón a alta viscosidad, similar al obtenido de los caupís, y adecuado como agente espesante para productos alimenticios, o como adhesivo en el papel o industrias textiles, podría obtenerse. También se ha investigado la posibilidad de utilizarla como una fuente comercial de L-dopa, usado en tratamiento de la enfermedad de Parkinson (Kay, 1979).

7. Tablas nutricionales del frijol terciopelo:

En la tabla 2, se presenta la composición del frijol terciopelo verde, siendo ésta diferente a la de las semillas secas (tabla 3). Se puede observar que hay una diferencia de 8.3% de contenido de proteína entre ambas, ya que hay un aumento también en la grasa y el extracto libre de nitrógeno, pero una disminución de fibra y cenizas. En la tabla 4 se comparan tres tipos de semillas secas, y en la tabla 5 se muestra los distintos ácidos grasos presentes en el

frijol terciopelo, siendo el linoleico (47.2%) el de mayor cantidad, mientras que el de menor cantidad es el palmitoleico (0.5%).

Tabla 2: Composición del frijol terciopelo verde

Proteína	15.1%
Grasa	2.1%
Extrato N-libre	48.6%
Fibra	19.3%
Cenizas	14.9%
Nutrientes digeribles	63.4%
Razón nutritiva	4:9

(Kay, 1979).

Tabla 3: Composición de las semillas secas

Tipos Características	<i>Terciopelo*</i>	<i>Caupí**</i>	<i>Negro**</i>
Humedad, %	10	10.6	10.4
Proteína, %	23.4	24.1	22.7
Grasa, %	5.7	1.2	1.6
N-libre extracto, %	51.5		
Fibra, %	6.4	4.5	-----
Cenizas, %	3	3.4	3.7
Calcio	0.18 %	77 mg/100g	134 mg/100g
Fósforo	0.99 %	420 mg/100g	415 mg/100g
Tiamina, mg/100 g	0.50	0.87	0.47
Riboflavina, mg/100 g	0.20	0.23	0.15
Niacina, mg/100 g	1.7	1.9	2.09
Potasio, %	0.36		
Vitamina A, UI/100g	50		

*Kay, 1979

**Menchú et al, 1996

Tabla 4: Contenido de ácidos grasos del frijol terciopelo

Ácidos grasos insaturados		Ácidos grasos saturados	
Linoleico	47.2%	Palmítico	19.5 %
Oleico	14.2 %	Estearico	12.6 %
Linolénico	3.8%	Araquídico	2.2 %
Palmitoleico	0.5%		

(Kay, 1979).

8. Factores antinutricionales:

8.1 L-dopa:

Por un estudio de Daxenbichler et al. (1972); entre más de 1000 especies de semillas dentro de 135 familias de plantas, la única semilla que se encontró que tuviera suficiente L-dopa como para ser fuente de ella y comercializarla, proviene del género *Mucuna* (Leguminosae), que se obtiene entre 3.1% a 6.7% de su contenido.

El principio tóxico L-dopa, 3-(3, 4-dihidroxifenil)-L-alanina, se encuentra la mayor parte en la semilla y se ha aislado en una cantidad de 1.5 por ciento de todo el peso de la semilla. En un estudio con ratas, se encontró que dicho principio tóxico está en la fracción proteica y no en el aceite. Debido a la presencia de L-dopa, el frijol está inmune al ataque de insectos y mamíferos. Este compuesto es muy caro producirlo sintéticamente, por lo que ha recibido atención el frijol pues de él se puede obtener de manera natural un alto contenido de L-dopa (4.8% de una ración de esta semilla descascarada) (Kay, 1979).

L-dopa (levo-dihidroxi-fenilalanina) es un precursor de la dopamina la cual cruza la barrera del cerebro y es convertida a dopamina en el cerebro, que es un neurotransmisor. Se ha investigado que L-dopa es un compuesto que es bueno para tratar a pacientes que sufren de la enfermedad de Parkinson. Este uso se le ha dado dentro de la medicina Ayurvédica en India, pero ahora está teniendo importancia en todo el mundo (yourhealth.com).

L-3,4 dihidroxifenilalanina se encuentra también en las habas (*Vicia faba*). El consumo de esta leguminosa induce al favismo, que disminuye la concentración de glutatión reducido.

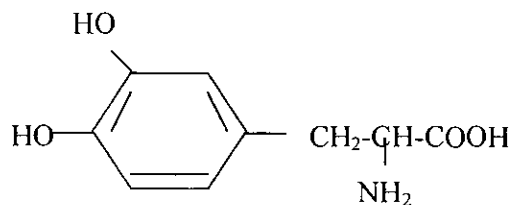


Figura 2: estructura molecular de L-dopa

(Valle, 1986)

Características físicas:

Polvo cristalino incoloros o blancos, sin olor ni sabor. Punto de fusión: 276-278°C. Peso Molecular: 197.19 g/mol. Soluble en ácido clorhídrico, ácido fórmico y agua. Dosis letal media: LD50 en ratones, ratas y conejos (mg/Kg) : 3650, 4000, 609 (Budavaris et al, 1989).

Una sola enzima que se encuentra en los tejidos de los mamíferos, la cual se cree que es una descarboxilasa general de L-aminoácidos aromáticos, puede catalizar la descarboxilación de la 3,4-dihidroxifenilalanina. Ésta se forma a partir de la hidrolasa tirosinasa que actúa en las células que forman la melanina para producir dopa; se descarboxila y así forma dihidroxifenilalanina para dar dihidroxifeniletanolamina, que es un compuesto intermedio en la formación de la melanina. La enzima descarboxiladora se encuentra también en los riñones, ganglios del gran simpático y en los nervios. La dopa aparte de ser precursor de la formación de la melanina, también lo es de la norepinefrina y de la epinefrina. Si existe un desbalance de concentraciones entre estas dos hormonas de la médula adrenal, puede provocar ciertas reacciones peligrosas en el cuerpo, como desbalance en la velocidad del corazón, presión sanguínea, consumo de oxígeno. Puede provocar estados confusos, euforia y psicosis tóxica. Todo esto puede provocarse por una falta o por una sobredosis (Bonilla, 1990).

8.1.1 Dosis y administración de dopaminérgicos:

Dopaminérgicos son fármacos que se administran para regular la cantidad de dopamina y así evitar la enfermedad de Parkinson (Bonilla, 1990).

La dosis dependerá de la respuesta de cada paciente. Se aconseja iniciar con 100 mg de levodopa, hasta llegar a 400 -800 mg/día. Estas dosis tienen que administrarse con un inhibidor de la enzima que metaboliza L-dopa, pues se observó que L-dopa se transformaba a dopamina en la sangre, pero no llegaba así al cerebro y causaba también múltiples efectos colaterales que su actividad extracerebral produce. Así, con la inhibidora de enzima que metaboliza este factor en la periferia, permite su arribo al encéfalo, en donde se transforma en dopamina y lleva

a cabo su función terapéutica (Bonilla, 1990).

8.2 Inhibidores de tripsina:

Se encuentra en esta leguminosa al igual que las demás, como se mencionó anteriormente.

9. Desventajas:

Algunas desventajas que tiene esta semilla es su largo periodo de crecimiento. También se dice que no es un alimento muy valorado para la alimentación de animales y humanos por su prolongado tiempo de remojo y cocción obligatoria para que pueda ser consumido sin ningún problema (Kay, 1979).

C. Formas de procesamiento:

El procesamiento más común que se le aplica a las leguminosas es el proceso térmico, el cual puede ser con agua (remojo, cocción y autoclaveado) o seco (tostado y extrusión). También está la germinación y fermentación que son procesos biológicos; además del descascarado y cocinado.

El proceso térmico con agua inactiva los inhibidores de enzimas y lectinas, reduce los niveles de otros antinutrientes como los taninos; aumenta la digestibilidad de proteínas y carbohidratos; aumenta la calidad proteínica; reduce la biodisponibilidad de lisina y de azufrados debido al calor excesivo y disminuye el recuento microbial en el producto final. Si se hace el proceso térmico sin agua, pero con temperatura alta y poco tiempo de proceso, las propiedades son similares a la cocción con agua, pero si el tiempo de cocción es largo, baja la calidad nutritiva (Bressani, 1989 y Harper, 1981).

El requerimiento de tiempo de cocimiento es una función del tiempo, temperatura y contenido de humedad en el grano (Bakker, 1973).

Altas temperaturas (alcanzándose hasta 200°C) con tiempos de residencia cortos (5-10s), tienden a maximizar los efectos de beneficio del calentamiento de alimentos (mejorando la digestibilidad y la instantaneidad por el precocimiento); mientras se minimiza los efectos dañinos (empardeamiento, inactivación de vitaminas y aminoácidos esenciales) (Harper, 1981).

1. Tostado:

El proceso de tostado se ha aplicado dentro del proceso del café, que consiste en aplicar un calentamiento considerable a los granos, el cual tiene que mantenerse en movimiento para asegurar un tostado parejo en todo el grano, hasta que el grano alcance un color deseado, ya sea entre café o simplemente más oscuro o sombreado (Clarke y Macrae, 1985).

Antes de que existieran los tostadores mecánicos, dicha actividad era doméstica, ya que se usaba un cilindro para manejarlo manualmente sobre una abertura de fuego, que consumía mucho tiempo, un proceso ahumado el cual requería algunas habilidades para evitar una sobretostado o quemado (Clarke y Macrae, 1985).

Este es un proceso térmico que aumenta la razón proteínica neta NPR similar al autoclaveado. Este proceso también disminuye los niveles de inhibidores de tripsina debido a que son termolábiles, dicha disminución también tiene un efecto significativo sobre el grado de inactivación alcanzado. De acuerdo con Loayza (1988), la actividad antitriptica puede reducirse en caupí crudo hasta 63%, encontrándose inicialmente 13.40 UIT/mL; en la canavalia cruda 57% de 10.87 UIT/mL y en el lupino crudo 40% de 12.34 UIT/mL a 250°C por 2'30". Esta disminución, al igual que en otros factores tóxicos a través de la tostado en lechos granulares calentados, también puede compararse con los de otros métodos como el convencional de cocción en húmedo. El control de la operación de tostado es muy importante, pues el tiempo y la temperatura toman un rol muy importante en la aceptación del consumidor en el producto final.

El tiempo en donde los granos están sujetos al calor tiene que ser cuidadosamente controlado por el operador, el cual se guiará generalmente por el color de los granos, y si es incorrecto se ajustará el tiempo de contacto para el próximo batch, o si es de proceso continuo, alterará la velocidad de flujo de los granos de entrada. El peso de los granos antes y después de tostado está sujeto usualmente a un chequeo continuo, pues económicamente y por características sensoriales es muy importante (color, aroma y sabor) (Clarke y Macrae, 1985).

Mayor incremento en la calidad de proteína que por autoclave y secado de tambor puede ser porque causa una mayor inactivación de factores antifisiológicos e incrementa la susceptibilidad de la proteína a una más completa hidrólisis, o por haber un cambio en la fracción de carbohidratos que favorece una mejor utilización de proteína (Bressani et al, 1982).

1.1 Características de la cocción en seco por tostado del lecho

- a. Especial atributo en desarrollar sabores atractivos en los alimentos.
- b. Destruye factores antifisiológicos.
- c. Aumenta la gelatinización del almidón.
- d. Una buena alternativa para los frijoles duros de cocer.
- e. Destruye la lisina y disminuye la solubilidad de las proteínas, ya que provoca menor aumento
en peso, digestibilidad y eficiencia de conversión alimentaria (Bressani, 1992).
- f. El mecanismo de trabajo es a altas temperaturas por un tiempo corto.
- g. Reduce el consumo de energía por unidad de producto cuando se compara con fuerza de aire de los tostadores.
- h. Se evita el secamiento.
- i. Se eliminan partículas acuosas.
- j. Es una autolimpieza de partículas de alimentos por incineración (Aguilera et al, 1982).

El proceso de tostado también aumenta la capacidad de retención de agua y crea pasta viscosa. El proceso influencia en una forma positiva para la remoción de la cáscara del grano por una aspiración, dando productos altos en fibra, proteína y almidón. Después de un tratamiento de secado, se ha demostrado que es útil para desinfectar y reducir la humedad en la semilla. Además, una tostado con temperaturas arriba de 100°C inactiva las enzimas envueltas en el deterioro del frijol de manera exitosa (Bressani, 1993)

De acuerdo a estudios que se han realizado sobre el proceso de tostado en frijoles comunes (Bressani, et al., 1983), el tiempo y la temperatura óptimas para una buena calidad de proteína son por 15 minutos a 200°C, después de ese tiempo comienza a decrecer PER, y antes de este periodo no llega al máximo. Se puede decir que el producto a través de dicho proceso es tan bueno y con una calidad alta de proteína como las que son procesadas con un cocimiento húmedo bajo presión.

Los intercambiadores de calor de lecho granular ("dry roaster"), usan un material particular caliente como la arena, sal o lechos como el medio de transferencia de calor. El producto alcanza la temperatura máxima cuando están en contacto directo con dicho material y su tiempo de transferencia de calor es rápido. Con relación al frijol negro, el sistema ha llegado a una temperatura de 190°C por 20 segundos, ó 220°C por 10 segundos, disminuyendo de un

70% a 80% la actividad de inhibidor de tripsina. Si se tuesta a 135°C por 4.4 min. se comprueba significativamente suavidad durante el remojo (Aguilera et al., 1982).

Las variables que se deben tomar en cuenta son: la temperatura del lecho, la razón de contacto entre el lecho y el frijol, y el tiempo de residencia (Aguilera et al, 1982).

Ambos procesos son en seco y a cortas temperaturas, lo que mantiene unas características nutritivas favorables, pero si el tiempo se prolonga, baja la calidad nutritiva de las vitaminas y otros nutrientes comienzan a degradarse.

En la mayoría de los casos, dicho proceso lleva condiciones no isotérmicas, hay transferencia de calor compleja a través de la masa y también procesos irreversibles (Baianu, 1992).

1.2 Reacción de Maillard:

Una de las reacciones que se llevan a cabo durante la tostado es la reacción de Maillard, que es una reacción de empardeamiento no enzimático. Este pardeamiento causa cambios físicos como apariencia y sabor, y efectos nutricionales como la disminución de lisina. En esta reacción grupos amino - carbonilo, como aminos de aminoácidos y proteína interaccionan con un aldehído usualmente un azúcar. La lisina es el aminoácido que provee la mayoría de los grupos aminos. Se crea una degradación oxidativa de aminoácidos en presencia de carbonilo, ya que produce aromas y compuestos volátiles y contribuye entonces a la pérdida de aminoácidos. Los azúcares reductores proveen grupo carbonilo. Como resultado de la interacción de azúcares y aminos, son producidos sabores volátiles y aromas, compuestos que absorben en un rango de luz ultravioleta y aumenta los materiales poliméricos de color oscuro (Eskin, 1990).

III. JUSTIFICACIÓN

Una de las desventajas que posee el frijol terciopelo es la presencia de principios tóxicos, cuyos más importantes son L-dopa y los Inhibidores de Tripsina. Dichos factores tóxicos se eliminan fácilmente a través de un proceso de cocción y remojo.

Debido a que el frijol posee altos niveles de dureza, es necesario un proceso que llegue a altas temperaturas y por tiempos cortos. Estos tratamientos térmicos han dado resultados favorables en lo que respecta a niveles de proteína, digestibilidad y disminución de factores antifisiológicos (Inhibidores de Tripsina y L-Dopa). Por lo tanto, estos procesos son apropiados para tratar con alimentos nutritivos. Un proceso por tostado trabaja a estas condiciones obteniéndose los resultados de una cocción normal, y por lo tanto también elimina los principios tóxicos L-dopa y a los inhibidores de tripsina.

El frijol terciopelo se ha conocido por su uso como fertilizante, por lo que sirve para reemplazar los fertilizantes comerciarles (Kay, 1979). Este frijol se ha tostado para su consumo posterior como una bebida caliente como el café, llamada ¹Nescafé o Nutricafé en algunas regiones del mundo. Como el frijol terciopelo contiene alto nivel de contenido tóxico, el proceso para su ingestión debe ser el adecuado para obtener una disminución de estos factores tóxicos para que no sea una bebida peligrosa para el humano. En esta investigación se analizaron los efectos que produce la tostado en distintos tiempos de proceso al igual que su temperatura; y así comparar entre ellas su valor nutricional y al final evaluar las bebidas con estos tratamientos para analizar su seguridad en el consumo humano. De esta manera se estaría ayudando a la tecnología, ya que proporcionaría nuevos procesos eficientes, y fomentaría su importancia. Con esto se estaría ahorrando en los gastos de fertilizantes, y al mismo tiempo produciendo un frijol que contiene buenas características nutricionales para así aumentar su demanda.

¹ Varias regiones llaman comúnmente a la bebida de frijol Mucuna tostado Nescafé. Este no debe confundirse con la marca registrada de café NESCAFÉ

IV. OBJETIVOS

A. Objetivos generales:

1. Evaluar el proceso de tostado sobre la calidad nutricional del frijol terciopelo.

B. Objetivos específicos:

1. Evaluar el efecto de las variables de procesamiento por tostado (tiempo, temperatura) sobre el contenido de L-dopa e inhibidores de tripsina del frijol terciopelo.
2. Conocer el valor proteínico del producto tostado entre los distintos tratamientos.
3. Evaluar el contenido de L-dopa en las infusiones elaboradas por las distintas muestras tratadas.

V. HIPÓTESIS

El proceso de tostado aumenta el valor nutricional del grano de frijol terciopelo y disminuye el contenido de inhibidores de tripsina y L-dopa

VI. METODOLOGÍA

A. Métodos químicos:

1. Análisis químico proximal para el frijol terciopelo crudo entero:

- 1.1 Humedad: por el método 14.003 del AOAC (1984).
- 1.2 Proteína: por el método Kjeldahl en donde el nitrógeno obtenido se multiplica por 6.25. Éste es el método 2.057 del AOAC (1984).
- 1.3 Cenizas: por el método 14.006 del AOAC (1984).
- 1.4 Grasa (extracto etéreo): por el método 7.062 del AOAC (1984).

2. Composición química del frijol Mucuna en los distintos tiempos de tostado:

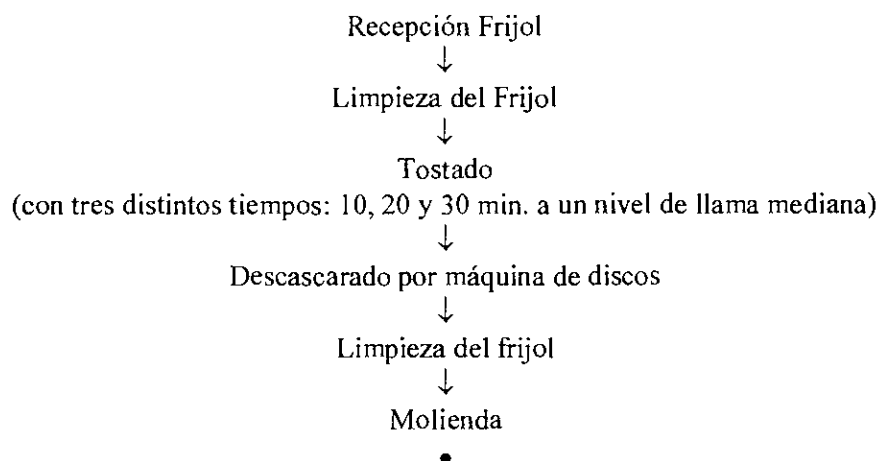
Humedad, proteína y grasa, como se indicó en el inciso anterior.

3. Determinación de los factores tóxicos del grano crudo y tostado:

- 3.1 Inhibidores de Tripsina: por el método de Liu y Markakis (1989).
- 3.2 L-dopa: por el método de Brain (1976).

B. Diagramas de flujo del proceso de tostado:

1. Diagrama de flujo del proceso de tostado del frijol terciopelo



2. Diagrama de flujo de la obtención del extracto de la infusión del frijol tostado

Calentamiento de 200 mL de agua destilada hasta su punto de ebullición



Adición de harina tostada aproximadamente 1 cedita.
tomando como medida estándar 2 g



Agitación y reposo por 15 min.



Obtención del extracto por centrifugación y filtración



C. Ensayos biológicos:

Los ensayos biológicos se llevaron a cabo según los métodos descritos por Elías et al, 1986.

1. Calidad proteínica:

Analizada por la razón proteica neta "NPR" a lo largo de los 16 días.

$$\text{Razón proteínica neta} = \frac{(\text{Ganancia de peso} + \text{pérdida de peso grupo DLN})}{\text{proteína consumida}}$$

2. Digestibilidad verdadera y aparente:

Durante los últimos 8 días de la prueba se recolectaron las heces, las cuales se deshidrataron para determinar el contenido de nitrógeno de acuerdo a la AOAC, y así poder determinar su digestibilidad.

$$\text{Digestibilidad aparente} = (N \text{ ingerido} - N \text{ fecal}) / N \text{ ingerido} \times 100$$

$$\text{Digestibilidad verdadera} = (N \text{ ingerido} - (N \text{ fecal} - N \text{ fecal endógeno})) / N \text{ ingerido} \times 100$$

3. Absorción de L-dopa:

A las heces deshidratadas también se le determinó el contenido de L-dopa por el mismo método de Brain (1976). Por diferencia con el contenido de L-dopa ingerido y en las heces, se calculó su absorción.

$$\text{Absorción de L-dopa} = L\text{-dopa ingerido} - L\text{-dopa heces}$$

D. Análisis estadístico:

Todas las muestras se analizaron por un Análisis de Varianza (ANOVA), para determinar si existen diferencias significativas en el promedio de los puntajes asignados a las muestras. Para determinar si hay diferencia significativa, se comparó con un nivel de significancia de 5%. Si mostró una diferencia significativa, se procedió a verificar en qué tratamiento existía significancia a un nivel del 5% a través del análisis postvarianza de Tukey. Se usó un programa de computadora para su realización llamado ANDEVA.

VII. DISEÑO EXPERIMENTAL

El presente estudio se trabajó con frijol terciopelo (*Mucuna spp.*), el cual fue donado por el Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos ICTA.

A. Preparación de la muestra para el proceso de tostado:

El frijol se trabajó con muestras iniciales de 2.0 Kg. No se le hizo tratamiento previo tostado.

B. Proceso de tostado:

Se usó un tostador de granos, el cual forma parte de la planta piloto del Departamento de Agroindustria y Tecnología de Alimentos del INCAP. La tostado se trabajó al controlar tres tiempos de tostado, ajustándose una salida de llama constante. En total fueron 3 tratamientos diferentes a estudiar con duplicado. La distribución de las condiciones se presenta de una forma esquemática en la siguiente tabla:

Tabla 5

Esquema experimental de las distintas muestras de frijol terciopelo procesadas en el tostador

Tratamiento	Peso de la Muestra	Tiempo de tostado	Día llevado a cabo
1	2 Kg	10	Día 1
1'	2 Kg	10	Día 2
2	2 Kg	20	Día 1
2'	2 Kg	20	Día 2
3	2 Kg	30	Día 1
3'	2 Kg	30	Día 2

Después de la tostado, se descascaró en una máquina cortadora de cuchillas, la cual funciona para descascarar y luego fueron molidos para obtener harinas de frijol tostadas.

Figura 3 : Tostador de granos de la planta piloto del INCAP

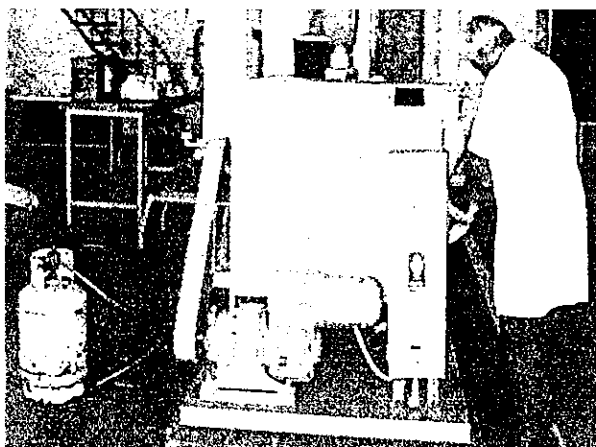
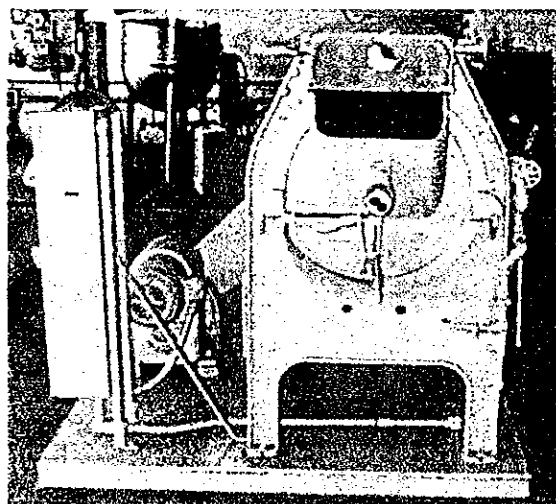


Figura 3.a
Vista lateral

Figura 3.b
Vista frontal



C. Extracción de L-dopa en la infusión de las distintas harinas del frijol terciopelo:

A cada tratamiento se le hizo por duplicado una infusión, como se observó en el diagrama 2 de flujo en la metodología. El análisis de datos se hizo de la misma manera para las muestras tostadas.

D. Ensayos químicos del producto tostado:

En total son 4 muestras que tomaron en cuenta 0min. de tostado que es la cruda, y a cada una se le hizo análisis de inhibidor de tripsina, L-dopa, contenido de nitrógeno (%), proteína, grasa y humedad de la misma manera como se indicó anteriormente. A los factores tóxicos se les hizo 6 repeticiones, mientras que al nitrógeno 4 y a la grasa y humedad 3.

VIII. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A. Composición proximal del Frijol Terciopelo:

Tabla 6
Análisis Proximal del Frijol Mucuna Crudo entero

Análisis	Experimental	Teórico**
Humedad, %	8.01 ± 0.11*	10.0
Grasa, %	3.82 ± 0.079	5.7
Nitrógeno, %	3.54 ± 0.027	
Proteína, %	22.14 ± 0.17	23.4
Cenizas, %	2.72 ± 0.071	3.0

* promedio ± desviación estándar

** Kay, 1979

La tabla 6 menciona la composición química proximal de la muestra de frijol terciopelo utilizada en el presente estudio. El frijol de color negro pinto mostró un contenido de nutrientes parecido a lo que se ha informado respecto de otras muestras de este frijol (Kay, 1979).

Además, su contenido de nutrientes es muy similar a la del frijol común (Kay, 1979) y (Menchú et al, 1996). Por lo tanto, se podrá comparar entre el frijol común y el terciopelo, y los distintos métodos partiendo desde condiciones nutricionales iniciales parecidas.

B. Efectos del proceso de tostado:

1. Composición Química:

Tabla 7
Composición del Frijol Mucuna en los distintos tiempos de tostado

Tiempo de Tostado (min.)	Humedad		Nitrógeno		Proteína		Grasa	
	%	sd*	%	sd	%	Sd	%	sd
0	8.01 A**	0.11	3.62 B	0.03	22.46 B	0.17	3.82 B	0.08
10	4.46 B	0.02	4.13 A	0.18	25.81 A	1.13	4.22 A	0.11
20	4.18 B	0.37	4.38 A	0.07	27.39 A	0.45	4.11 AB	0.41
30	2.25 C	0.96	4.40 A	0.13	27.48 A	0.83	4.27 A	0.11

* sd: desviación estándar

** Análisis postvarianza Tukey (letras diferentes son significativamente diferente)

Para tostar los frijoles, se esperó que el tostador llegara a una temperatura alta y estable para no tener problemas con el control de temperatura. Se dejó una llama de nivel mediano y

constante.

Durante el proceso de tostado, el frijol sufrió varios cambios en cuanto a su composición química como la humedad, grasa, nitrógeno y, por lo tanto, proteína.

Se observó que la humedad iba disminuyendo a medida en que se aumentaba el tiempo de tostado. Como se puede observar en la tabla 7, la humedad bajó considerablemente en los primeros diez minutos de tostado, aproximadamente un poco menos del 50%, no habiendo mucha diferencia a los 20 minutos pero sí a los 30 minutos. Con un análisis de varianza simple y el análisis de Tukey, se pudo observar que el proceso de 10 y 20 minutos de tostado fueron significativamente diferentes con el contenido de humedad del frijol crudo y con el proceso de 30 minutos de tostado; mientras entre ellas dos no hubo diferencia significativa. Pero después de 30 minutos de tostado, se pudo observar que bajó aproximadamente la mitad del contenido que tenía a los 20 minutos de tostado. Como no se pudo controlar la temperatura, ésta solamente se midió después del tiempo de tostado de cada tratamiento. Se observó que entre los 10 y 20 minutos de proceso, la temperatura se mantuvo alrededor de 105°C – 110°C, mientras que para los 30 minutos de proceso se mantuvo entre 115°C-120°C. Por lo tanto, una mayor temperatura y un aumento de tiempo ayudó a una mayor disminución de humedad.

Aunque se haya esperado que la temperatura fuera constante antes de empezar a tostar el primer tratamiento, se observó un aumento de temperatura aun teniendo la misma llama de fuego sin abrir más la llave de gas. Un tostador que es muy convencional, no posee condiciones isotérmicas, habiendo una transferencia de calor compleja a través de la masa y al mismo tiempo reacciones que puedan producir efectos irreversibles al producto. Como el tostador tiene un diámetro considerablemente grande en relación con los dos kilogramos de muestra que se tostaron en cada batch, el grano ganaba más calor y se tostaba de manera uniforme.

El proceso de tostado es aparentemente un buen proceso para conservar el frijol, pues disminuye la humedad a un valor significativamente pequeño, y así aumentará la vida de anaquel de dicha legumbre. Sin embargo, puede también alterar el valor nutritivo del producto tostado así como su funcionalidad.

El nitrógeno, y por lo tanto también la proteína, aumentaron en los distintos tiempos de tostado. El aumento fue entre 16-24 %, siendo significativamente diferente su contenido con relación al frijol crudo, pero no hubo diferencia significativa entre los distintos tratamientos de tostado, manteniéndose en 4% de nitrógeno y entre 25-27 % de proteína. El aumento se debió a una mayor concentración debido a la pérdida de agua. Aunque haya habido una mayor pérdida de agua en los 30 min. de tostado, el aumento de concentración de nitrógeno no fue tan marcado pero sí fue significativo con los demás tiempos de tostado (crudo, 10 y 20 min.). Un

aumento de concentración de proteína es lo que se esperaba, llegando hasta 5% de diferencia entre el frijol crudo y tostado 30 min. (22.14% vs. 27.48%), mejorando así aparentemente la calidad nutricional del grano. Un aumento de contenido de proteína no tiene tanta importancia si no es de calidad, pero como se disminuyó de forma significativa el contenido de inhibidores de tripsina y hubo ruptura de gránulos de almidón, ocasionó una mayor disponibilidad de fuente proteica y esta fue mayor aprovechable. Esto demuestra que se inactivó uno de los factores tóxicos sin disminuir o dañar su valor nutritivo. En un proceso térmico se tiene el peligro de disminuir la lisina disponible ya que disminuye la calidad proteica (Harper, 1981) (Bressani, 1989,1993).

En cuanto a la grasa, también subió su concentración entre 10-11%; un poco menos que el aumento de nitrógeno y proteína. El contenido de grasa es bajo en este grano (3.82%), pero el tostado aumentó su contenido siendo éste mayor que el frijol negro común (1.6% Menchú et al, 1996). Por lo tanto, el frijol *Mucuna* puede ser usado como rica fuente proteica y calórica.

2. Contenido de factores antifisiológicos:

2.1 Contenido de L-dopa:

Tabla 8
Composición de L-Dopa

Tiempo tostado	L-Dopa % p/p	Retención %	$\frac{\text{g L-Dopa}}{\text{g Proteína}}$	Retención %	$\frac{\text{g L-dopa}}{\text{g Nitrógeno}}$
0 min.	4.82 \pm 1.23* A**	100.0	0.22 \pm 0.050 A	100.00	1.36 \pm 0.32
10 min.	3.79 \pm 0.11 A	71.4	0.15 \pm 0.020 B	68.18	0.92 \pm 0.13
20 min.	3.74 \pm 0.08 A	70.4	0.14 \pm 0.008 B	63.64	0.85 \pm 0.05
30 min.	4.64 \pm 0.40 A	87.4	0.17 \pm 0.015 AB	77.28	1.06 \pm 0.09

* promedio \pm desviación estándar

** Análisis postvarianza de Tukey (letras diferentes son significativamente diferente)

El contenido de L-dopa bajó después de 10 y 20 minutos de tostado comparándolo con el frijol crudo (ver tabla 8), pero no lo fue de manera significativa ($p < 0.05$). Entre los distintos tiempos de tostado tampoco hubo diferencia significativa a un nivel de 5%. Se observó que en los 10 y 20 minutos de tostado hubo una pequeña disminución, pero después de 30 min. de tostado se observó un aumento de concentración. Los porcentajes de recuperación de DOPA fueron de 71.4, 70.4 y 87.4 % a los 10, 20 y 30 min. de tostado cuando se expresa como porcentaje en peso.

En la relación de L-dopa con proteína, se observó que en 10 y 20 minutos de tostado la concentración disminuyó significativamente ($p < 0.05$) con relación al crudo, aunque entre ellas

no hubo diferencia, ni tampoco con el tratamiento de 30 min. de tostado en donde se observó un ligero aumento de concentración. Cuando DOPA se expresa como una relación de la proteína, la recuperación fue de 68.18, 63.64 y 77.28 % para 10, 20 y 30 min. de tostado. Esto se atribuyó a que este factor antifisiológico está asociado a la proteína del frijol, en lugar de que esté libre completamente. Siendo parte de la proteína se asume que está protegida a la acción de la temperatura.

Este comportamiento es similar a lo que se observó con la concentración de proteína, y ambas sí tienen una relación, pues según Kay (1979), en un estudio con ratas, se encontró que dicho principio tóxico se encuentra en la fracción proteica. Esto sí tiene sentido, pues L-dopa es un aminoácido. Por lo tanto, al aumentar la concentración de proteína, también se concentrará más el contenido tóxico de L-dopa si no se logra su destrucción previa. Un calentamiento a un tiempo mayor de 20 minutos puede que simplemente concentre el nivel de este aminoácido en lugar de destruirlo o disminuirlo, por lo que no serviría un mayor tiempo de calentamiento. La dosis letal media es de 0.4% = 4000mg/Kg (Budavari et al, 1989), el cual es menor que la concentración de los tratamientos tostados. Lo único que está ayudando un mayor tiempo de tostado de 20 min, es solamente la provocación de trastornos nerviosos al consumirlo. Un mayor aumento de concentración ayudaría en su comercialización para la medicina que trata el mal de Parkinson, pues con él se han obtenido buenos resultados para corregir esta deficiencia neuroquímica (Sarason, 1996), aunque en algunos ocasiona un deterioro en el estado de los maniaco depresivos.

Los análisis que se le hicieron al frijol crudo fueron con cáscara, mientras que a las muestras tostadas sí se les removió la cáscara. Dicha diferencia pudo haber influido en un aumento de concentración pero el porcentaje de cáscara en el frijol es mínimo (aproximadamente 0.2%), por lo que no se considera un factor a dichos resultados.

En la reacción de Maillard, se producen compuestos poliméricos pertenecientes a una longitud de onda UV entre 230-280 nm. (Feather, 1985). Esto pudo haber interferido en la determinación del contenido de L-dopa, siendo una causa de un aumento de concentración a medida que se prolongaba el tiempo de tostado. Los polímeros están compuestos de azúcar, aminoácidos y agua. El método que se recomienda por el autor es muy usado, y como no se ha comprobado en productos tostados, no se tiene información sobre algunos resultados obtenidos. Por lo tanto, para una determinación más fidedigna, se debería buscar otro método en el cual se pudiera cuantificar como el HPLC. Pero por falta de material y equipo no se pudo llevar a cabo.

L-dopa se ha usado como antiparkinsonico, pero al mismo tiempo es tóxico si no se administra de una manera adecuada. Esta sustancia debe llegar a metabolizarse en el cerebro y

no en la sangre, por lo que se necesita de un inhibidor del metabolismo de L-dopa para que llegue hasta el cerebro a metabolizarse y no antes. Por lo tanto, si se ingieren estas cantidades encontradas en estos procesos de tostado, se tendría el peligro de producirse efectos lesivos al cuerpo humano.

2.2 Contenido de Inhibidores de Tripsina:

Tabla 9
Composición de Inhibidores de Tripsina

Tiempo tostado (min.)	Inhib. Tripsina Gráfica (valor extrapolado)			Inhib. Tripsina (Promedio de diluciones)		
	TUI/mg	sd*	% Inactivo	TUI/mg	sd	% Inactivo
0	18.90 A**	0.29	0.00	15.09 A	2.63	0.00
10	4.70 B	1.71	75.13	3.16 B	1.57	79.06
20	2.61 B	1.14	86.19	1.83 B	1.50	87.87
30	1.58 B	1.14	91.64	1.52 B	1.47	89.93

* sd: desviación estándar

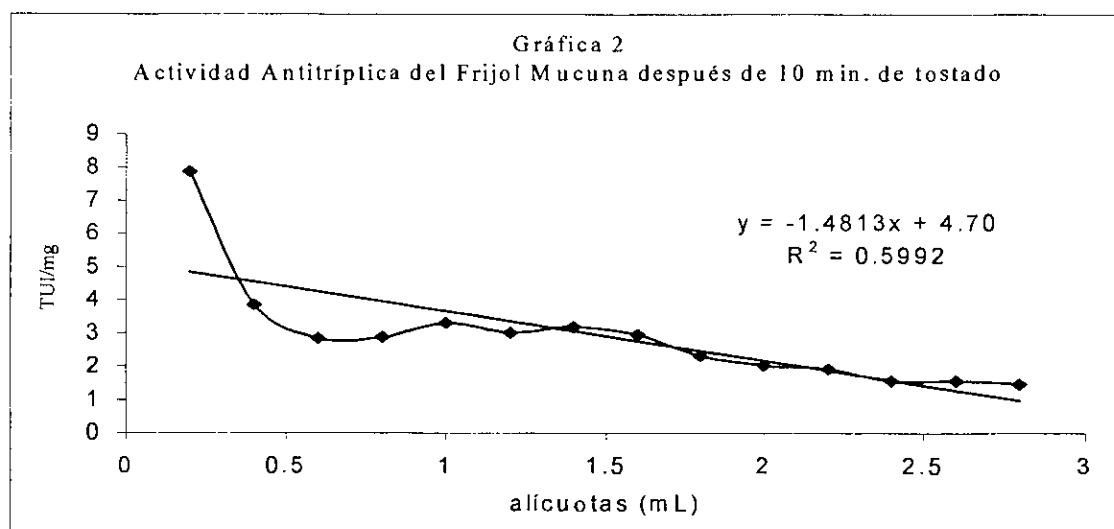
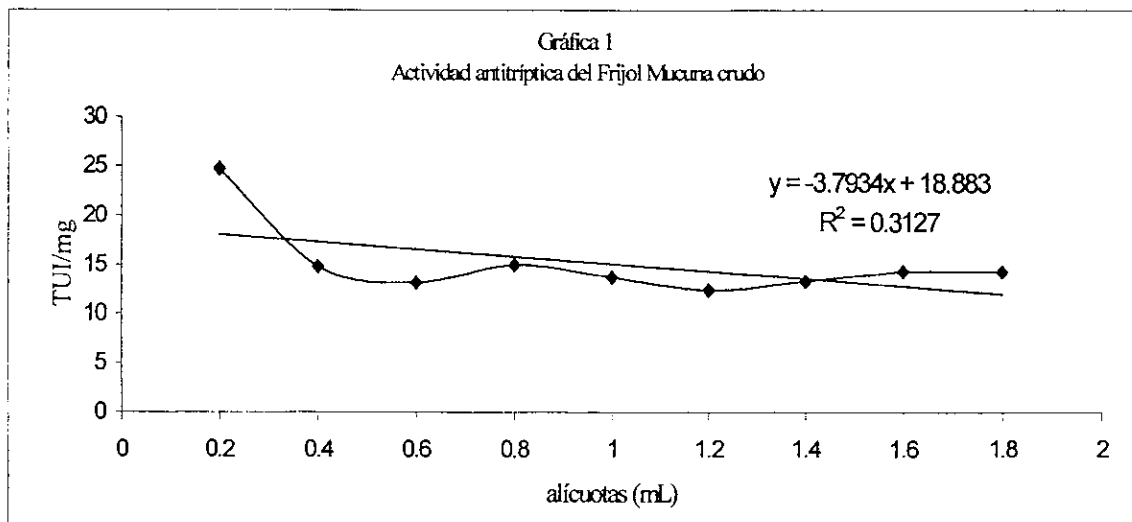
** Análisis postvarianza de Tukey (letras diferentes son significativamente diferentes).

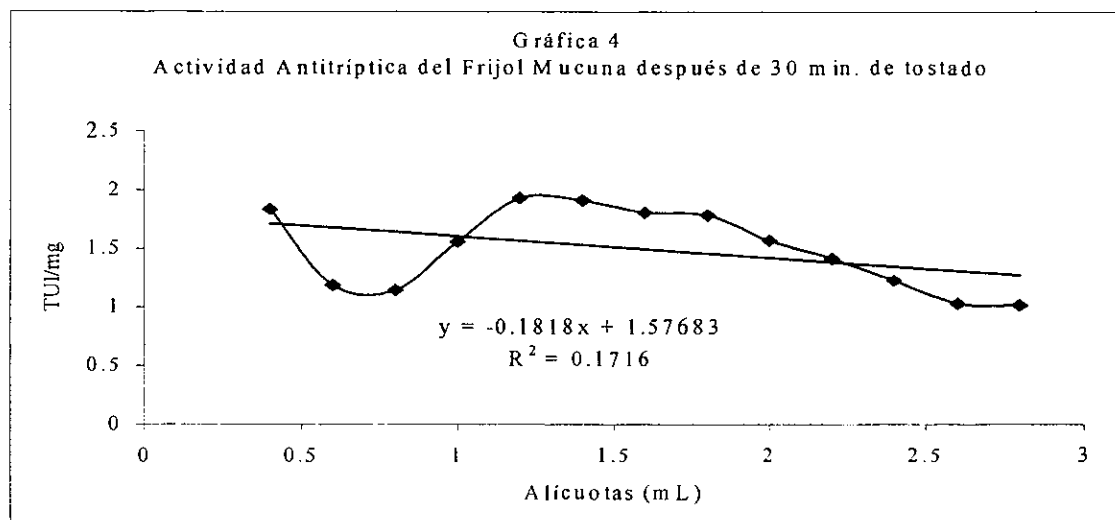
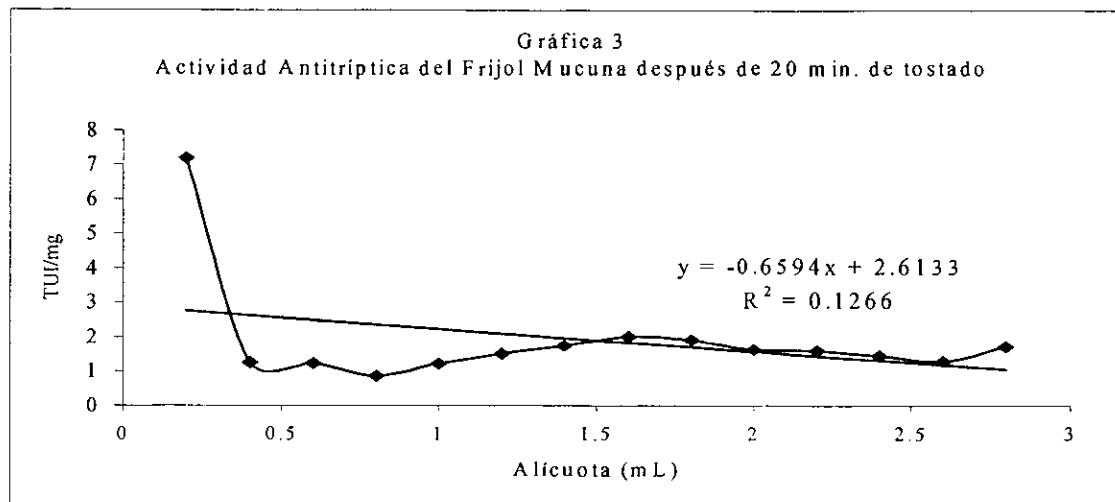
El contenido de Inhibidores de Tripsina también disminuyó, pero en este caso se calculó de dos maneras, la primera extrapolando el valor que se obtiene del comportamiento de la gráfica en relación con todas las alícuotas, y la segunda al hacer un promedio de lo que se obtuvo entre todas las lecturas.

Con ambos métodos hubo una disminución grande del contenido de inhibidores de tripsina. Con el método de extrapolación, en un tiempo de 10 min. de tostado se inhibió desde un 18.90 TUI/mL hasta un 4.70 TUI/mL, siendo una reducción de 75%, y a medida en que aumentaba el tiempo de tostado, incrementaba la eliminación de dicho factor tóxico. Los tres tratamientos fueron significativamente diferentes ($p < 0.05$) en relación con el frijol crudo, aunque entre ellas no hubo significancia a un nivel del 5%. A los 20 y 30 min. de tostado se pudo llegar hasta un 2.61 y 1.58 TUI/mg, siendo esto aproximadamente un 86% y 91% de eliminación, obteniéndose un buen porcentaje de eliminación, comprobándose así que el proceso de tostado sí ayuda a la disminución de este factor tóxico, llevándola hasta un nivel inofensivo.

Como se redujo entre 75% a 90 % de la concentración inicial, se esperaba que se obtuviera una buena digestibilidad y un valor máximo de razón de eficiencia proteica NPR (Badui, 1997 y Mathews, 1989), los cuales se discutirán después. Como se puede observar en

las gráficas, a través de las alícuotas hubo un comportamiento descendente (correlación negativa), el cual era como se esperaba; por lo tanto sí es posible extrapolar el valor a cero.





Con el segundo método, se observó una disminución de contenido en relación con el crudo, pero entre los distintos tiempos de tostado no, así como pasó con el método anterior. La diferencia de este método es que se obtiene como dato final el promedio de todos los datos logrados en cada alícuota. El contenido inicial de inhibidores de tripsina resultó ser más bajo en tres unidades (15.09 TUI/mL) que el dato obtenido con la extrapolación. En los primeros 10 minutos de tostado hubo una eliminación de hasta 79%, y para 20 y 30 minutos de 88 y 90%, respectivamente. Estos valores resultaron ser un poco más bajos que los obtenidos con la gráfica, pero con ésta última se alcanzó un porcentaje de inhibición mayor, aunque no sea grande la diferencia entre éstos dos métodos. En los 10 minutos de tostado hay una diferencia de una unidad y media, entre lo obtenido por la gráfica y con un promedio de alícuotas, siendo

ésta última más pequeña, ocurriendo lo mismo con los demás tratamientos. Se obtuvo una diferencia de 0.8 TUI/mL durante los 20 minutos de tostado, mientras que para 30 minutos se logró únicamente 0.06 unidades de diferencia.

Según Jaffé (1973), el contenido alto de inhibidores de tripsina puede estar relacionado con altos niveles de aminoácidos azufrados en frijoles y por lo tanto son deseables, pues las leguminosas poseen una baja cantidad de dichos aminoácidos como la metionina y la cistina; por lo que se debe evitar una elevada inactivación de inhibidores de tripsina.

Para comparar el comportamiento del tostado con otros procesos, se tiene que en un cocimiento bajo presión a 121°C por 5 min., se obtiene una inactivación del 55%, y si se hace por 30 min. o cociéndolo por 90 min. a presión atmosférica se logra una reducción de TUI del 100% (Bressani, 1993). Con un tostado se tiene una gran ventaja contra una cocción a presión atmosférica, pues se necesitan 90 min. para una destrucción del 100%, mientras que en 30 min. se obtuvo una disminución de un 90%, esperándose que se observe una disminución del 100% en menos tiempo. Mientras que con el cocimiento bajo presión se destruyó una mayor cantidad a 30 min. que con el tostado.

En un estudio con el frijol común (Bressani, 1993), se ha obtenido los siguientes valores de TUI/mg = crudo: 17.3; autoclaveado, 2.4; tostado a 190°C x 20 s, 4.9; y 220°C x 10 s, 3.1. Estas temperaturas de tostado fueron considerablemente mayores que el usado en esta investigación (100-115°C), llegando hasta duplicar la temperatura, aunque el tiempo de residencia fue mucho menor que el usado en esta actividad (10, 20 y 30 min.). Pero a comparación con estos datos, se puede observar que en este caso se pudo llegar a un mayor grado de degradación o disminución, aunque necesitó mayor tiempo pero a una menor temperatura. Durante el proceso se deberá de tomar en cuenta las características sensoriales del grano para que no interfiera la temperatura o el tiempo de tostado.

3. Calidad proteínica:

Tabla 10
Evaluación de la Calidad Proteica

Tiempo de tostado (min.)	Aumento en Peso		Alimento ingerido		NPR ^c		# Ratas ^d muertas
	g/16 días	sd ^a	g/16 días	sd		sd	
0	-10.76	4.20	54.25	20.87	0.57 C ^b	0.78	3/8 : 37.5%
10	-1.11	6.58	75.13	13.89	0.89 B	0.64	0/8
20	4.44	9.04	82.70	17.24	1.43 B	0.99	0/8
30	4.01	2.85	77.60	5.03	1.60 B	0.38	0/8
Caseína	59.43	9.05	154.5	14.86	4.39 A	0.45	0/8

^a sd: desviación estándar

^b Análisis postvarianza Tukey (letras diferentes son significativamente diferente)

^c Razón proteínica neta = Ganancia de peso + pérdida peso grupo DLN / proteína consumida

^d No. Ratas muertas/No. ratas del grupo

En la tabla 10 se muestra el Aumento de Peso, alimento ingerido y la razón proteica neta siendo sus siglas en inglés NPR de cada tratamiento, al igual que la proporción de ratas vivas.

La razón proteica neta relaciona el aumento de peso, el peso perdido por la dieta libre de nitrógeno y la proteína ingerida. Fue hasta los 20 minutos de tostado cuando se observó un aumento de peso, mientras que en la dieta con frijol crudo y con 10 min. de tostado se observó una disminución de peso, habiendo mayor pérdida en el crudo. La pérdida fue debido a la presencia considerable de factores tóxicos como inhibidores de tripsina y L-dopa. Como al frijol crudo no se le hizo un proceso previo, sus condiciones nutricionales fueron las iniciales, demostrándose que dicho frijol sí es tóxico. Además, en este grupo de ocho ratas, se murieron 3, que representó el 37% del grupo. En general, las ratas consumieron una pequeña cantidad de alimento. El grupo que consumió una dieta con harina tostada por 10 min., perdió peso, por lo que tuvo un NPR de 0.89, siendo ésta muy pequeña, comparándola con el valor de caseína que fue de 4.39. A los 20 y 30 minutos de tostado se obtuvo un valor de NPR de 1.43 y 1.60, éstos estuvieron todavía muy bajos a comparación de la dieta con caseína. Se puede observar en la misma tabla que con el análisis de tukey se obtuvo una diferencia significativa entre los tratamientos con la caseína. Entre los tratamientos de tostado no se obtuvo diferencia, solamente con el tratamiento de frijol crudo, que fue cercano a cero (0.57 +/- 0.78). Se puede observar que a medida que aumenta el tiempo de tostado, incrementa el valor de NPR, por lo que se puede hablar de una relación proporcional entre el tiempo de tostado y la calidad proteica.

Según estudios realizados, el proceso de tostado en frijoles comunes, el tiempo y la temperatura óptima para una buena calidad de proteína es por 15 min. a 200°C, pues después comienza a decrecer PER (razón de eficiencia proteica) (Bressani, et al., 1983). En estudios anteriores, se han obtenido valores de NPR 1.60 en lupino y 2.21 en caupí, a 121°C x 30 min. (Bressani y Loayza, 1988). La temperatura de este proceso es mayor, pero el tiempo de tostado es el mismo. Se puede observar que el lupino tiene un valor similar al obtenido en este estudio con 30 minutos de tostado, mientras que el caupí alcanzó un valor más alto que el frijol terciopelo. Los valores de calidad proteínica fueron relativamente bajos, y comparándolos con otros granos, se puede observar que hay granos como el frijol terciopelo, pero también hay

otros de mejor calidad como el caupí.

También hay que tomar en cuenta que la remoción de la cáscara en las muestras tostadas también influyó considerablemente en la biodisponibilidad y el aprovechamiento de los nutrientes, pues la fibra dietética y los taninos son factores negativos nutricionales, los cuales se encuentran en la cáscara del frijol común (Bressani, 1993), como pasó con la muestra cruda de frijol crudo.

También se ha encontrado a una mayor temperatura y menor tiempo de residencia en el proceso de tostado, se obtiene una mayor inactivación. A contrario de esto, se sabe que en la tostado surge un proceso de pardeamiento que causa efectos antinutricionales como la lisina. Como se dijo en los antecedentes, dicho pardeamiento se debe a una reacción de Maillard, en donde grupos amino-carbonilo reaccionan. El aminoácido que participa en dicha reacción es el amino lisina, ya que es el aminoácido que está en su forma básica al estar así más propenso a la reacción. No necesariamente debe observarse un pardeamiento, pero a causa de la reacción de Maillard se produce la reacción de Strecker, la cual contribuye solamente a la pérdida de aminoácidos sin pardeamiento. Por lo tanto se debe controlar el tiempo de tostado para evitar una destrucción de lisina y así aumentar el valor nutricional del alimento (Bressani, 1993).

C. Ensayos Biológicos:

1. Digestibilidad de la proteína:

Tabla 11
Digestibilidad Aparente y Verdadera

Tiempo tostado (min.)	Aparente *		Verdadera**	
	%	Sd	%	Sd
0	61.01 B***	13.05	64.60 C	12.66
10	85.77 A	2.75	89.33 AB	3.14
20	84.82 A	5.08	87.20 B	5.76
30	84.93 A	4.95	88.12 AB	5.15
Caseína	94.31 A	0.96	95.78 AB	0.95
DLN	96.48 A	0.68	100.07 A	0.77

* Digestibilidad aparente = $(N \text{ ingerido} - N \text{ fecal}) / N \text{ ingerido} \times 100$

** Digestibilidad verdadera = $(N \text{ ingerido} - (N \text{ fecal} - N \text{ fecal endógeno})) / N \text{ ingerido} \times 100$

*** Las letras que son diferentes significan que hay diferencia significativa entre ellas según el análisis de Tukey a un nivel de 0.05.

En la tabla 11 se presentan los resultados de digestibilidad aparente y verdadera. Ambas se diferencian en que en la verdadera se hace la corrección del nitrógeno fecal endógeno, es decir, del contenido de nitrógeno que se obtuvo en las heces de las ratas del grupo de *Dieta Libre de Nitrógeno*.

En general, todos los tratamientos mostraron una digestibilidad alta, lo cual contradice con lo que obtuvo Murthey y Urs (1980), quienes encontraron que la digestibilidad decrecía desde 79% a 57% en el proceso de tostado de frijoles. En cambio, en el presente estudio, la que obtuvo un mayor valor a excepción de la caseína y DLN, fue tostado por 10 minutos, obteniéndose un valor de 85.77% de digestibilidad aparente y de 89.33% de digestibilidad verdadera. El valor de digestibilidad aparente fue significativamente diferente ($P < 0.05$) con el tratamiento de harina cruda. La harina cruda obtuvo valores bajos de 61.01% y 64.60% de digestibilidad aparente y verdadera, respectivamente. En la primera se obtuvo un aumento del 40% con el tratamiento de 10 min., mientras que con la segunda se logró un aumento del 38%, siendo éste un aumento más real. Se debe señalar así como se hizo al discutir los valores de NPR, que la harina a los 0 min. de tostado (crudo) tenía cáscara, la cual pudo influir en la digestibilidad.

Nótese que en el tratamiento de 10 minutos de tostado las ratas perdieron peso, y esto se cree que fue por la presencia de un nivel alto de factores tóxicos. A pesar de ello, dicho tratamiento fue el que obtuvo mayor digestibilidad, y una alta absorción de nitrógeno, pues como se puede ver en la tabla 32 y 33 del apéndice, las ratas sí ingirieron alimento, con una cantidad parecida a la del tratamiento de 30 minutos de tostado. Al hablar de una mayor absorción, se concluye que no excretó una cantidad considerada de nitrógeno (0.091 g N), pues no consumió una cantidad de alimento considerable (34.4 g/8días) a comparación con la dieta de caseína. (91.72 g/8días) En cambio, con el tratamiento de 20 minutos se obtuvo un mayor aumento de peso y mayor alimento ingerido (44.82 g/8días), a comparación de los otros dos tiempos de tostado. La causa de una disminución de digestibilidad, siendo el grupo que aumentó más peso y consumió más de la dieta, fue porque se obtuvo mayor contenido de nitrógeno en las heces a causa de un mayor consumo de alimento. En la dieta de 30 minutos subió un poco la digestibilidad pero no fue significativamente diferente, siendo menos de 1% de diferencia entre la dieta de 20 y 30 minutos de tostado. En el tostado de 30 minutos se obtuvo una cantidad de nitrógeno similar al de 10 minutos (0.093 g), habiendo consumido una cantidad similar entre ellas (37.85 g y 34.4 g respectivamente). En éstas hubo un aumento proporcional del contenido de nitrógeno, en cambio en la de 20 minutos sí se encontró más, considerando la proporción de lo encontrado con los otros dos tratamientos.

En la determinación de las digestibilidades mencionadas, se puede observar que la dieta de frijol crudo fue significativamente diferente en relación con los demás tratamientos. Se obtuvo una diferencia de aproximadamente 30% entre el frijol crudo con los tres tratamientos de tostado y se logró una gran diferencia de digestibilidad. Otra causa que ayudó a la digestibilidad, fue la remoción de la cáscara después de haber tostado el frijol. La fibra dietética se encuentra en la cáscara del frijol común, la cual disminuye la biodisponibilidad de los nutrientes en las dietas que tienen baja calidad nutricional, al igual que los taninos (Bressani, 1993).

2. Absorción de L-dopa

Tabla 12
L-dopa absorbida por las ratas en 8 días de ingesta

Tiempo de Tostado	Contenido de L-dopa durante 8 días			Ingesta****	
	L-dopa ingerida (g)	L-dopa en heces (g)	L-dopa absorbida (g)**	mg L-dopa ^a / Kg dieta	mg L-dopa ^b / día
0	0.76 ± 0.17*	0.084 ± 0.005	0.68 ± 0.16 A***	21767.12	95.23
10	0.56 ± 0.15	0.051 ± 0.046	0.51 ± 0.11 AB	14682.46	70.38
20	0.47 ± 0.12	0.050 ± 0.029	0.42 ± 0.10 B	13654.74	59.14
30	0.63 ± 0.079	0.062 ± 0.021	0.57 ± 0.08 AB	16884.96	79.09

* promedio ± desviación estándar

** L-dopa absorbida = ingerida - heces

*** Análisis postvarianza Tukey (letras diferentes son significativamente diferente)

**** Ingesta de la dieta: a. $\frac{\text{mg L-dopa}}{\text{Kg dieta}} = (\text{mg frijol} / 1 \text{ kg dieta}) \times \% \text{ L-dopa en el frijol}$

b. $\text{mg L-dopa/día} = \text{mg L-dopa ingerida en 8 días} / 8$

LD₅₀ = 4000 mg/Kg en ratas (Budavari et al, 1989).

En la tabla 12 se puede observar que aproximadamente se absorbió todo el L-dopa ingerido, pues los rastros de dicho factor tóxico en las heces fue mínima con relación a lo ingerido. La absorción fue bajando hasta los 20 min. de tostado; pero a los 30 min. la cantidad absorbida subió. Como se observó en la tabla 8, hubo una disminución de concentración de L-dopa al aumentar el tiempo de tostado hasta los 20 min; pero después a los 30 minutos hubo un ligero incremento de concentración aunque no fue significativamente diferente. Dicho comportamiento fue el mismo que se observó con las ratas, tanto en la absorción como en la ingesta. Solamente el tratamiento de 0 y 20 min. de tostado son significativamente distintas, habiendo causado una disminución del 38%, aproximadamente. La ingesta se refiere a una relación de los miligramos del compuesto tóxico ingeridos por kilogramo de muestra o dieta.

Todos los valores obtenidos de los distintos tratamiento fueron mayores que la dosis letal al 50% en ratas que es de 4000 mg/Kg (Budavari et al, 1989). Únicamente en la dieta cruda se murió el 37% del grupo (3 de 8 ratas), mientras que en los demás grupos no hubo ninguna mortalidad, a pesar que la ingesta estuvo excesivamente mayor que la dosis letal teórica. Las ratas sí resistieron cantidades altas de L-dopa, y puede ser que con ayuda del valor nutricional que se produjo con el tratamiento, ayudó a un mayor mantenimiento. Con los dopaminérgicos, se tiene que para el inicio del tratamiento se comienza con 100 mg de L-dopa, hasta llegar a 400-800 mg/día dependiendo de estado del paciente (Bonilla, 1990). En el grupo de la dieta de frijol crudo se consumió 95.23 mg diarios, siguiéndole el grupo de la dieta de 30 min. de tostado con 79.10 mg/día, luego el grupo de 10 min. con 70.38 mg/día y finalmente el de 20 min. con 59.14 mg/día. Ninguno de ellos superó la administración inicial de la terapia para los pacientes de Parkinson, pero eso no significa que no haya sido tóxico, pues puede ser que el L-dopa se haya metabolizado en la sangre y no hasta llegar al encéfalo, por lo que pudo haber creado efectos colaterales. Dichos efectos colaterales junto con la alta cantidad de inhibidores de tripsina y presencia de cáscara, fueron factores no favorables para la nutrición y desarrollo de las ratas.

El grupo de ratas con la dieta de frijol crudo no fue precisamente el que consumió mayor cantidad de dieta (ver tabla 34 en apéndice). Como esta tenía mayor cantidad de L-dopa, se obtuvo una mayor absorción, aunque no haya sido el grupo que más consumió. Hay que hacer notar que fue el grupo que más compuesto tóxico consumió y en el que menos se encontró en las heces, obteniéndose una mayor absorción que los demás. También otro factor que hay que tomar en cuenta es que solamente el frijol crudo se dejó entero, o sea, con cáscara, y aún así hubo una mayor absorción de tóxico. Pero esto pudo ayudar en los demás grupos que por ausencia de la cáscara se eliminaron los taninos, la fibra dietética y otros compuestos que disminuyen el valor nutricional del grano (Bressani, 1989). Esto ayudó a aprovechar mejor la proteína y a una mayor sobrevivencia a pesar de una ingesta alta de L-dopa.

D. Contenido de L-Dopa en el líquido de extracción de la infusión:

Tabla 13
Concentración de L-dopa en las extracciones de las distintas infusiones

Tiempo de tostado(min.)	mg L-dopa * g harina	sd**	mg L-dopa mL sol.	sd	mg L-dopa 100 mL sol.	% L-dopa extraído
0	53.54339	0.90	0.32 A***	0.054	32.0	59.76
10	39.21134	1.28	0.41 A	0.009	41.0	100.0
20	39.1017	2.25	0.44 AB	0.070	44.0	100.0
30	46.0288	0.89	0.49 B	0.022	49.0	100.0
LD 50****			4.00			

* contenido de L-dopa en un gramo de harina seca previo a la infusión

** sd: desviación estándar

*** Análisis postvarianza Tukey (letras diferentes son significativamente diferentes)

****LD50 = 4 mg/g en ratas (Budavari et al, 1989).

La dilución se hizo con 2 g de harina (1cdita.) en 200 mL, pero para una mejor presentación de resultados se tomó como base 100 mL, siendo entonces media cdita.=1 g.

En varios países se ha informado que el frijol terciopelo es tostado y molido para dar un producto que llaman comúnmente ²NESCAFÉ. Este producto se consume líquido al hacer una infusión con ella de la misma manera que cuando se prepara un café. El peso de esta harina para una taza de café se calculó más o menos si se agregara una cucharadita, o sea aproximadamente 2 gramos. Esta cantidad fue la apropiada, para que no saliera una bebida ni muy espesa, ni muy diluida.

El contenido de L-dopa en la infusión con harina tostada a 30 minutos fue el único significativamente diferente al tratamiento de 0 y 10 minutos, siendo el de 30 min. el mayor de estos tres. Con el tratamiento de 20 min. de tostado fueron similares, no habiendo diferencia significativa entre ellas.

Comparándolo con el nivel de dosis letal media que es de 4 mg L-dopa/g harina (Budavaris et al, 1989), se puede ver que dichos valores están por debajo del valor teórico, siendo el valor de 30 min. 87% menor que la dosis letal. Este descubrimiento es de gran aporte, ya que en varias regiones se acostumbra tomarse una bebida de este frijol tostado sin darse cuenta si es peligroso o no para su salud. En la tabla 13 se puede observar de una forma detallada la cantidad de L-dopa en un gramo (media cdita.) de harina, contra la cantidad de L-dopa en una dilución de 100 mL. Se observa en la misma tabla que solamente en la muestra de harina cruda se recuperó el 59.76% del contenido de dopa inicial en la harina seca, mientras

²Varias regiones llaman comúnmente a la bebida de frijol Mucuna tostado Nescafé. Este no debe confundirse con la marca registrada de café NESCAFÉ

que en los demás tratamientos se recuperó el 100%. Eso significa que el agua hirviendo ayudó a extraer el contenido de L-dopa en un tiempo relativamente corto. La harina de frijol crudo es la que tiene un mayor contenido de L-dopa, pero es el que menos se extrajo durante la infusión. Esto pudo deberse a la presencia de otras materias como la cáscara que dificultaron dicha acción, pues esta muestra es la que tenía una mayor cantidad del factor tóxico y la que menos se extrajo. Se cree que el calentamiento del agua hizo que el desprendimiento de L-dopa fuera más fácil y así aumentar su solubilidad con el agua. Hay que hacer notar que dicho compuesto es muy soluble en el agua, por lo que no hubo problema en extraerlo. Estos resultados concuerdan con la alta absorción de L-dopa en las ratas y la mínima cantidad encontrada en las heces, al igual que su alta digestibilidad.

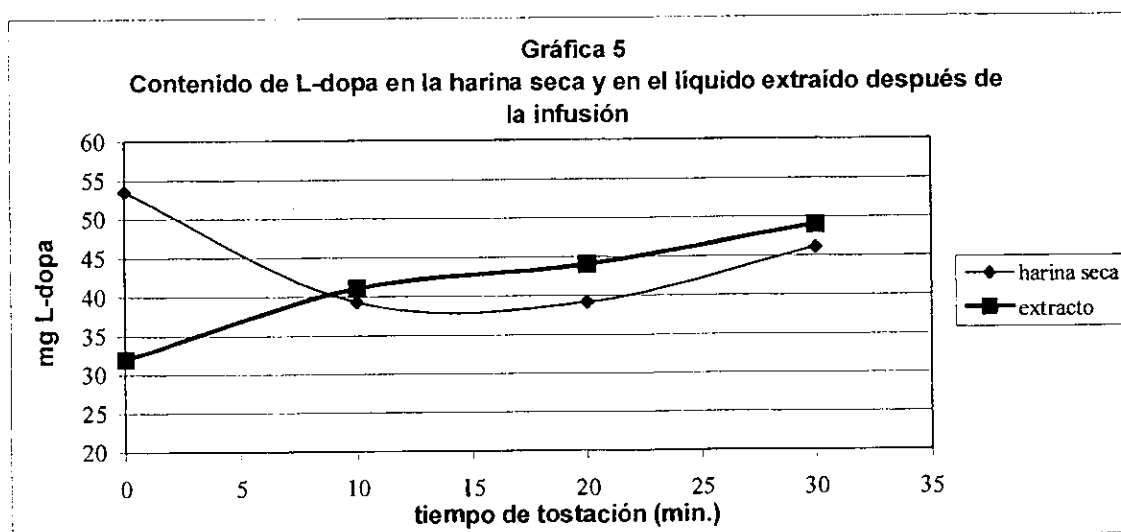
El contenido de dicho factor tóxico se comportó de manera creciente, como se puede observar mejor en la gráfica 5. En ella se observa un periodo constante entre los 10 y 20 minutos, habiendo un mayor aumento entre 0 y 10 minutos, al igual que de 20 a 30 minutos. El aumento entre 0 y 10 min. fue porque no se extrajo totalmente el contenido de L-dopa en la harina cruda, mientras que en los demás tratamientos sí se extrajo. El aumento de 20 a 30 min. es debido a la presencia de un aumento de concentración en el contenido de este factor tóxico en las harinas secas, por lo que se observó el mismo comportamiento en el líquido extraído. Este comportamiento se puede comparar bien con la otra línea de tendencia del contenido de L-dopa en la harina cruda. Aquí se puede observar bien que es a los 20 min. en donde se van uniendo ambas líneas, las cuales siguen la misma tendencia. Dichos valores resultaron un poco mayores, pero hay que tomar en cuenta el amplio rango de desviación o de error. Si se hubiera podido controlar mejor las condiciones, se tendrían datos más exactos y constantes.

Estos cambios no fueron significativos, y el aumento pudo deberse, como se dijo anteriormente, a la presencia de compuestos producidos durante la reacción de Maillard. Estos compuestos pueden ser absorbidos a una longitud de onda de 283 nm, que es donde se detecta también L-dopa, aumentando así su contenido de manera errónea. La deshidratación de la harina durante el tiempo de tostado también pudo afectar en cierto grado, pues llegó a un punto en donde solamente se concentraba más su contenido sin destruirla.

Si se consumiera la harina directamente, se tendría un nivel tóxico, al estar estos valores por arriba de la dosis letal. Pero con una infusión, estos valores disminuyen de una forma sorprendente. Ciertas personas le agregan una mayor cantidad de harina tostada para la preparación de la bebida, pueden ser hasta dos o más cucharaditas que le añadan en total, dependiendo de las costumbres de la persona. Como resultó una mínima concentración con una

cucharadita, es seguro que agregándole otras dos más, todavía está debajo del nivel tóxico. Si se tuviera un comportamiento proporcional, para que llegara a un nivel tóxico, se necesitarían 9 cucharaditas (18 g) de harina con 10 min. de tostado, lo cual es exagerado para una taza de café. Estos valores obtenidos son seguros si no se consumen más de 400 mg por día, aunque esto depende de cada persona (grado de deterioro de neuronas dopaminérgicas, hipersensibilidad, absorción y metabolismo). Es recomendable valorar la cantidad de tazas de café consumidas por día, así como alguna reacción corporal extraña que se observe, ya que cada persona actúa o resiste de una forma diferente. L-dopa es tóxico si se consume a altas cantidades o de una forma incorrecta, pues ésta puede metabolizarse antes de que llegue al cerebro, y cause malestares en el corazón, así como mareos, vómitos u otro tipo de reacción que puede provocar hasta la muerte. Por eso los medicamentos que contienen este factor van acompañados de sustancias que inhiben el metabolismo en la periferia (descarboxilasa) para que asegure su reacción en el cerebro y no en la sangre y así producirse dopamina y se obtenga los resultados esperados.

Como los tres tiempos de tostado llegaron a un nivel menor que el tóxico, la persona puede tostar el frijol como le agrada, pues el sabor, textura, olor y color puede influir en el gusto de ella sin que tenga problemas de salud. Se deberá seguir un estudio más detallado sobre las consecuencias de esta bebida. La observación del comportamiento humano a causa de esta bebida en análisis sensoriales, fisiológicos y nutricionales debe realizarse para obtener un mayor provecho de él.



IX. CONCLUSIONES

1. La concentración de proteína y grasa aumentó a medida que se prolongaba el tiempo de tostado, llegando hasta 27.48% de proteína y 4.27% de grasa para un tiempo de 30 min.
2. Los niveles de inhibidores de tripsina descendieron significativamente con el proceso de tostado de manera lineal; con una disminución desde 79.06 % en 10 min. de tostado hasta 89.93% de inactivación en un tostado de 30 min..
3. Los niveles de L-dopa no disminuyeron significativamente (70% - 87% de retención), ni tampoco estuvieron por debajo de la dosis letal media.
4. La calidad proteínica aumentó conforme ascendía el tiempo de tostado, que llegó hasta un valor de 1.60 para el tostado de 30 min.
5. La digestibilidad de la dieta de frijol crudo fue significativamente menor que la de los tratamientos de tostado, debiéndose a la remoción de cáscara, y disminución de los factores antifisiológicos.
6. La absorción de L-dopa en las ratas fue alta, siendo la mayor en el grupo que consumió dieta cruda, observándose mortalidad solamente en dicho grupo.
7. La concentración de L-dopa en el líquido de las infusiones está por debajo de la dosis letal media.
8. La infusión sirvió para extraer totalmente el contenido de L-dopa en las distintas muestras tostadas.

X. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para un estudio más detallado, la investigación de otras variables como la temperatura de tostado, tiempo de contacto y tamaño de partícula. Para ello, se necesitará de un tostador que pueda controlar más variables y así poder dar información más exacta y fidedigna.
2. Un método analítico para la obtención de L-dopa mejoraría los resultados obtenidos sin tener la duda de la presencia de otros compuestos.
3. Seguir un estudio más detallado sobre las consecuencias de la bebida de frijol tostado, que abarque análisis sensoriales, nutricionales y fisiológicos, así como el comportamiento humano.

XI. BIBLIOGRAFÍA

AOAC Official Methods of Analysis. 1984. 14th ed. Arlington, VA. US

Aguilera, J. M., E. W. Lusas, M. A. Uebersax, y M. E. Zabik. 1982. <<Roasting of navy beans (*Phaseolus vulgaris*) by particle-to-particle heat transfer>>. *Journal of Food Science*. 47: 996-1000.

Badui, S. 1997. *Química de Alimentos*. 3a.ed. Edit. México, D.F., Alhambra, Mexicana, S.A. de C.V., 648 págs.

Baianu, I. 1992. *Physical chemistry of food processes*. Vol 1. New York., AVI book. 368 págs.

Bakker, F. , R. J. Patterson, y C. L. Bedford. 1973. <<Production of instant bean powders. Michigan State University>>. En: *Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods*. Jaffé, W. y J. E. Dutra de Oliveira (Ed.). Caracas, Archivos Latinoamericanos de Nutrición. págs. 121-132

Bonilla, V.1997. *Psicofarmacología*. 4ª. Ed. México. Editorial Trillas. 527 págs.

Brain, K. 1976. <<Accumulation of L-dopa in cultures from *Mucuna pruriens*>>. *Plant Science Letters*. 7:157-161

Bressani, R. , L.G. Elías, M.T. Huevo y J.E. Braham. 1977. <<Estudios sobre la producción de harinas precocidas de frijol y caupí, solos y combinados mediante cocción-deshidratación>>. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 27(2):247-260.

- Bressani, R. , J. E. Braham, y L. G. Elías. 1982. *Effects on nutritional quality of food legumes from chemical changes through processing and storage*. Guatemala, Institute of Nutrition of Central America and Panama (INCAP). 7 págs.
- Bressani, R. 1989. Revisión sobre la calidad del grano de frijol. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 39(3): 419-442
- Bressani, R. 1993. <<Grain quality of common beans>>. *Food Reviews International*. 9(2), 237-297.
- Budavaris, S., M. O'Neil, A. Smith y P. Heckelman. 1989. *The Merck index*. 11 ed. New Jersey, Merck & Co., Inc.
- Cabezas, M., J. García, B. Murillo, L.G. Elías y R. Bressani. 1982. <<Valor nutritivo del frijol caupí crudo y procesado>>. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 31 (3):308-325.
- Clarke, R., R. Macrae. 1985. *Coffe Chemistry*. vol.1. New York, Elsevier Applied Science Publishers LTD. 306 págs.
- Daxenbichler, M., C. H. VanEtten, F. R. Earle, y W. H. Tallent. 1972. <<L-Dopa recovery from Mucuna Seed.>> *J. Agr. Food Chem.*, 20(5): 1046-1047.
- Daxenbichler, M., C. Van Etten, E. Hallinan, F. Earle. 1971. <<Seeds as sources of L-dopa>>. *Journal of medicinal chemistry*. 14(5):463-465.
- de Oliveira, J. Y W. Jaffé. 1973. *Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods*. Caracas, Archivos Latinoamericanos de Nutrición. 325 págs.
- Elías, L., A. García. y R. Bressani. 1986. *Métodos para establecer calidad tecnológica y nutricional del frijol (Phaseolus vulgaris)*. Guatemala, INCAP. 41 págs.
- Eskin, M. 1990. *Biochemistry of Foods*. 2ª. Ed. Academic Press. Sn. Diego. 557 págs.

- Feather, M. 1985. <<Some aspects of the chemistry of nonenzymatic browning (The Maillard reaction). En: *Chemical changes in food processing*. Richardson T. Y J. Finley (Ed.) New York. AVI Publishing Co. Págs. 289-290.
- Freund, J. Y G. Simon. 1992. *Estadística elemental*. 8ª. Ed. Prentice Hall Hispanoamericana, S.A. México. 566 págs.
- Gómez, R. , L. Elías, M. Molina, G. De la Fuente y R. Bressani. 1973. <<Changes in chemical composition and nutritive value of common beans and other legumes during house cooking>>. En: *Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods*. Jaffé, W. y J. E. Dutra de Oliveira (Ed.). Caracas, Archivos Latinoamericanos de Nutrición. Págs. 93-108.
- Harper, J. M. 1981. *Extrusion of foods*. Vol. 1 y 2. Florida, CRC. Press, Inc.
- Hu, R. 1999. Food product design. Pennsylvania, Technomic Publishing Company, Inc. 225 págs.
- Jaffé, W. 1973. <<Toxic Factors in beans. Their practical importance>>. En: *Nutritional aspects of common beans and other legume seeds as animal and human foods*. Jaffé, W. y J. E. Dutra de Oliveira (Ed.). Caracas, Arch. Latinoam. de Nutrición. Págs.199-209.
- Kakade, M., J. J. Rackis, J. E. McGhee y G. Puski. 1974. <<Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure>>. *Cereal Chemistry*. 51:376-382.
- Kay, D. 1979. *Food Legumes*. Tropical Products Institute. London. 435 pp.
- Liu, K. Y P. Markakis. 1989. <<An improved colorimetric method for determining antitryptic activity in soybean products>>. *Cereal Chemistry*. 66 (5):415-422.
- Loayza, C. y R. Bressani. 1988. <<Evaluación de la calidad proteínica de harinas leguminosas obtenidas por tostación en lechos calentados>>. *Arch. Latinoam. Nutr.*, 38 (1) : 152-161
- Mathews, R. 1989. *Legumes chemistry, technology and human nutrition*. New York, Marcel Dekker, Inc. 389 pp.

Menchú, M., H. Méndez, M. Barrera y L. Ortega. 1996. *Tabla de composición de alimentos de Centroamérica*. 1ª. Sección. Oficina Panamericana de la Salud (OPS) e Instituto de Nutrición de Centroamérica y Panamá (INCAP). 98 págs.

Murthy, K. Y K. Urs., 1980. *J. Food Sci. Technol.*, 17, 200

Potter, N. Y J. H. Hotchkiss. 1995. *Food science*. 5ª ed. New York, Chapman & Hall.

Sarason, B. Y B. Sarason. 1996. *Psicología Anormal*. 7ª. México. Ed. Prentice Hall 675 págs.

Singh, P. 1984. *Introduction to food engineering*. 2ª. Ed. Academic Press. San Diego, California. 599 págs.

Valle, P. V. 1986. *Toxicología de Alimentos*. México, D.F., Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Panamericana de Salud y Organización Mundial de la Salud. 218 págs.

Recuperado de internet:

27 de enero 2001 <http://daphne.palomar.edu/wayne/mucuna.htm>

27 de enero 2001 <http://users.lycaeum.org~mulga/cucuna.htm>

15 de diciembre 2001 <http://www.idrc.ca/books/focus/881/chap01.html>

Tsuzuki, G. 1993. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo

XI. APÉNDICE

A. Tablas de datos y análisis estadísticos:

Los análisis estadísticos se dividieron por variables estudiadas. Se presenta de primero la tabla de datos, y después el análisis de varianza y postvarianza de Tukey.

1. Variable: Humedad (%)

Tabla 14
Datos de humedad

<i>Tratam.</i>	<i>BLOQUES</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
0 min.	8.07	8.07	7.88
10 min.	4.48	4.45	4.46
20 min.	4.15	4.44	3.92
30 min.	2.92	1.56	2.27

Análisis de Varianza

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P<F</i>
Tratamientos	3	51.742188	17.24	118.0373	0.000
Bloques	2	0.196808	0.098404	0.6735	0.548
Error	6	0.876709	0.146118		
Total	11	52.815704			

C.V. = 8.093501%

Análisis Postvarianza Tukey

<i>Tratamiento</i>	<i>Media</i>
0 min.	8.01 A
10 min.	4.46 B
20 min.	4.17 B
30 min.	2.25 C

Nivel = 0.05

Tukey = 1.0814

Valores de tablas (0.05) , (0.01) = 4.90 7.03

2. Variable: Proteína (%)

Tabla 15
Datos de proteína

Tratam.	BLOQUES			
	1	2	3	4
0 min.	22.03	22.05	22.34	23.44
10 min.	24.81	24.85	26.96	26.60
20 min.	28.01	27.31	27.28	26.95
30 min.	27.66	27.99	26.26	28.01

Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	F	P<F
Tratamientos	3	65.852539	21.950846	29.7105	0.000
Bloques	3	1.205078	0.401693	0.5437	0.667
Error	9	6.649414	0.738824		
Total	15	73.707031			

C.V. = 3.333602 %

Análisis Postvarianza Tukey

Tratamiento	Media
0 min.	22.47 B
10 min.	25.80 A
20 min.	27.38 A
30 min.	27.48 A

Nivel = 0.05

Tukey = 2.5615

Valores de tablas (0.05) , (0.01) = 4.42 5.96

3. Variable: Nitrógeno (%)

Tabla 16
Datos de Nitrógeno

Tratamiento	BLOQUES			
	1	2	3	4
0 min.	3.53	3.58	3.57	3.75
10 min.	3.97	3.97	4.31	4.25
20 min.	4.48	4.37	4.36	4.31
30 min.	4.42	4.48	4.20	4.48

Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	F	P<F
Tratamientos	3	1.635040	0.545013	29.0653	0.000
Bloques	3	0.027618	0.009206	0.4910	0.700
Error	9	0.168762	0.018751		
Total	15	1.831421			

C.V. = 3.316822 %

Análisis Postvarianza Tukey

<i>Tratamiento</i>	<i>Media</i>
0 min.	3.61 B
10 min.	4.13 A
20 min.	4.38 A
30 min.	4.40 A

Nivel = 0.05

Tukey = 0.3026

Valores de tablas (0.05) , (0.01) = 4.42 5.96

4. Variable: Grasa (%)

Tabla 17
Datos de grasa

<i>Tratam.</i>	<i>BLOQUES</i>		
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
0 min.	3.74	3.89	3.85
10 min.	4.15	4.30	4.23
20 min.	3.82	4.12	7.10
30 min.	4.19	4.27	4.35

Análisis de Varianza

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P<F</i>
Tratamientos	3	0.358627	0.119542	7.7645	0.018
Bloques	2	0.117828	0.058914	3.8266	0.085
Error	6	0.092377	0.015396		
Total	11	0.568832			

C.V. = 3.019005%

Análisis Postvarianza Tukey

<i>Tratamiento</i>	<i>Media</i>
0 min.	3.82 B
10 min.	4.22 A
20 min.	4.11 AB
30 min.	4.27 A

Nivel = 0.05

Tukey = 0.3510

Valores de tablas (0.05) , (0.01) = 4.90 7.03

5. Variable: L-Dopa (%)

Tabla 18
Datos de L-dopa

<i>Tratam.</i>	<i>BLOQUES</i>					
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
0 min.	3.75	3.76	4.08	3.08	4.51	3.54
10 min.	3.77	3.68	3.76	4.11	3.67	3.47
20 min.	4.27	4.62	4.21	4.97	5.06	4.70
30 min.	7.12	4.77	4.24	4.10	4.20	4.47

Análisis de Varianza

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P<F</i>
Tratamientos	3	5.658722	1.886241	3.9060	0.030
Bloques	5	1.404480	0.280896	0.5817	0.716
Error	15	7.243683	0.482912		
Total	23	14.306885			

C.V. = 16.365633%

Análisis Postvarianza Tukey

<i>Tratamiento</i>	<i>Media</i>
0 min.	4.82 A
10 min.	3.79 A
20 min.	3.74 A
30 min.	4.64 A

Nivel = 0.05

Tukey = 1.1575

Valores de tablas (0.05), (0.01) = 4.08 5.25

6. Variable: g L-Dopa/ g Proteína (%)

Tabla 19
Datos de L-dopa/Proteína

<i>Tratam.</i>	<i>BLOQUES</i>					
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
0 min.	0.32	0.22	0.19	0.18	0.19	0.20
10 min.	0.15	0.15	0.16	0.12	0.17	0.13
20 min.	0.14	0.13	0.14	0.15	0.14	0.13
30 min.	0.15	0.17	0.15	0.18	0.19	0.17

Análisis de Varianza

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P<F</i>
Tratamientos	3	0.023251	0.007750	8.2825	0.002
Bloques	5	0.002968	0.000594	0.6343	0.679
Error	15	0.014036	0.000936		
Total	23	0.040255			

C.V. = 18.256340%

Análisis Postvarianza Tukey

<i>Tratamiento</i>	<i>Media</i>
0 min.	0.22 A
10 min.	0.15 B
20 min.	0.14 B
30 min.	0.17 AB

Nivel = 0.05

Tukey = 1.1575

Valores de tablas (0.05), (0.01) = 4.08 5.25

7. Variable: Inhibidores de Tripsina (TUI/mg)

7.1 Por método gráfico (regresión lineal)

Tabla 20
Datos de Inhibidores de Tripsina por método gráfico

Tratam.	BLOQUES					
	1	2	3	4	5	6
0 min.	3.78	25.19	20.46	5.97	45.61	12.36
10 min.	3.78	7.51	2.31	4.98	5.02	4.60
20 min.	3.45	2.24	1.50	1.36	4.30	2.83
30 min.	3.09	2.78	1.04	0.29	1.56	0.70

Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	F	P<F
Tratamientos	3	1172.538574	390.846191	6.7259	0.005
Bloques	5	349.968262	69.993652	1.2045	0.354
Error	15	871.659668	58.110645		
Total	23	2394.166504			

C.V. = 109.742500%

Análisis Postvarianza Tukey

Tratamiento	Media
0 min.	18.8950 A
10 min.	4.7000 B
20 min.	2.6133 B
30 min.	1.5768 B

Nivel = 0.05

Tukey = 12.6973

Valores de tablas (0.05), (0.01) = 4.08 5.25

7.2 Por método de promedio (TUI/mg):

Tabla 21
Datos de Inhibidores de tripsina (promedio)

Tratam.	BLOQUES					
	1	2	3	4	5	6
0 min.	7.46	18.51	12.82	17.00	26.33	8.44
10 min.	1.72	4.32	2.25	2.76	3.30	4.60
20 min.	2.44	1.87	1.36	1.06	2.47	1.76
30 min.	1.79	2.18	1.42	0.86	1.62	1.22

Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	F	P<F
Tratamientos	3	761.086304	253.695435	20.3862	0.000
Bloques	5	71.763367	14.352674	1.1533	0.376
Error	15	186.667297	12.444487		
Total	23	1019.516968			

C.V. = 65.347466%

Análisis Postvarianza Tukey

<i>Tratamiento</i>	<i>Media</i>
0 min.	15.0933 A
10 min.	3.1583 B
20 min.	1.8267 B
30 min.	1.5150 B

Nivel = 0.05

Tukey = 5.8759

Valores de tablas (0.05), (0.01) = 4.08 5.25

8. Variable: NPR

Tabla 22
Datos de NPR

<i>Trata- Miento</i>	<i>BLOQUES</i>							
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>
0 min.	0.56	1.33	0.79	0.16	1.59	0.10	1.12	0.55
10 min.	1.91	1.74	0.26	0.96	0.34	0.40	0.46	1.01
20 min.	0.41	0.33	1.71	2.92	1.81	1.62	1.32	2.02
30 min.	1.87	1.24	1.32	1.90	1.16	1.63	2.24	1.46
Caseína	4.75	4.87	4.52	4.73	3.55	3.92	4.49	4.31

Análisis de Varianza

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P<F</i>
Tratamientos	4	104.460609	26.115152	59.1679	0.000
Bloques	7	4.154861	0.593552	1.3448	0.267
Error	28	12.358459	0.441374		
Total	39	120.973930			

C.V. = 42.898438%

Análisis Postvarianza Tukey

<i>Tratamiento</i>	<i>Media</i>
0 min.	0.57 C
10 min.	0.89 B
20 min.	1.43 B
30 min.	1.60 B
Caseína	4.39 A

Nivel = 0.05

Tukey = 1.1575

Valores de tablas (0.05), (0.01) = 4.12 5.09

9. Variable: Digestibilidad Verdadera (%)

Tabla 23
Datos de digestibilidad verdadera

Tratam.	BLOQUES				
	1	2	3	4	5
0 min.	72.26	58.12	70.18	76.82	45.64
10 min.	84.61	89.38	91.32	93.25	88.10
20 min.	95.73	83.19	86.94	89.92	80.23
30 min.	79.42	96.19	92.38	83.61	88.99
Caseína	96.15	96.71	95.58	96.26	94.21
DLN	99.76	100.13	100.15	99.83	100.48

Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	F	P<F
Tratamientos	5	3773.281250	754.65625	18.2250	0.000
Bloques	4	184.609375	46.152344	1.1146	0.378
Error	20	828.156250	41.407414		
Total	29	4786.046875			

C.V. = 7.352648%

Análisis Postvarianza Tukey

Tratamiento	Media
0 min.	64.60 C
10 min.	89.33 AB
20 min.	87.20 B
30 min.	88.12 AB
Caseína	95.78 AB
DLN	100.07 A

Nivel = 0.05

Tukey = 12.8061

Valores de tablas (0.05), (0.01) = 4.45 5.51

10. Variable: Digestibilidad Aparente (%)

Tabla 24
Datos de digestibilidad aparente

Tratam.	BLOQUES				
	1	2	3	4	5
0 min.	69.47	53.68	66.18	73.82	41.70
10 min.	81.73	57.28	88.48	86.16	85.03
20 min.	91.46	80.24	84.51	87.74	78.38
30 min.	76.53	88.70	92.84	86.34	80.83
Caseína	94.53	85.36	95.38	92.83	93.06
DLN	96.88	96.74	96.42	95.38	97.47

Análisis de Varianza

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P<F</i>
Tratamientos	5	3970.703125	794.140625	21.1331	0.000
Bloques	4	245.765625	61.441406	1.6350	0.204
Error	20	751.562500	37.578125		
Total	29	4968.031250			

C.V. = 7.253534%

Análisis Postvarianza Tukey

<i>Tratamiento</i>	<i>Media</i>
0 min.	61.01 B
10 min.	85.74 A
20 min.	84.46 A
30 min.	85.05 A
Caseína	96.23 A
DLN	96.58 A

Nivel = 0.05

Tukey = 12.1995

Valores de tablas (0.05), (0.01) = 4.45 5.51

11. Variable: L-dopa absorbida (%)

Tabla 25
Datos de L-dopa absorbida

<i>Tratam.</i>	<i>BLOQUES</i>			
	<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
0 min.	0.93	0.58	0.64	0.86
10 min.	0.74	0.51	0.40	0.56
20 min.	0.62	0.46	0.34	0.42
30 min.	0.54	0.72	0.64	0.57

Análisis de Varianza

<i>FV</i>	<i>GL</i>	<i>SC</i>	<i>CM</i>	<i>F</i>	<i>P<F</i>
Tratamientos	3	0.181368	0.060456	4.5207	0.034
Bloques	3	0.086267	0.028756	2.1503	0.164
Error	9	0.120358	0.013373		
Total	15	0.387993			

C.V. = 19.415224 %

Análisis Postvarianza Tukey

<i>Tratamiento</i>	<i>Media</i>
0 min.	0.75 A
10 min.	0.55 AB
20 min.	0.46 B
30 min.	0.62 AB

Nivel = 0.05

Tukey = 0.2556

Valores de tablas (0.05), (0.01) = 4.42 5.96

12. Variable: L-dopa en el líquido extraído de las infusiones (mg/mL)

Tabla 26
Datos de contenido de L-dopa en el líquido extraído de las infusiones

Tratam.	BLOQUES				
	1	2	3	4	5
0 min.	0.36	0.25	0.35	0.36	0.26
10 min.	0.42	0.40	0.41	0.40	0.42
20 min.	0.33	0.41	0.45	0.50	0.51
30 min.	0.46	0.49	0.51	0.57	0.42

Análisis de Varianza

FV	GL	SC	CM	F	P<F
Tratamientos	5	0.080360	0.026787	9.6414	0.002
Bloques	4	0.013780	0.003445	1.2400	0.346
Error	12	0.033340	0.002778		
Total	19	0.127480			

C.V. = 12.731765%

Análisis Postvarianza Tukey

Tratamiento	Media
0 min.	0.32 B
10 min.	0.41 AB
20 min.	0.44 A
30 min.	0.49 A

Nivel = 0.05

Tukey = 0.0990

Valores de tablas (0.05), (0.01) = 4.20 5.50

B. Datos auxiliares de los análisis L-dopa e Inhibidores de Tripsina:

Tabla 27
Curva de Calibración para la determinación de la concentración de L-Dopa en las muestras

Concentraciones (µg/mL)	Absorbancia a 483 nm			Promedio de la Absorbancia corregida
	I	II	III	
Blanco (etanol)	0.008	0.007	0.009	
1.0	0.011	0.011	0.019	0.005
1.5	0.021	0.020	0.029	0.015
2.0	0.025	0.026	0.035	0.020
2.5	0.046	0.046	0.054	0.040
3.0	0.057	0.057	0.065	0.051

Ecuación de la recta: $Y = -0.0206 + 0.0234 X$
Correlación = 0.982257315231

$Y = b + mx$
Covarianza=0.014625

Tabla 28
 Contenido de L-dopa en las harinas de frijol terciopelo con distintos tiempos de tostado

tiempo de tostado	muestra (g)	abs. 283 nm	porcentaje (% p/p)	<i>g L-dopa</i> g Proteína	<i>g L-dopa</i> g Nitrógeno
0 min.	0.2600	1.646	7.12	0.32	2.01
	0.2500	1.095	4.76	0.21	1.35
	0.2500	0.973	4.24	0.19	1.20
	0.2501	0.939	4.10	0.18	1.16
	0.2500	0.962	4.19	0.19	1.18
	0.2500	1.025	4.46	0.20	1.26
10 min.	0.2502	0.858	3.75	0.15	0.94
	0.2502	0.859	3.75	0.15	0.94
	0.2500	0.934	4.07	0.16	1.02
	0.2500	0.700	3.07	0.11	0.72
	0.2502	1.036	4.51	0.17	1.05
	0.2502	0.808	3.54	0.13	0.82
20 min.	0.2500	0.862	3.77	0.14	0.85
	0.2500	0.840	3.68	0.13	0.83
	0.2500	0.860	3.76	0.14	0.85
	0.2502	0.942	4.11	0.15	0.95
	0.2502	0.840	3.67	0.14	0.85
	0.2501	0.792	3.47	0.13	0.80
30 min.	0.2502	0.981	4.27	0.15	0.96
	0.2502	1.061	4.62	0.17	1.04
	0.2505	0.964	4.20	0.15	0.94
	0.2502	1.142	4.97	0.18	1.14
	0.2501	1.163	5.06	0.18	1.16
	0.2500	1.078	4.70	0.17	1.08

Tabla 29
 Contenido de L-dopa en los extractos de las infusiones

Tiempo tostado	g muestra	Abs. 283 nm	$\frac{\text{g L-dopa}}{\text{g muestra}}$	$\frac{\text{mg L-dopa}}{\text{mL sol.}}$
0 min.	2.0000	0.652	0.0359	0.359
	2.0015	0.561	0.0248	0.249
	2.0021	0.808	0.0354	0.354
	2.0030	0.811	0.0355	0.355
	2.0770	0.583	0.0248	0.258
10 min	2.1664	1.940	0.0387	0.419
	2.0839	1.860	0.0386	0.402
	2.0855	1.520	0.0395	0.411
	2.0102	1.480	0.0399	0.401
	2.0000	0.7760	0.0426	0.426
20 min	2.0000	0.599	0.0165	0.331
	2.0190	1.530	0.041	0.414
	2.0425	1.650	0.0437	0.446
	2.0993	1.840	0.0473	0.497
	2.2964	1.880	0.0442	0.508
30 min	1.9152	1.700	0.048	0.460
	2.0000	0.900	0.0492	0.492
	2.0000	0.932	0.0509	0.509
	2.0001	1.040	0.0567	0.567
	2.0048	1.560	0.059	0.422

Tabla 30
 Determinación de la actividad de inhibición de tripsina del frijol *Mucuna spp.* crudo con cáscara

Repeticiones	I		II		III		IV		V		VI		promedio	
	Abs	TUI/mg	Abs	TUI/mg	Abs	TUI/mg	Abs	TUI/mg	Abs	TUI/mg	Abs	TUI/mg	Abs	TUI/mg
Nivel de extracto (mL)														
0	1.062		0.932		1.038		0.924		0.969		0.738		0.943	
0.2	1.040	11.00	0.880	26.00	0.988	25.00	0.918	3.00	0.856	56.50	0.684	27.00	0.893	24.73
0.4	1.054	2.00	0.830	25.50	0.974	16.00	0.894	7.50	0.820	37.25	0.734	1.00	0.8843	14.87
0.6	1.032	5.00	0.816	19.33	0.968	11.70	0.86	10.67	0.810	26.50	0.704	5.67	0.865	13.13
0.8	1.020	5.25	0.784	18.50	0.946	11.50	0.728	24.50	0.778	23.88	0.686	6.50	0.823	15.027
1	1.010	5.20	0.774	15.80	0.932	10.60	0.706	21.80	0.738	23.10	0.680	5.80	0.806	13.71
1.2	0.984	6.50	0.762	14.17	0.868	14.20	0.674	20.83	0.806	13.58	0.677	5.08	0.795	12.39
1.4	0.952	7.86	0.722	15.00	0.902	9.71	0.606	22.71	0.730	17.07	0.634	7.43	0.757	13.30
1.6	0.900	10.12	0.677	15.94	0.890	9.25	0.579	21.56	0.635	20.87	0.606	8.25	0.714	14.33
1.8	0.806	14.22	0.637	16.39	0.904	7.44	0.556	20.44	0.641	18.22	0.571	9.28	0.685	14.33
promedio		7.46		18.51		12.80		17.00		26.33		8.44		15.09
dev. Estand		3.75		4.406		5.24		7.79		13.18		7.34		3.72
Valor extrapolado		3.78		25.20		20.00		5.97		45.61		12.36		18.88

Tabla 31
Determinación de la actividad inhibidora de tripsina del frijol *Mucuna spp.* sin cáscara en los distintos tiempos de tostado

Nivel de extracto del frijol (mL)	Tiempo de tostación del frijol <i>Mucuna spp.</i> sin cáscara					
	10 min		20 min.		30 min.	
	Abs*	TUI/mg**	Abs	TUI/mg	Abs	TUI/mg
0.2	0.991	7.86	0.723	7.5125		
0.4	0.933	3.84	0.793	1.25	0.696	1.83
0.6	0.810	2.85	0.770	1.22	0.627	1.19
0.8	0.797	2.88	0.775	0.85	0.656	1.14
1	0.757	3.31	0.722	1.21	0.73	1.56
1.2	0.646	3.02	0.663	1.50	0.731	1.93
1.4	0.610	3.19	0.599	1.74	0.682	1.91
1.6	0.526	2.96	0.522	2.01	0.651	1.80
1.8	0.495	2.32	0.499	1.91	0.631	1.78
2	0.530	2.03	0.519	1.62	0.611	1.57
2.2	0.538	1.93	0.493	1.59	0.584	1.42
2.4	0.523	1.57	0.496	1.44	0.552	1.22
2.6	0.559	1.57	0.511	1.27	0.540	1.03
2.8	0.538	1.48	0.503	1.71	0.506	1.01
valor extrapolado		5.12		2.98		1.75
promedio		2.91	0.613	1.92	0.630	1.49
desv.est		1.60	0.12	1.63	0.071	0.34

*Abs. = absorbancia a 410 nm Promedio de 6 repeticiones

**Valor promedio TUI/mg de 6 repeticiones

C. Datos de Análisis Biológicos

Tabla 32
Composición de las dietas para los ensayos biológicos

Tipo dieta	0 min.	10 min.	20 min.	30 min.	Caseína	DLN*
Ingrediente						
Caseína, %	-----	-----	-----	-----	11.00	-----
Minerales, %	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
Aceite Vegetal, %	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00
Aceite Bacalao, %	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Frijol, %	45.16	38.74	36.51	36.39	-----	-----
Almidón Matz, %	44.84	51.26	53.49	53.61	79.00	90.00
Total, %	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Sol. Vitaminas, mL	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00

*DLN = Dieta libre de nitrógeno

Tabla 33
Peso, alimento ingerido, aumento de peso y NPR en las ratas durante todo el estudio (16 días)

# Rata	Peso inicial (g)	Peso final (g)	Alimento ingerido (g)			Proteína Ingerida, g	Aumento peso, g	NPR
			1a. Sem.,	2a. Sem.,	Total, g			
Grupo 1 Crudo								
1	50.0	36.9	40.0	43.0	83.0	8.3	-13.1	0.57
2m	44.0	32.0	27.0	Murió	27.0	2.7	-12.0	1.33
3m	44.0	33.0	33.0	Murió	33.0	3.3	-11.0	0.79
4	40.0	32.6	34.0	27.0	61.0	6.1	-7.4	0.16
5	48.0	29.6	33.0	30.0	63.0	6.3	-18.4	1.58
6	44.0	36.3	33.0	40.0	73.0	7.3	-7.7.0	0.096
7	42.0	30.0	32.0	Murió	32.0	3.2	-12.0	1.12
8	40.0	35.0	30.0.0	32.0	62.0	6.2	-5.0	0.55
Grupo 2 Tostado 10 min								
9	50.0	59.0	39.0	52.0	91.0	9.10	9	1.91
10	44.0	53.2	40.0	61.3	101.3	10.13	9.2	1.74
11	44.0	37.5	39.0	34.9	73.9	7.39	-6.5	0.26
12	40.0	38.1	33.0	34.8	67.8	6.78	-1.9	0.96
13	48.0	42.1	38.0	34.5	72.5	7.25	-5.9	0.34
14	44.0	38.2	37.0	27.6	64.6	6.46	-5.8	0.40
15	42.0	36.4	29.0	31.9	60.9	6.09	-5.6	0.46
16	40.0	38.6	30.0	39.0	69.0	6.90	-1.4	1.01
Grupo 3 Tostado 20 min								
17	50.0	44.4	37.0	31.8	68.8	6.88	-5.6	0.41
18	44.0	33.7	32.0	25.1	57.1	5.71	-10.3	-0.333
19	42.0	44.2	27.0	35.1	62.1	6.21	2.2	1.71
20	40.0	57.3	40.0	48	88	8.8	17.3	2.92
21	48.0	56.8	43.0	52.2	95.2	9.52	8.8	1.81
22	44.0	51.1	49.0	46.6	95.6	9.56	7.1	1.62
23	42.0	46.0	39.0	54.9	93.9	9.39	4	1.32
24	40.0	52.0	36.0	64.9	100.9	10.09	12	2.02
Grupo 4 Tostado 30 min.								
25	48.0	54.3	37.0	41.6	78.6	7.86	6.3	1.87
26	44.0	44.9	39.0	35.8	74.8	7.48	0.9	1.24
27	42.0	42.9	38.0	32.6	70.6	7.06	0.9	1.31
28	40.0	45.7	31.0	43.2	74.2	7.42	5.7	1.9
29	48.0	49.6	47.0	39.1	86.1	8.61	1.6	1.16
30	44.0	49.2	44.0	39.3	83.3	8.33	5.2	1.63
31	42.0	50.6	41.0	35.0	76.0	7.60	8.6	2.23
32	40.0	42.9	41.0	36.2	77.2	7.72	2.9	1.46
Grupo 8 Caseína								
57	46.0	116.5	70.0	96	166	16.6	70.5	4.75
58	44.0	112.1	59.0	98.2	157.2	15.72	68.1	4.86
59	42.0	95.9	56.0	81.7	137.7	13.77	53.9	4.52
60	42.0	104.4	57.0	92.7	149.7	14.97	62.4	4.72
61	46.0	98.7	74.0	97.9	171.9	17.19	52.7	3.55
62	44.0	87.5	55.0	77.3	132.3	13.23	43.5	3.92
63	40.0	98.8	57.0	92.7	149.7	14.97	58.8	4.48
64	40.0	105.5	74.0	97.3	171.3	17.13	65.5	4.31

Tabla 34
Digestibilidad aparente y verdadera en los distintos tiempos de tostado

g muestra	HECES				Ingesta N ing 2a semana, g	% digest. aparente	% digest verdadera
	mL HCl tit	% Nitrógeno	Peso total, g	Nitrógeno en heces, g			
Grupo 1 Crudo							
0.2043	8.2	5.62	3.7357	0.21	0.688	69.47	72.26
0.1221	4.7	5.39	0.1425	0.0076	Murió		
0.2019	7.6	5.27	0.2849	0.015	Murió		
0.2013	7.9	5.49	3.6404	0.20	0.432	53.67	58.12
0.2057	8.1	5.51	2.9428	0.16	0.48	66.18	70.18
0.207	8.3	5.61	2.9827	0.16	0.64	73.82	76.82
0.2067	9.5	6.44	0.2887	0.018	Murió		
0.2003	8.6	6.014	4.9466	0.29	0.512	41.89	45.64
Promedio				0.13	0.550	61.012	64.60
Desv. Est.				0.108	0.108	13.055	12.65
Grupo 2 Tostado 10 min							
0.2005	7.65	5.34	2.8156	0.15	0.83	81.91	84.21
0.2002	7.60	5.31	2.3677	0.12	0.98	87.16	89.12
0.2013	7.10	4.94	1.3507	0.06	0.55	88.04	91.48
0.2018	7.00	4.85	2.1148	0.10	0.55	81.54	84.99
0.2	7.40	5.18	1.4744	0.076	0.55	86.15	89.63
0.2004	5.70	3.98	1.2296	0.049	0.44	88.90	93.25
0.2002	6.70	4.68	1.3721	0.064	0.51	87.39	91.15
0.2007	7.00	4.88	1.9123	0.093	0.62	85.03	88.10
Promedio				0.091	0.63	85.77	88.99
Desv. Est.				0.034	0.18	2.75	3.14
Grupo 3 Tostado 20 min							
0.2007	5.1	3.55	1.2007	0.043	0.51	91.60	95.37
0.2008	4.9	3.41	1.0204	0.034	0.40	91.31	96.09
0.2007	7.5	5.23	2.1205	0.11	0.56	80.23	83.65
0.2	9.8	6.86	2.2109	0.15	0.77	80.24	82.73
0.2001	7	4.90	2.7054	0.13	0.83	84.13	86.42
0.2012	8.1	5.63	1.9978	0.11	0.74	84.89	87.46
0.2006	6.5	4.53	2.3722	0.10	0.87	87.74	89.92
0.2003	6.9	4.82	4.6518	0.22	1.03	78.38	80.23
Promedio				0.11	0.71	84.81	87.73
Desv. Est.				0.06	0.21	5.0791	5.76
Grupo 4 Tostado 30 min.							
0.2008	7.7	5.37	2.9078	0.15	0.66	76.53	79.41
0.2041	5.2	3.56	1.1486	0.040	0.57	92.84	96.19
0.2028	5.9	4.07	1.4454	0.058	0.52	88.70	92.38
0.2027	7.5	5.18	2.5558	0.13	0.69	80.83	83.61
0.207	6.1	4.12	2.133	0.08	0.62	85.92	88.99
0.2042	7.4	5.07	1.692	0.085	0.62	86.34	89.39
0.206	6.7	4.55	2.1095	0.096	0.56	82.83	86.26
0.2003	6.4	4.47	1.8904	0.084	0.57	85.39	88.70

g muestra	mL tit.	% N	g heces	g N en heces	N ingerido	% Digesti. Ap	% digest. V
Promedio				0.093	0.60	84.93	88.12
Desv. Est.				0.036	0.057	4.95	5.14
Grupo 8 Caseína							
0.202	3.1	2.14	3.639	0.0782	1.53	94.90	96.15
0.2006	2.6	1.81	3.9028	0.0708	1.50	95.49	96.71
0.2003	3.4	2.37	3.2072	0.0762	1.30	94.16	95.63
0.2007	3.3	2.30	3.7019	0.08525824	1.48	94.25	95.54
0.2004	3.1	2.16	3.4429	0.07459909	1.56	95.23	96.46
0.2017	3.4	2.36	2.8732	0.06783971	1.23	94.51	96.06
0.2012	4.2	2.92	3.6357	0.10630519	1.48	92.83	94.12
0.2003	4	2.79	3.8591	0.10794691	1.55	93.06	94.29
Promedio			3.5327	0.08341	1.46	94.30	95.62
Desv. Est.			0.3470	0.015517	0.12	0.95	0.95
Grupo 9 DLN							
0.2001	1.8	1.26	1.468	0.0184968	0.59	96.88	100.11
0.201	2.3	1.60	1.372	0.02199029	0.47	95.40	99.41
0.2002	2.6	1.81	0.9815	0.01785438	0.54	96.71	100.24
0.2008	2.2	1.53	1.2447	0.01910156	0.59	96.78	100.01
0.2014	2.4	1.66	1.6354	0.02729738	0.69	96.09	98.83
0.2	2.2	1.54	0.7855	0.01210275	0.48	97.47	101.47
0.2008	2.1	1.46	1.3627	0.01996186	0.4704	95.75	99.83
0.2016	2.3	1.59	1.0443	0.01668813	0.512	96.74	100.48
Promedio			1.2367	0.019187	0.5464	96.48	100.05
Desv. Est.			0.2809	0.004358	0.0791035	0.67	0.77

Tabla 35
Absorción de L-dopa en las ratas

Tiempo tostado	Ingesta en 8 días		Ingesta/día	Heces			L-dopa (g) absorbidos
	dieta (g)	L-dopa(g)	mg L-dopa/día	g muestra	absorbancia	g L-dopa	
0 min	43	0.94	117.00	0.2503	0.9	0.089	0.85
	27	0.59	73.46	0.2509	0.822	0.078	0.51
	30	0.65	81.63	0.2513	1.07	0.082	0.57
	40	0.87	108.84	0.2513	1.125	0.087	0.78
Prom	35	0.76	95.23	0.251	0.98	0.084	0.68
Sd	7.70	0.17	20.96	0.0005	0.14	0.0046	0.16
10 min.	52	0.76	95.43	0.2503	1.92	0.12	0.65
	34.8	0.52	63.87	0.25	0.22	0.013	0.50
	27.6	0.40	50.65	0.2504	0.79	0.025	0.38
	39	0.57	71.58	0.2501	1.016	0.051	0.52
Prom	38.35	0.56	70.38	0.2502	0.97	0.052	0.51
Sd	10.24	0.15	18.80	0.0002	0.71	0.046	0.11
20 min.	46.6	0.64	79.54	0.2504	1.43	0.074	0.56
	35.1	0.48	59.91	0.2505	1.345	0.074	0.41
	25.1	0.34	42.84	0.2151	0.58	0.018	0.32

Tiempo	Ingesta en 8 días		Ingesta/día	Heces			L-dopa (g)
	dieta (g)	L-dopa(g)	mg L-dopa/día	g muestra	absorbancia	g L-dopa	absorbidos
<i>tostado</i>							
<i>prom</i>	34.65	0.47	59.14	0.24	1.09	0.050	0.42
<i>sd</i>	8.99	0.12	15.34	0.018	0.38	0.0288	0.09
30 min.	32.6	0.55	68.80	0.24	0.996	0.039	0.51
	43.2	0.73	91.17	0.25	0.752	0.050	0.68
	39.1	0.66	82.52	0.2506	1.45	0.080	0.58
	35	0.59	73.87	0.2507	1.46	0.079	0.51
<i>prom</i>	37.48	0.63	79.09	0.249	1.16	0.063	0.57
<i>sd</i>	4.67	0.079	9.84	0.0038	0.35	0.021	0.079

