



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

**EVALUACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS, REOLÓGICAS
Y SENSORIALES DE TALLARINES FORTIFICADOS CON DERIVADOS
*DE Lupinus mutabilis***

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERO AGROINDUSTRIAL

P R E S E N T A

VERÓNICA SANTOS LÓPEZ

DIRECCIÓN: DRA. NORMA GÜEMES VERA.

ICAP-UAEH

Tulancingo de Bravo Hgo., del 2006.

Esta tesis de Licenciatura ha sido financiada por el proyecto PAI-2006 denominado: **“Estudio del efecto de la adición de derivados de leguminosas sobre las características físicas, químicas, geológicas y sensoriales de espaguetis, galletas y salchichas”**

DEDICATORIAS

A mis padres Max y Reyna porque sin su apoyo, compromiso y cariño jamás hubiera podido llegar hasta aquí. LOS AMO.

A mis suegros Andrés y Cristina porque durante todo este tiempo me brindaron un hogar y su apoyo incondicional en todo momento.

A tí Andrés por todo el cariño, y compañía, que me brindaste en esta etapa de mi vida TÈ QUIERO MUCHO.

A mis hermanos Araceli, Roberto, y Alejandro porque estuvieron conmigo en todo momento y por todo ese ejemplo que me pusieron de que una gran familia puede hacer todo lo que se proponga, pero sobre todo por esos cuatro regalos hermosos que Dios ñes dio, y en todo momento le dan alegría a mi vida:

Yordi, Samara, Jhojan y Nahomi. GRACIAS.

Y a esas personas que de una u otra forma me brindaron su apoyo. Miguel, Miriam y Angélica. GRACIAS

*Y en especial a tí hija hermosa Andrea Nicole que le diste un sentido mas grande a mi vida además porque en los momentos difíciles me brindabas una sonrisa que me daba ánimos para seguir adelante, de hoy en lo adelante todos los logros serán para tí TÈ AMO
CHAPARRITA HERMOSA*

AGRADECIMIENTOS

A Dios por permitirme llegar a esta etapa de mi vida con los logros y las derrotas que han echo de mí una persona capaz de entender que el objetivo de vivir es ser feliz.

A mi Directora de tesis la Dra. Norma Gúemes Vera por todo el apoyo, paciencia, amistad y comprensión que me brindó en todo este tiempo, además del empeño que tuvo para que se culminara satisfactoriamente este trabajo. MUCHAS GRACIAS

A mis asesores M. en C Sergio Soto Semental, Dra. Elía Nora Aquino Bolaños, Dra. Ma. Isabel Reyes Santamaría, M en A. Elizabeth Pérez Soto que contribuyeron grandemente con sus acertados consejos y correcciones en este trabajo.

A Sergio Rubén por el apoyo brindado en la realización de este trabajo.

A mis mejores amigas Adriana, Ángela, Maribel, Maira y Rubí por su compañía en el largo de mi vida y sus experiencias al lado mío.

A ti Maye por ser una luz cuando había mucha oscuridad

Hay dos personas que entraron en mi vida para enseñarme que nunca hay que juzgar a la gente sin antes haberla conocido. Hugo y Alejandro.

Y finalmente a las personas que me brindaron su amistad y compañía durante la carrera. Pao Coko, Brisa, Martha, Baruch, Blancas y demás compañeros.

RESÚMEN

El trigo, (*Triticum aestivum* L.), es un cereal que presenta un contenido de proteína relativamente bajo (11.0-17.0), su perfil de aminoácidos esenciales indica deficiencia de lisina (2.4%) y de treonina (1.7%), por lo cual está ubicado con una calidad proteínica baja. Por el contrario, el *Lupinus mutabilis* representa a una leguminosa como fuente valiosa de proteína (42%) con un valor promedio de lisina de 6.7%. Por milenios, la combinación de un cereal con una leguminosa ha permitido disponer de alimentos para consumo humano, con un balance adecuado de aminoácidos indispensables. El objetivo de éste trabajo, fue elaborar masas con mezclas de harina de trigo (HT), adicionadas con harina (HL), concentrado (CPL) y aislado proteico (APL) de *L. mutabilis*, en niveles que permitieron satisfacer las deficiencias nutritivas de las pastas preparadas con trigo. En este trabajo se evaluaron las propiedades, químicas, reológicas y nutricionales, de las HT, HL, CPL y APL, tomando como referencia la concentración de proteína y aminoácidos de los derivados de *L. mutabilis*, se calcularon las proporciones de fortificación de cada uno y se elaboraron las masas con mezclas de HT adicionando en concentraciones de 5, 10, 15 y 20% de HL, 2.5, 5, 7.5 y 10% de CPL y en el caso de APL 0.5, 1, 2, 3 y 4%. Se realizó la evaluación reológica de las masas fortificadas adicionadas con *L. mutabilis*, de estas pruebas se determinó la fórmula óptima para la elaboración de pastas. El análisis físico-químico de HT, HL, CPL y APL corroboró los resultados descritos en la literatura. Las diferentes pruebas reológicas aplicadas a las masas fortificadas indicaron que la mezcla óptima fue 97-3% para HT-APL. Esta fortificación se vio reflejada en que las masas de harina de trigo al 3% de APL presentaron una dureza, elasticidad y cohesividad similares a la del testigo, ya en los tallarines, se mostró una mejor firmeza en aquellos fortificados con 3% de APL. Los tallarines que tuvieron una cohesividad parecida al testigo fueron los fortificados con 2.5 de CPL. El mejor trabajo de fuerza fue para los tallarines fortificados con el 3% de APL. Las pastas

que presentaron mejores condiciones de extensibilidad fueron las fortificadas con el 5% HL y el 3% de APL.

INDICE

Contenido	Página
RESÚMEN	i
INDIC.	iii
INDICE DE CUADROS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
1 INTRODUCCIÓN	1
2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 Cereales	2
2.2 Usos generales de los cereales	3
2.3 Sistema de clasificación de los cereales	4
2.4 Valor nutritivo de los cereales	4
2.5 Composición química proximal de los cereales.....	6
2.6 Proteínas de los cereales	6
2.7 Proteínas de trigo	7
2.7.1 Calidad de proteína	9
2.7.2 Calidad industrial de las harinas de trigo	10
2.8 Importancia del Lupinus para el consumo humano	11
2.8.1 Composición proximal y valor nutritivo de las leguminosas	13
2.8.2 Otros elementos nutritivos.....	15
2.8.3 Factores no nutricionales	17
2.8.4 Constituyentes termolábiles	17
2.8.5 Constituyentes termoestables	18
2.9 Destoxificación por diferentes fuentes tecnológicas.....	18
2.9.1 Destoxificación por tratamiento térmico y remojo en agua.....	18
2.9.2 Procesos no convencionales	19
2.9.2.1 Destoxificación por la elaboración de concentrados proteicos.....	19

2.9.2.2 Destoxificación por la obtención de aislados proteicos	19
2.9.2.3 Destoxificación por vía química	20
2.9.2.4 Destoxificación por fermentación láctica	20
2.10 Proteínas de las leguminosas	20
2.10.1 Propiedades funcionales de las proteínas de leguminosas.....	22
2.11 Las pastas en la alimentación humana	24
2.12 Utilización de <i>L. mutabilis</i> en la elaboración de pastas (sopas)	24
2.13 Fortificación y enriquecimiento de <i>L. mutabilis</i>	25
2.14 Reología	27
2.14.1 Extensibilidad de la masa	27
2.14. 2 Reología y textura de las masas de harina de trigo	28
2.14.3 Definiciones físicas y sensoriales de atributos de textura.....	29
2.14.4 Fundamentos de las pruebas instrumentales de textura	31
2.14.5 Protocolo de prueba	31
2.14.6 Control de la prueba	32
2.14.7 Registro de datos	32
2.14. 8 Análisis de perfil de textura (APT)	33
2.14.9 Efecto de las condiciones de prueba en los parametros de APT	36
2.14.10 Prueba de adhesividad.....	36
2.14.11 Propiedades texturales de masas	38
2.14.11.1 Influencia del proceso en la textura de la masa	38
3 JUSTIFICACIÓN	41
4 OBJETIVOS	42
4.1 Objetivo general	42
4.2 Objetivos específicos	42
5 MATERIALES Y MÉTODOS	43
5.1 Materia prima	43
5.2 Planteamiento del experimento	43
5.3 Determinación de proteína	45
5.4 Determinación de fibra cruda	47

5.5 Determinación de cenizas	48
5.6 Determinación de grasa por el método de hidrólisis ácida	48
5.7 Determinación de humedad	49
5.8 Obtención de harina destoxificada	49
5.9 Obtención de concentrados proteicos	50
5.10 Obtención de aislados proteicos	50
5.11 Elaboración de las masas de harina de trigo fortificadas con derivados de <i>Lupinus</i>	52
5.12 Metodología para la elaboración de la pasta (Tallarines)	52
5.13 Determinación de color.....	52
5.14 Análisis del perfil de textura.....	54
5.15 Determinación de la firmeza de pastas	54
5.16 Prueba de adhesividad por el método Hosoney.....	55
5.17 Análisis sensorial.....	56
5.18 Análisis estadístico	56
6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	57
6.1 Resultados de la composición proximal de la HL, CPL y APL.....	57
6.2 Análisis de perfil de textura (APT) en masas.....	59
6.3 Extensibilidad (elasticidad) de masas fortificadas con derivados de	
<i>Lupinus</i>	60
6.4 Cohesividad de masas fortificadas con derivados de <i>Lupinus</i>	61
6.5 Adhesividad de masas fortificadas con derivados de <i>Lupinus</i>	62
6.6 Color en masas fortificadas con derivados de <i>Lupinus</i> para la elaboración de tallarines.	63
6.7 Firmeza de tallarines fortificados con derivados de <i>Lupinus</i>	64
6.8 Extensibilidad (elasticidad) de tallarines fortificados con derivados de <i>Lupinus</i>	65
6.9 Cohesividad de tallarines fortificados con derivados de <i>Lupinus</i>	66
6.10 Trabajo de fuerza de tallarines fortificados con derivados de <i>Lupinus</i>	67

6.11 Análisis químico proximal de tallarines fortificados con Aislado Proteico (APL) de <i>Lupinus</i> al 3%.....	68
6.12 Análisis sensorial de tallarines fortificados con Aislado Proteico (APL) de <i>Lupinus</i> al 3%.....	69
7 CONCLUSIONES.....	71
8 RECOMENDACIONES	72
9 BIBLIOGRAFÍA	73
10 ANEXOS	81

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1	Superficie sembrada en México de diferentes cultivos.....	3
Cuadro 2	Distribución porcentual de las fracciones proteicas en los cereales.....	8
Cuadro 3	Clasificación del trigo con base a sus características generales de calidad y uso industrial.....	11
Cuadro 4	Composición proximal de las leguminosas.....	14
Cuadro 5	Composición de aminoácidos indispensables en leguminosas (g/16gn).....	15
Cuadro 6	Composición promedio de vitaminas y minerales en leguminosas.....	16
Cuadro 7	Distribución porcentual de las fracciones proteicas en las leguminosas.	22
Cuadro 8	Propiedades funcionales de las proteínas de leguminosas.....	22
Cuadro 9	Alimentos elaborados con <i>Lupinus</i>	24
Cuadro 10	Formas de reporte de resultados de textura.....	33
Cuadro 11	Mezclas de masas de harina de trigo con derivados de <i>Lupinus</i>	44
Cuadro 12	Condiciones establecidas en el Texturómetro TX- TA2i para las pruebas de firmeza.	55
Cuadro 13	Análisis químico proximal de HT, HL, CPL y APL.....	58
Cuadro 14	Efecto de la proporción de HT- HL, CPL y APL, en la dureza de masas fortificadas.....	60
Cuadro 15	Efecto de la proporción de HT- HL, CPL y APL, en la	

	elasticidad de masas fortificadas.....	61
Cuadro 16	Efecto de la proporción de HT- HL, CPL y APL, en la cohesividad de masas fortificadas.....	62
Cuadro 17	Adhesividad en masas fortificadas con derivados de <i>Lupinus</i> para la elaboración de pastas (tallarines).....	63
Cuadro 18	Efecto de la proporción de HT- HL, CPL y APL, en el color de masas fortificadas para la elaboración de tallarines.....	64
Cuadro 19	Efecto de la proporción de HT- HL, CPL y APL, en la firmeza de tallarines.....	65
Cuadro 20	Efecto de la proporción de HT- HL, CPL y APL, en la extensibilidad (elasticidad) de tallarines.....	66
Cuadro 21	Efecto de la proporción de HT- HL, CPL y APL, en la cohesividad de tallarines fortificados.....	67
Cuadro 22	Efecto de HT- HL, CPL y APL, en el trabajo de fuerza de tallarines.....	68
Cuadro 23	Análisis químico proximal de tallarines fortificados con Aislado Proteico (APL) de <i>Lupinus mutabilis</i> 3%.....	69
Cuadro 24	Porcentaje del análisis sensorial realizado a los tallarines fortificados.	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Estructura de la composición de un grano de trigo.....	2
Figura 2	Diagrama de flujo generalizado sobre los pasos que sufre un cereal desde su cosecha hasta llegar a la boca del consumidor.....	5
Figura 3	Reacción de los aminoácidos con formación de enlace peptídico.....	7
Figura 4	Representación esquemática de gliadinas y gluteninas de la red viscoelástica presente en la masa de panadería.....	9
Figura 5	Distribución de <i>Lupinus</i> en la Republica Mexicana.....	12
Figura 6	Contenido de proteínas en los alimentos expresados en porcentaje.....	13
Figura 7	Curva típica para prueba de ATP	34
Figura 8	Comportamientos típicos de materiales adhesivos.....	38
Figura 9	Diagrama de obtención de concentrado proteico de <i>L. mutabilis</i>	50
Figura 10	Diagrama de obtención de aislado proteico de <i>L. mutabilis</i>	51
Figura 11	Proceso de obtención de la pasta (tallarines).....	53
Figura 12	Cuchilla Blade (A/LK B-F).....	55

1 INTRODUCCIÓN

En la actualidad se discute mucho el problema de la escasez de alimentos, llegando casi siempre a la conclusión que es necesario crear nuevos métodos de producción o mejorar los ya existentes.

Una forma de aumentar la disponibilidad de alimentos, es aprovechando al máximo las fuentes de éstos, que hasta hoy no se ha explotado debidamente, como lo son las leguminosas ya que desafortunadamente existen factores tan fuertes como las costumbres, los hábitos que conducen a una selección a veces equivocada de alimentos y las practicas alimentarias defectuosas (Arroyave, 1975). Cada año se dispone de menos alimentos para satisfacer los requerimientos del rápido crecimiento en países en desarrollo, que cuentan con dos terceras partes de la población mundial y el problema se agudiza (Mendoza, 1996). En México la desnutrición que deteriora la salud y la capacidad física y mental del individuo es un problema importante que afecta por lo menos a la mitad de la población mexicana. Este fenómeno se encuentra tanto en las zonas urbanas como en las rurales. Muchas han sido las alternativas seleccionadas para tratar de solucionar el problema mundial de la desnutrición, sin embargo quedan solo en el intento.

Una de las alternativas que se considera factible debido a que estas tienen un lugar importante en la dieta humana, ya que contienen de dos a tres veces más proteína que los cereales son las leguminosas, tanto para las personas de bajos recursos como para los vegetarianos, ya que son la principal fuente de proteína.

La leguminosa que hasta ahora se ha utilizado más es la soya (Bressani, 1979), sin embargo, se han hecho muchos esfuerzos por encontrar otra fuente de proteína. La promoción de la selección, el cultivo, el procesamiento y la venta en el mercado del *Lupinus* (leguminosa rica en aceite y proteína) representa junto con la soya una posibilidad de contribución a la nutrición humana.

2 REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 Cereales

El fruto de los cereales es denominado botánicamente cariósipide y consta de tres partes anatómicas fundamentales: pericarpio, endospermo y germen.

Hay granos que una vez maduros se liberan desnudos y otros permanecen revestidos con una cubierta protectora constituida por las glumas (lema y palea), residuos florales que se quedan adheridos al grano después de la cosecha. Se consideran frutos desnudos al maíz, sorgo, trigo, centeno, triticale y mijo perla y son prototipos de granos cubiertos el arroz, avena y cebada (Serna, 1996; Hosney, 1995).

El pericarpio es la envoltura real del grano y contiene la mayor parte de la fracción fibrosa. El endospermo es lo más abundante y voluminoso del grano pudiendo llegar hasta 75% del peso total y esta constituido por gránulos de almidón embebidos en una matriz proteica (Figura 1). Los gránulos de almidón pueden ser simples o compuestos. Solamente el arroz y la avena tienen gránulos compuestos. El germen encierra al escutelum y al embrión y contiene principalmente aceite y proteína (Serna, 1996; Hosney, 1995).

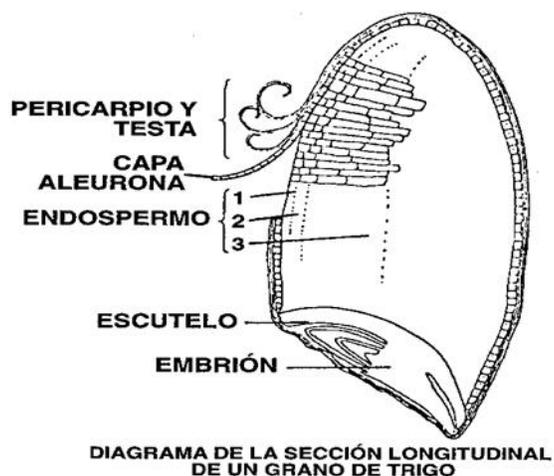


Figura 1. Estructura de la composición de un grano de trigo (Hosney, 1995).

El cereal de más importancia para el pueblo mexicano, así como el de mayor producción, al cual que se destinan más hectáreas de cultivo, es sin lugar a duda el maíz. Aproximadamente 65 % del área cultivada con cereales se destina a este cultivo. Además se calcula que más del 50% de la producción total es de maíz (Serna, 1996; Hosoney, 1995).

El resto de los cereales casi no contribuye con el abastecimiento nacional, aproximadamente 3.5% de las tierras agrícolas para cereales es destinado al cultivo de la cebada, rindiendo 2.5% del total nacional. En el Cuadro 1, se muestran estadísticas a cerca de la superficie sembrada en México de diferentes cultivos y se observa que el maíz ocupa el primer lugar respecto a superficie sembrada con 8 403.6 hectáreas y el trigo el tercer lugar dentro de los granos básicos más cultivados, con 535.1 hectáreas ambos en el año 2004.

Cuadro 1. Superficie sembrada en México de diferentes cultivos (miles de hectáreas).

CULTIVO	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
TOTAL	14,827.5	15,035.0	15,347.8	14,867.7	14,627.8	14,236.5	14,022.2	13,820.5	13,680.4	13,604.1
GRANOS BÁSICOS	12,492.1	11,779.4	12,406.8	11,797.1	11,690.8	11,383.7	11,103.7	11,212.0	10,854.4	10,828.4
Maíz Grano	9,379.6	8,619.0	9,133.1	8,520.6	8,495.9	8,444.8	8,396.9	8,270.9	8,126.8	8,403.6
Frijol	2,353.8	2,195.9	2,319.6	2,376.3	2,495.9	2,129.7	1,952.6	2,228.1	2,048.4	1,822.6
Trigo Grano	908.6	853.1	836.1	790.9	734.2	730.5	696.9	657.9	623.3	535.1
Aroz/Palay	90.2	91.4	118.0	909.2	84.8	87.7	68.4	56.0	63.9	67.1
OLEAGINOSAS	596.3	596.5	552.3	539.9	493.7	346.9	378.2	232.4	350.9	489.7
Soya	150.8	85.5	165.2	900.4	88.4	77.4	75.1	60.2	71.3	96.4
Ajonjolí	42.6	82.2	55.1	61.0	65.0	74.0	75.0	49.5	58.3	59.3
Algodón Semilla	294.5	314.8	214.4	248.6	149.3	80.2	91.9	40.5	62.9	110.0
Cártamo	107.4	144.0	117.6	129.0	190.0	115.3	136.1	82.2	158.4	224.0
OTROS GRANOS	1,840.0	2,659.1	2,388.7	2,539.7	2,449.3	2,505.9	2,540.3	2,376.1	2,475.1	2,285.9
Sorgo Grano	1,584.4	2,344.8	2,123.2	2,199.2	2,142.0	2,162.2	2,212.8	2,029.7	2,101.5	1,953.7
Cebada Grano	255.6	314.4	265.5	331.5	307.3	323.7	327.5	346.4	373.5	332.2

Fuente: Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera
SIAP/SAGARPA (Con datos de SIACON) 2005.

2.2 Usos generales de los cereales

Los cereales desde su cosecha hasta llegar al consumidor son generalmente sujetos a múltiples operaciones o segmentos industriales, entre los cuales

destacan la industria almacenadora, molinos e industrias procesadoras de fracciones de molienda en productos procesados (Figura 2). El uso general de los cereales puede dividirse en tres grandes categorías a) uso del grano entero o decortinado; b) uso de los productos de molienda seca (grits, harinas, etc.) y húmeda (almidón); c) industrialización del grano entero o fracciones de molienda por medio de procesos de panificación, fermentación (bebidas alcohólicas y productos fermentados), transformación del almidón (producción de almidones modificados, edulcorantes o jarabes etc.) y manufactura de botanas y cereales para desayuno (Serna, 1996; Hosney, 1995).

2.3 Sistema de clasificación de los cereales

Existen diversos sistemas de clasificación de los cereales que se emplean en diferentes países del mundo, estos varían en su grado de sofisticación debido a las condiciones de cada región, generalmente en países subdesarrollados. Todavía no existe un método oficial de clasificación, por lo tanto, solo se utilizan pruebas de humedad e inspección visual. Los sistemas se dividen en dos grandes ramas que son la asignación del grado y la clase, el grado se asocia estrechamente con el estado de salud del grano, mientras que la clase con el uso potencial del mismo (Serna, 1996; Hosney, 1995).

2.4 Valor nutritivo de los cereales

Los productos del reino vegetal, principalmente los cereales, proveen a la mayoría de los nutrientes en el mundo. Las estadísticas de 1986-1998 indican que el 85% y el 65% del consumo total de calorías y proteínas respectivamente, lo proporcionan los productos vegetales. Se estima que los cereales aportan más de 50% del total de energía consumida por la población humana, los cuales se caracterizan por poseer buena cantidad y calidad de fibra necesaria para el buen funcionamiento gastrointestinal. Desafortunadamente se considera que los cereales tienen baja calidad proteica ya que el contenido del aminoácido esencial, lisina, requerido para el adecuado crecimiento en niños o



Figura 2. Diagrama de flujo generalizado sobre los pasos que sufre un cereal desde su cosecha hasta llegar a la boca del consumidor (Serna, 1996).

lactantes es limitado, cabe mencionar que el valor proteico nutricional de los cereales es mejorado cuando las dietas se complementan con pequeñas cantidades de leguminosas (frijoles, soya, etc.) o productos del reino animal (leche, carne, huevo). Además de mejorar la calidad proteica, la suplementación mejora significativamente las cantidades y biodisponibilidad de calcio, hierro y otros minerales importantes (Serna, 1996; Hosney, 1995).

2.5 Composición química proximal de los cereales

El principal constituyente de los cereales es el almidón, el cual está incluido en la fracción de Extracto Libre de Nitrógeno (ELN) del análisis proximal, otros carbohidratos o azúcares solubles como los mono, di y oligosacáridos también se incluyen dentro del ELN. El nitrógeno, cuantificado generalmente por el método Kjeldahl, forma parte de las proteínas, que son el segundo constituyente más abundante en el grano. El extracto etéreo está formado por aceite y otros compuestos liposolubles. Los lípidos en el grano se subdividen en polares y no polares y se localizan principalmente en el germen (Serna, 1996; Hosney, 1995). La fracción denominada fibra cruda la constituyen aquellos carbohidratos estructurales que son insolubles. Las glumas, el pericarpio y las paredes celulares del endospermo son ricas en fibra. Las cenizas son todo aquel material inorgánico conformado por minerales. La mayoría de los minerales están asociados con el pericarpio y la capa de aleurona. El endospermo es muy rico en carbohidratos solubles ELN y bajo en cenizas, extracto etéreo y fibra cruda, (Serna, 1996; Hosney, 1995).

El maíz, sorgo, trigo, centeno y el triticale contienen un alto porcentaje de almidón (alrededor de 75%) y un contenido proteico que fluctúa de 8-14%. Los cereales con más alta cantidad de aceite son el mijo perla, el maíz y el sorgo ya que poseen un germen mayor que los otros cereales, (Serna, 1996; Hosney, 1995).

2.6 Proteínas de los cereales

La cantidad de proteína difiere notablemente en los distintos cereales e inclusive dentro del mismo cereal de unas cosechas a otras. Esto es debido a la fuerte interacción entre el genotipo y las condiciones ambientales que prevalecen durante el desarrollo y la maduración del grano, (Serna, 1996; Hosney, 1995).

Los compuestos proteicos del grano se localizan en todos sus tejidos, pero el germen y la capa de aleurona concentran la mayor cantidad de compuestos nitrogenados (Serna, 1996; Hosney, 1995).

Las proteínas son polímeros que se encuentran naturalmente en todos los organismos vivos, están formadas por aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. En la Figura 3 se presenta una fórmula general de dos aminoácidos y como reaccionan para formar el enlace peptídico (Hoseney 1995).

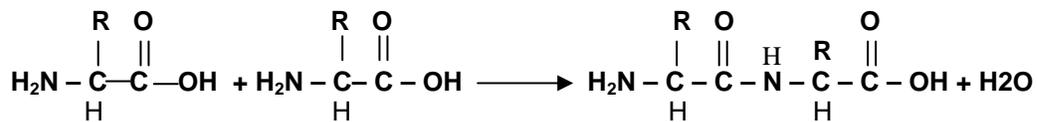


Figura 3. Reacción de los aminoácidos con formación de enlace peptídico (Hoseney, 1995).

2.7 Proteínas de trigo

El contenido de proteína del grano de trigo puede variar entre 9 y 17%, dependiendo de factores genéticos y agentes asociados con el cultivo del cereal (MacRitchie y Lafiandra, 1993). Una propiedad única del trigo es aquella que se manifiesta cuando su proteína insoluble hace contacto con el agua y forma el gluten que confiere visco-elasticidad a la masa de panificación. Por lo tanto, el gluten es el componente del grano de trigo más determinante de la calidad del mismo.

La proteína del gluten representa entre el 78 y 85% de la proteína total del endospermo de trigo y, por lo tanto, las variaciones en el contenido de proteína indican los diferentes valores en la integridad del gluten.

Esta relación está bien establecida y, en consecuencia, cuanto mayor sea el contenido de proteína (y de gluten) mayor será la calidad (fuerza de gluten) de panificación de la variedad. Por esto, el porcentaje de proteína es un factor importante en la comercialización del trigo. La distribución de las proteínas de reserva en los cereales de acuerdo a la solubilidad revela que las prolaminas en trigo son el grupo mayoritario, con cerca del 40-50% y estas son seguidas por las gluteninas del 30-40% como se muestra en el Cuadro 2 (Lambert y Yarwood, 1992).

Cuadro 2. Distribución porcentual de las fracciones proteicas en los cereales.

Cereal	Albúminas %	Globulinas %	Gluteninas %	Prolaminas %
Cebada	3.4	10-20	35-40	35-40
Maíz	2-10	10-20	30-45	50-55
Arroz	2-5	2-8	85-90	1-5
Trigo	5-10	5-10	30-40	40-50

Fuente: Lambert y Yarwood; 1992.

La cantidad de esta, por si sola, no siempre puede explicar las diferencias en las propiedades viscoelásticas de las masas de diferentes variedades. Por lo tanto, la calidad de la proteína del gluten es también un factor determinante (Weegels y col. 1996). La calidad de la proteína del gluten referida como propiedades viscoelásticas o fuerza de gluten depende de dos factores principales: a) la proporción de dos componentes denominados gliadina (proteína que confiere flujo viscoso a la masa) y glutenina (da elasticidad y extensibilidad a la masa), y b) la presencia de unidades específicas de glutenina, conocidas como gluteninas de alto peso molecular (APM) y gluteninas de bajo peso molecular (BPM), que pueden contribuir de manera positiva o negativa a la obtención de gluten fuerte y extensible (MacRitchie, 1999; Pfluger y col. 2001).

Propiedades funcionales de las proteínas del trigo

La propiedad más importante de las gliadinas y las gluteninas es su habilidad para formar gluten, la masa de trigo esta constituida por éste complejo de proteínas.

El gluten está formado por tres fracciones de solubilidad distinta: las gliadinas solubles en alcohol, las gluteninas solubles en soluciones de ácidos débiles diluidos y las gluteninas insolubles o residuo de proteína que son moléculas asimétricas no globulares compactas (Figura 4). En cuanto a su conformación se refiere, las gliadinas y las gluteninas dependen de los enlaces covalentes y no covalentes. Cuando el enlace covalente de la cadena de disulfuro se rompe, se presentan cambios en la viscoelasticidad (Faridi, 1990).

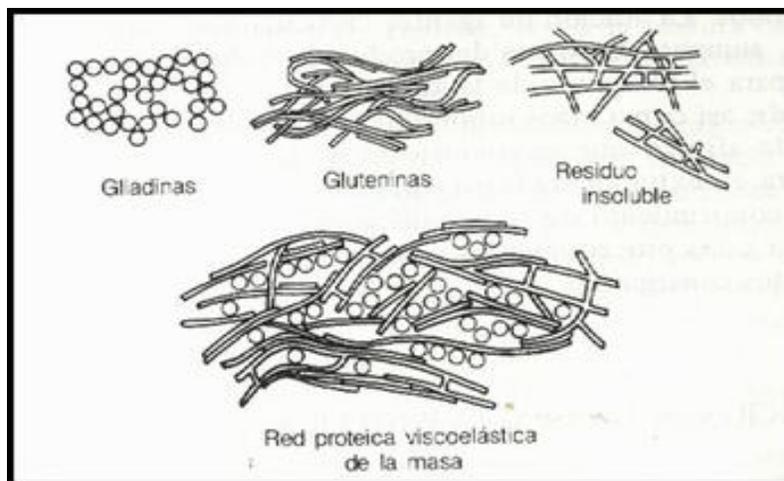


Figura 4. Representación esquemática de gliadinas y gluteninas de la red viscoelástica presente en la masa de panadería.

Fuente: (Utsumi y col; 1996).

2.7.1 Calidad de proteína

La cantidad de proteína, por si sola, no siempre puede explicar las diferencias en las propiedades viscoelásticas de las masa de diferentes variedades. Por lo tanto, la calidad de la proteína del gluten es también un factor determinante (Weegels y col, 1996).

2.7.2 Calidad industrial de las harinas de trigo

La industria que procesa harinas de trigo requiere de variedades con distintos tipos de calidad que satisfagan tanto las demandas de los procesos utilizados como las de los productos a elaborar (Peña y col. 1997).

En México los trigos se clasifican en grupos de acuerdo a la calidad industrial requerida y a los alimentos que se elaboren como son el pan, galletas, pasteles y pastas. Esta categorización, no es normativa y se basa en características de textura del endospermo y de fuerza del gluten (Cuadro 3). Los trigos de gluten fuerte y extensible pertenecen al grupo 1 y son necesarios en los procesos mecanizados de panificación (pan de molde) en los cuales las masas deben tolerar el trabajo intenso al cual son sometidas. Estos trigos son utilizados como mejoradores de trigos de menor fuerza de gluten. Los trigos con gluten medio fuerte y extensible (grupos 1 y 2) son aptos para la producción semi-mecanizada y manual de pan a partir de masas fermentadas (pan blanco, pan de masa hojaldrada y pan dulce, moldeados manualmente y horneado sin molde) y no fermentadas (pan plano como el árabe, tortilla de harina, etc.). Por otro lado, los trigos de endospermo suave (o blando) y gluten débil (grupo 3), son requeridos en la industria galletera y de repostería. Estos trigos deben poseer un contenido de proteína menor que el de los trigos de los grupos 1 y 2. Los trigos de gluten tenaz (poco extensibles), del grupo 4, son indeseables en la industria panificadora, ya que producen masas de panificación que, por el hecho de tener extensibilidad muy limitada, presentan poca tolerancia al sobremezclado, deficiente capacidad de expansión durante la fermentación, el horneado, además tienen pobres características de manejo y moldeado. El trigo cristalino o durum (grupo 5) produce semolina (harina gruesa) de color amarillo y posee un gluten medio fuerte a fuerte y tenaz, adecuado para elaborar pastas alimenticias muy densas y resistentes (Peña y col. 1997).

Cuadro 3. Clasificación del trigo con base a sus características generales de calidad y uso industrial.

Grupo de calidad	Fuerza de gluten	Uso industrial	Observaciones
Grupo 1 (F)	Fuerte/extensible	*Panificación mecanizada *Mejorador de trigos de menor fuerza de gluten	Endospermo duro a semi-duro
Grupo 2 (M)	Medio/extensible	*Panificación manual y semi-mecanizada	Endospermo duro a semi-duro
Grupo 3 (S)	Debil/extensible	*Galletería y repostería *Panificación artesanal	Endospermo suave (blando)
Grupo 4 (T)	Medio/tenaz (poco extensible)	*Algunos productos de repostería	Endospermo duro a semi-duro No panificable
Grupo 5 (C) (T. durum)	Fuerte/tenaz	*Elaboración de pastas alimenticias (espagueti, etc.)	Endospermo muy duro y cristalino No panificable

Fuente: Peña y col., 1997.

2.8 Importancia del Lupinus para el consumo humano

Tanto el agricultor del viejo como del nuevo mundo, reconocieron rápidamente las ventajas del *Lupinus*. Teofrasto, Columella, Plinio y Varro describen las ventajas agronómicas de esta planta rústica, cuya semilla desamargada se utiliza para consumo animal, encontrando también aplicación en el consumo humano (Gross y col., 1983).

Gross y col., 1983 comentan que en culturas como la Chavin (500 a.C.- 200 d.C.), la Nazca (100-800 d.C.) así como la Tiahuanaco (800-100 d.C), se cultivaba y se consumía.

En el imperio Inca, esta planta alcanzó probablemente su último apogeo en los países andinos. Su extensión desde Venezuela hasta el norte de Argentina y Chile confirma que aún hoy en día, a pesar de la conquista española y de las modificaciones que ésta trajo consigo en las costumbres de su cultivo y de su empleo en alimentación, este cultivo existe. Aún en la actualidad se encuentran parcelas de *L. mutabilis*, conocido bajo el nombre de “chocho”, “tarhui” o tarwi en alturas de 2500 hasta 4000 msnm o en forma silvestre en las orillas de caminos y también en los bordes de los campos de maíz, o como protección contra el ganado. Estos cultivos por regla general no sobrepasan la media hectárea. El agricultor andino siembra a menudo el *Lupinus* sin previo abono en la secuencia papa-cebada-lupino (Gross y col., 1983).

En México se han encontrado una gran diversidad de plantas de *Lupinus*, y se reportan alrededor de 32 especies, entre las que se encuentran: *L. elegans*, *L. barkel*, *L. campestris*, *L. montanus*, *L. splendens*, *L. stipulatus*, *L. exaltatus*, *L. hartwegii*, *L. aschenbornii*, *L. rotundiflorus*, *L. mexicanus*, *L. giganteus* y *L. bilineatus*, etc. Distribuidos prácticamente en casi toda la República. En la Figura 5, se muestra la localización de algunas de ellas. Sin embargo, hasta la fecha, no se explota ninguna variedad a nivel intensivo, siendo éstas, variedades silvestres (Juárez, 1991).



Figura 5. Distribución de *Lupinus* en la República Mexicana (Juárez, 1991).

2.8.1 Composición proximal y valor nutritivo de las leguminosas

En la Figura 6 se muestra el contenido proteico de las leguminosas este oscila entre 20-35%, lo que las sitúa entre las fuentes más concentradas de este nutriente, los cereales, de 5 a 12%, las carnes alrededor de 14 a 28%, el huevo 12% y las frutas, las verduras, los tubérculos y la leche entre 0.5 y 13 % (Borgues, 1987; Gatel y Champ, 1998, Kozlowskz y col., 1998).

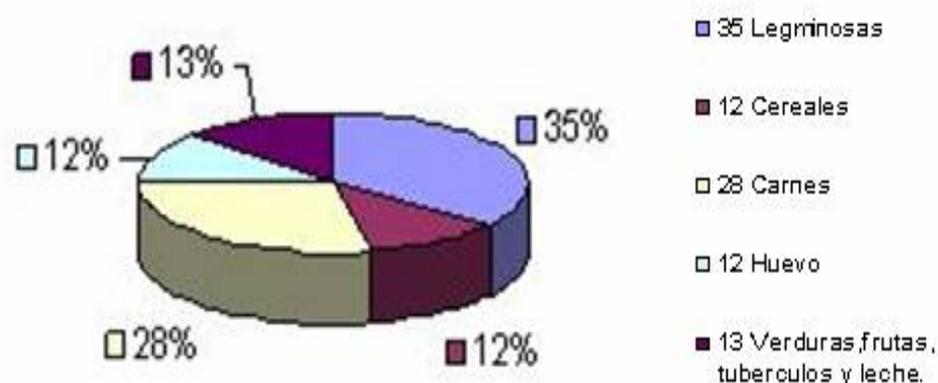


Figura 6. Contenido de proteínas en los alimentos expresados en porcentaje (Borgues, 1987; Gatel y Champ, 1998, Kozlowskz y col., 1998).

En el Cuadro 4 se muestra la composición de distintas leguminosas (Matthews, 1989). De estas la que presenta un mayor contenido de proteínas y fibra es el *Lupinus mutabilis* con un 44.3% y 7.1% respectivamente, el cacahuate es una leguminosa que se caracteriza por su alto porcentaje de grasa. El frijón común, haba y chícharo tienen una alta composición de carbohidratos (43.4%, 61.4%, 60.2% y 62.1% respectivamente).

Cuadro 4. Composición proximal de las leguminosas.

Especie	Proteína (g/100g)	Grasa (g/100g)	CH ₂ O (g/100g)	Fibra (g/100g)	Ceniza (g/100g)
Tarwi (<i>Lupinus mutabilis</i>)	44.3	16.5	28.2	7.1	3.3
Cacahuate (<i>Arachis hipogaea</i>)	25.3	43.4	23.4	3.3	2.5
Soya (<i>Glycine max</i>)	38.0	18.0	31.3	4.8	4.7
Frijol (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	22.1	1.7	61.4	4.2	3.8
Haba (<i>Vicia faba</i>)	23.4	2.0	60.2	7.8	3.4
Chícharo (<i>Pisum sativum</i>)	22.5	1.8	62.1	5.5	2.5

Fuente: Matthews, 1989.

En el Cuadro 5 se presenta el análisis de aminoácidos indispensables para leguminosas como cacahuate, *L. mutabilis*, frijol, soya, chícharo y haba las cuales se comparan con el patrón de FAO/OMS (1991), y en estas se encuentra que el contenido de lisina es menor en el frijol, chícharo y cacahuate, en comparación con el haba, *L. mutabilis*, y la soya, además éstas tres últimas satisfacen los requerimientos del patrón FAO/OMS 1991. También se observa que los aminoácidos azufrados en *L. mutabilis*, (1.4) se encuentran en una menor proporción a lo reportado por la FAO (Robinson, 1991; Jiménez y col., 2001).

Cuadro 5. Composición de aminoácidos indispensables en leguminosas (g/16gn).

Aminoácido	Cacahuete **	<i>L. mutabilis</i> *	Fríjol **	Chícharos **	Haba **	Soya *	Patrón FAO/OMS (1991)
Isoleucina	3.7	4.8	4.3	4.6	4.2	4.6	2.8
Leucina	6.6	7.8	7.4	8.4	7.8	7.7	6.6
Lisina	4.7	6.6	3.0	4.4	5.9	6.2	5.8
Metionina + cisteína	3.1	1.4	2.4	2.0	2.0	2.5	2.5
Fenilalanina +tirosina	7.9	7.2	7.5	8.5	7.3	9.2	6.3
Treonina	3.2	2.9	3.9	4.0	3.5	4.2	3.4
Triptófano	1.2	0.9	1.0	1.1	1.0	1.3	1.1
Valina	3.7	4.9	4.8	4.5	4.8	4.9	3.5

Fuente: ** Robinson, 1991; * Jiménez y col., 2001.

2.8.2 Otros elementos nutritivos

Las semillas secas de las leguminosas son, en general buenas fuentes de minerales y vitaminas (Cuadro 6). Comúnmente, suministran fósforo (Charley, 1995) y el contenido de este varía entre 250 y 400 mg (Borgues, 1987). Este contenido de fósforo es superior a los requerimientos diarios en infantes que son de 100 mg/día (Anónimo, 2001). El aporte de calcio oscila entre 200 mg (fríjol) y el hierro se encuentra entre 5.0 y 6.7 mg debido a éstas proporciones se les considera buenas fuentes de calcio y hierro. La mayoría de las leguminosas aportan, por cada 100 g entre 0.5 y 1.0 mg de tiamina, de 0.1 a 0.5 mg de riboflavina y alrededor de 3.0 mg de niacina, en tanto que su contenido de vitamina C es virtualmente cero en algunas leguminosas, (Borgues, 1987; Charley, 1995).

Ríos (1995) hace una descripción en el Cuadro 6 del contenido de calcio, hierro, vitamina A, tiamina, riboflavina, niacina y vitamina C de leguminosas, en el *L. mutabilis*, cacahuate, soya, frijol, chícharo y haba. Y se muestra que el cacahuate cubre los requerimientos de calcio (21mg/100g) en infantes (Anónimo, 2001); el *L. mutabilis*, soya y frijol son buenas fuentes de hierro. La soya tiene una cantidad de tiamina que satisface los requerimientos de adultos; en cuanto al contenido de riboflavina *L. mutabilis*, cumple con lo necesario para los infantes y lo que se refiere a la niacina el cacahuate es una buena fuente.

Cuadro 6. Composición promedio de vitaminas y minerales en leguminosas.

Leguminosas	Calcio ** (mg/ 100g)	Hierro ** (mg/ 100g)	Vitamina A ** (mg/ 100g)	Tiamina ** (mg/ 100g)	Riboflavina ** (mg/ 100g)	Niacina ** (mg/ 100g)	Vitamina C ** (mg/ 100g)	Fósforo * (mg/ 100g)
<i>Lupinus mutabilis</i> (Tarwi)	90	6.3	Trazas	0.28	0.50	2.6	-----	425
<i>Arachis Hipogaea</i> (cacahuate)	52	1.9	30	0.84	0.12	16.0	Trazas	407
<i>Glycyne max</i> (soya)	208	6.5	140	1.03	0.30	2.1	Trazas	554
<i>Phaseolus Vulgaris</i> (fríjol común)	137	6.7	30	0.54	0.18	2.1	3	457
<i>Pisum sativum</i> (chícharo)	64	4.8	100	0.72	0.15	2.4	4	268
<i>Vicia faba</i> (haba)	90	3.6	100	0.54	0.29	2.3	4	-----

Fuente: * Charley, 1995; **Ríos, 1995.

2.8.3 Factores no nutricionales

De acuerdo a Aykoryd, 1982; Gatel y Champ, 1998; Kozlowskz y col., 1998 todos los alimentos contienen una o varias sustancias que, examinadas en forma aislada, pueden considerarse como tóxicos. Cabe mencionar que el término “toxico” se utiliza para definir “cualquier respuesta fisiológica desfavorable producida en el hombre o en los animales por determinado alimento o sustancia derivada de el”, Borgues, 1987 discute que algunas de éstas sustancias son inherentes al producto y por tanto inevitables, mientras que otras son contaminantes cuya presencia accidental se puede prevenir.

De acuerdo con ésta afirmación, se diría que comer es un acto de alto riesgo, y sin embargo nuestra especie no sólo ha sobrevivido miles de años, sino que ha progresado al grado de alcanzar una mejor salud cada día. La razón es debido a que la toxicidad de una sustancia ésta en función de la cantidad ingerida y de la sensibilidad de los consumidores; además, muchos de estos compuestos pierden su actividad cuando son sometidos al efecto del calor u otros tratamientos culinarios. La toxicidad debe, entonces, valorarse siempre considerando las cantidades y formas de consumo de los alimentos (Borgues, 1987; Aguilera, 1993).

Según Cubero, 1983, las leguminosas contienen una vasta serie de elementos con efectos negativos sobre su valor nutritivo. Algunos son termolábiles, desapareciendo tras un adecuado tratamiento térmico otros son termoestables, y se eliminan o reducen por lavado.

2.8.4 Constituyentes termolábiles

- ✚ Inhibidores de tripsina (Aykoryd, 1982).
- ✚ Goitrógenos (Rodríguez, 1985).
- ✚ Lectinas (Borgues, 1987).
- ✚ Antivitaminas y componentes que se unen a los metales (Aykoryd,1982).
- ✚ Glucósidos cianogénicos (Aykoryd,1982).

2.8.5 Constituyentes termoestables

- ✚ Alcaloides (Bressani, 1979).
- ✚ Saponinas (Aykoryd,1982).
- ✚ Factores que causan flatulencia (Cubero, 1983).
- ✚ Taninos (Aykoryd,1982).

Para el aprovechamiento de las semillas de leguminosas como el *L. mutabilis* que tienen los componentes anteriormente mencionados es necesario reducir el contenido de los factores no nutricionales por debajo de los niveles de perceptibilidad sensorial y de toxicidad. La destoxificación, es una técnica fácil de aplicar con la finalidad de eliminar tanto los compuestos tóxicos como a los factores no nutricionales, que permita aprovechar el valor nutritivo de *L. mutabilis*. Esta se puede realizar por diferentes métodos tecnológicos, los cuales se fundamentan principalmente en la extracción de los alcaloides con base en su solubilidad, oligosacaridos y compuestos fenólicos. Los alcaloides se encuentran en la semilla principalmente en forma de sales y solo una pequeña parte como bases, por lo que su extracción; cuando están como sales, resulta más fácil conforme sea el disolvente más polar, de aquí, que el agua sea el líquido más apropiado para su extracción (Duque, 1995; Jiménez y col., 2001).

Entre los procesos tecnológicos más conocidos se tienen los siguientes:

2.9 Destoxificación por diferentes fuentes tecnológicas

2.9.1 Destoxificación por tratamiento térmico y remojo en agua

Este proceso tecnológico de destoxificación por tratamiento térmico es el más ampliamente empleado, con un rendimiento adecuado, el cual se ha utilizado desde la época preincaica y aún todavía se practica. Existen varios procedimientos, pero todos ellos tienen el mismo principio, basado en la solubilidad de los alcaloides en agua, siendo los siguientes:

Después de una limpieza la semilla se cuece a ebullición por 45 min y la extracción de los alcaloides se realiza cuando la semilla cocida, se somete a un proceso de flujo continuo en agua por un periodo de 3-4 días (Acuña y Ormaza, 2001; Duque, 1995).

La semilla partida y desengrasada, se cubre de agua en una olla y se calienta a 90°C/30 m, posteriormente se coloca en un recipiente perforado a chorro de agua fría por 72 h (Acuña y Ormaza, 2001; Duque, 1995).

2.9.2 Procesos no convencionales

2.9.2.1 Destoxificación por la elaboración de concentrados proteicos

Esta consiste en usar soluciones de alcohol isopropílico, al 60 y 80%, y se aplica una agitación continua de 1 h los concentrados proteicos resultantes son productos más refinados que las harinas y contienen un mayor porcentaje de proteínas (70%), durante su elaboración se elimina la mitad de los hidratos de carbono y algunos otros componentes de menor importancia (Fleming y Sosulski, 1977; Onayemi y Lorenz, 1978; Anantharaman y Finot, 1993; Fernandez y col., 1993).

2.9.2.2 Destoxificación por la obtención de aislados proteicos

Esta se basa en desgrasar la harina de *L. mutabilis*, a la cual no se le aplicó ningún tratamiento térmico, en seguida se le somete a esta a un tratamiento con NaOH al 0.1N y HCl de 0.1N, para posteriormente liofilizarla. Estos aislados proteicos se caracterizan por presentar el 90% o más de proteína y se obtienen a partir de los concentrados al eliminarles los polisacáridos, los oligosacáridos y otros constituyentes (Onayemi y Lorenz, 1978, Fernandez y col., 1993; Friedman, 1999). Al igual que los concentrados, los diferentes aislados comerciales tienen aproximadamente el mismo valor nutricional; sin embargo, sus propiedades físicas pueden ser diferentes. Los aislados proteicos comerciales varían en cuanto a sus

propiedades funcionales, y se usan como ingredientes en la elaboración de diferentes alimentos.

2.9.2.3 Destoxificación por vía química

Este método se basa en la transformación de los alcaloides hidrosolubles en componentes liposolubles mediante la gasificación con óxido de etileno. De esta forma los alcaloides pueden ser extraídos en la fase lipídica con una mezcla azeotrópica constituida por etanol-hexano-agua en la proporción de 75:15:10 y agitando la muestra en medio alcalino. El aceite no sufre alteración en su calidad y la torta obtenida tiene un contenido de alcaloides menor de 0.04%. Este proceso tiene la desventaja de que el óxido de etileno es sumamente tóxico y explosivo (Torres y col. 1980).

2.9.2.4 Destoxificación por fermentación láctica

La aplicación de la fermentación láctica mejora el valor nutritivo de éstos productos, incrementándose la concentración de riboflavina, con ligeros cambios en lisina y metionina, no se afecta significativamente la relación neta proteica ni la digestibilidad, reduciéndose en cambio el contenido de oligosacáridos y alcaloides (Duque, 1995; Jiménez y col., 2001).

Los procesos referidos son utilizados para la obtención de productos que son para consumo humano. Los contenidos nutritivos de las harinas, concentrados y aislados está relacionado principalmente con las proteínas de reserva que los constituye.

2.10 Proteínas de las leguminosas

Las leguminosas constituyen una de las fuentes de nutrientes más ricas, con un contenido de proteína en la semilla de 23-36% y la mayor parte de esta proteína es de reserva y tiene limitada actividad enzimática, siendo el proveedor más

simple de aminoácidos, de nitrógeno y de esqueletos de carbono en el desarrollo de la planta. Las albúminas y globulinas están depositados en los cuerpos proteicos del grano; contienen altos niveles de aminoácidos amídicos (glutamina y asparagina) así como de arginina y son deficientes en otros como la metionina. Las proteínas solubles en soluciones salinas son conocidas como globulinas y son las que se encuentran en mayor proporción en las leguminosas. Entre sus propiedades físico-químicas importantes están su tamaño, su contenido de aminoácidos, su contenido de azúcar, y conformación, característica principal que se da en fracciones tales como los trímeros (globulinas 7S) y los hexámeros (globulinas tipo 11S).

Las albúminas incluyen moléculas que poseen propiedades funcionales y las enzimas que metabolizan las sustancias almacenadas en la semilla, como por ejemplo las glicosidasas y las proteasas, que juegan un papel importante en la degradación proteínica durante la germinación. Otros componentes de las albúminas tienen una función principal en la defensa de la planta como son los inhibidores de tripsina y las lectinas. Una función de proteína de reserva de las albúminas de tipo 2S es la de proveer azufre durante la germinación. En la mayoría de las semillas de leguminosas las albúminas son una fuente principal de lisina y de aminoácidos azufrados principalmente metionina (Guéguen y Cerletti, 1994; El-Adaway y col., 2001; Mavrakakis y col; 2003).

Las globulinas son clasificadas en dos tipos según su coeficiente de sedimentación: globulinas 7S constituidas de trímeros y globulinas 11S conformadas por hexámeros, ambos grupos presentan considerables variaciones en sus estructuras, el contenido de azufre en las globulinas 11S (18aa/1000res) es más alto que el de las 7S, (3aa/1000res) (Shewry y Tatham, 1990).

La distribución de las fracciones de proteínas en las leguminosas de acuerdo a la solubilidad revela que las globulinas son el grupo mayoritario, con cerca del 60% en el frijol, un 87% en el lupino y un 90% en la soya como se muestra en el Cuadro 7 (Lambert y Yarwood 1992).

Cuadro 7. Distribución porcentual de las fracciones proteicas en las leguminosas.

Leguminosas	Albúminas	Globulinas	Prolaminas	Gluteninas
	%	%	%	%
Frijol	20	60	--	15
Soya	10	90	--	0
Lupino	5-13	87	--	0

Fuentes: Lambert y Yarwood, 1992.

2.10.1 Propiedades funcionales de las proteínas de leguminosas

Debido a que las leguminosas se encuentran conformadas en su mayoría por proteínas de reserva, estas presentan propiedades funcionales importantes (Cuadro 8) (Kinsella, 1979), que permitan utilizar a las leguminosas en la elaboración de diferentes alimentos procesados como productos cárnicos, salsas, panes, pasteles y sopas, a los cuales les proporciona propiedades específicas de sabor, textura y una mayor absorción de agua.

Cuadro 8. Propiedades funcionales de las proteínas de leguminosas.

Funcionalidad	Acción	Alimento	Producto
Absorción de agua	Puentes de hidrogeno	Carnes, salsas, panes, pasteles	H ¹ , C ²
Viscosidad	Atrapamiento de H ₂ O	Sopas	H ¹ , C ² y A ³
Cohesión-adhesión	Adhesividad de proteínas	Carnes, salsas, pasteles y pastas	H ¹ , C ² y A ³
Elasticidad	Puentes de disulfuro	Carnes y pasteles	A ³
Espuma	Películas estables en el atrapamiento de gas	Pasteles	H ¹ y A ³
Sabor	Mejorador	Panes	H ¹ , C ² y A ³

¹ = Harina ² = Concentrado ³ = Aislado Fuente: Kinsella, 1979.

Como se observa en el Cuadro 8 dentro de las principales propiedades funcionales que confieren las leguminosas a los alimentos son las características de viscosidad, cohesión-adhesión y elasticidad que son particularidades que tienen una relación estrecha con la reología en masas de harina de trigo.

El *Lupinus* puede utilizarse en la alimentación humana como grano entero o bien en fracciones (Ballester, 1980). Se han hecho muchas investigaciones con el fin de encontrar nuevas formas para su consumo, y se han elaborado una importante variedad de alimentos con muy buenas características sensoriales, sin embargo, ninguna de estos productos ha tenido auge en el mercado. Se espera que en un futuro, así como se ha abierto el mercado para los productos derivados de la soya, también suceda con el *Lupinus*, pues se ha visto que la cultura de utilización de fuentes alimenticias vegetales va mejorando. Las especies y la composición del *Lupinus*, pueden ser un punto importante para el desarrollo de más productos y su introducción al gusto del consumidor (Yáñez y col., 1979, Campos; 1987, Camacho; 1989).

Existen como ya se dijo, diversos productos de *Lupinus*, que se han elaborado con las técnicas utilizadas para la soya con iguales o incluso mejores resultados. La harina de *Lupinus*, se utiliza para enriquecer o suplementar productos de panadería, alimentos infantiles, sustitutos de leche, reemplazadores o extensores de carne, etc. (Cuadro 9), se ha observado que la estructura y el sabor de estos productos mejora notablemente más que cuando se adiciona soya. Se han hecho fortificaciones agregando un 5-10% en donas, 10% en bizcochos, 35% o más en pastas (Camacho, 1989).

Cuadro 9. Alimentos elaborados con *Lupinus*.

Tipo de productos	Ejemplo
Productos de panadería	Rollos, pasteles, bizcochos, pasta para sopa, cereales para desayuno.
Alimentos infantiles	Diferentes para cada edad
Análogos	De leche, de yogurt, de queso y de alimentos fermentados orientales.
Reemplazadores o extensores de carne	Embutidos.

Fuente: (Camacho, 1989; Ivanovic, 1983; Yañez, y col., 1979, Kyle, 1995).

2.11 Las pastas en la alimentación humana

Las pastas son productos no leudados generalmente manufacturados a partir de semolina de trigos durumms o cristalinos o harinas de trigo suave u otros cereales.

Las pastas elaboradas a partir de semolina, se consume principalmente en Europa y América, ya que han formado parte de la dieta por más de 1000 años.

Los trigos durumms generalmente producen semolina de color amarillo (alta en carotenoides) o ámbar, que posee un gluten tenaz pero poco elástico. Para la producción de pastas, la semolina es hidratada, amasada, formada y cuidadosamente secada para formar el producto terminado que posee una prolongada vida de almacén. Los orígenes de este tipo de alimento preparado se remota al año 1200 d C en Italia. Existen básicamente dos maneras de procesar pastas: pastas prensadas/troqueladas y pastas manufacturadas vía extrusión en frío.

2.12 Utilización de *L. mutabilis* en la elaboración de pastas (sopas)

Diversas investigaciones han mostrado que el uso de harina de *Lupinus* es cada vez mas frecuente en los productos elaborados con base en cereales. (Wittig y col., 1987; Aguilera, 1993; Mohamed y Rayas, 1995; Dervas, 1999; Anónimo,

2002; Mavrakis y col. 2003; Urade y col. 2003; Clark y Johnson; 2003). El color amarillo de la harina de *L. mutabilis* se ha considerado como un recurso de gran valor para los productos batidos y las pastas. El número de personas que consumen las harinas de *L. mutabilis* va en aumento y encuentran que estas proporcionan textura, sabor y frecuentemente color (Wittig y col., 1987; Aguilera, 1993; Mohamed y Rayas, 1995; Petterson y col. 1997; Dervas,,1999; Anónimo 2002; Mavrakis y col. 2003; Urade y col. 2003; Clark y Jonson; 2003). En investigaciones recientes (Anónimo, 2002; Mavrakis y col. 2003; Clark y Jonson; 2003) se ha encontrado que la harina de *Lupinus* adicionada en un 10% compensa la deficiencia de lisina de la harina de trigo, además de incrementar el contenido de proteína de ésta, proporciona fibra (Urade y col. 2003).

Hall y Johnson (2004), informan que, han elaborado productos como pan blanco muffins y pastas con harinas de *Lupinus* dulce sin desgrasar y desgrasadas. A estos productos, se les realizaron pruebas sensoriales de aceptación, y se obtuvo como resultado que las harinas afectan el sabor y la textura y esto puede ser debido a las concentraciones que se adicionaron.

Bahnassey y col (1986) reportan el uso de leguminosas para la fortificación de tallarines, Rayas Duarte y col (1996) informan a cerca de espaguetis fortificados con amaranto y harina de *Lupinus*. Collins y Pangloli; (1997), hablan a cerca de la fortificación de pastas con harina de soya. Lee y col (1998), elaboran pastas fortificadas con garbanzo. Wittig y col, (2002) informan el uso de harina de salvado de *Lupinus* dulce para la elaboración de espaguetis enriquecidos con fibra dietética.

2.13 Fortificación y enriquecimiento de *L. mutabilis*

En la actualidad los alimentos que se fortifican con elementos esenciales en la nutrición son para contrarrestar deficiencias de micronutrientes (hierro, zinc, vitaminas). Esto es debido a una creciente necesidad en respuesta a las prioridades nutricionales de los grupos de bajos recursos. El nutriente que se

requiera adicionar debe estar presente en niveles en los cuales no resulte excesivo o insignificante en la adición (Bahnassey y Khank, 1986; Ranum y Trood, 1995; Porter y Skarra, 1999; Johnson, 2000; Rader y col. 2000; Ranum, 2000; Anónimo, 2001; Ranum, 2001).

El enriquecimiento se define como un agregado de cantidades adicionales de un nutriente que ya este presente en el alimento; no se añaden nutrientes nuevos sino que se aumenta la concentración de los ya existentes, como en el caso de la adición de la tiamina, niacina o hierro de la harina de trigo (Torún, 1988; López, 2000).

El trigo tiene un bajo contenido de proteína (10%) y su perfil de aminoácidos esenciales revela deficiencias de lisina y treonina, lo que determina una baja calidad proteínica. Sin embargo, su contenido de aminoácidos azufrados (metionina + cisteina) es satisfactorio. La combinación de trigo y una leguminosa, produce una buena complementación de aminoácidos, y por ende mejora la calidad biológica de la proteína (Tsen y Hoover, 1973; Fernández y Yepiz, 1986; Torún, 1988; Wulf y col. 1989; Yáñez y col, 1989; Paredes y Maldonado, 1998; López 2000; Walizewski y col. 2000; Mavrakis y col; 2003; Urade y col; 2003; Clark y Johnson; 2003).

Los granos crudos de *L. mutabilis* se consideran como una buena fuente de vitaminas solubles en agua, entre las cuales se encuentra a la riboflavina (0.50 mg/100g) y al ácido fólico (0.17-0.59 mg/100g) (Cuadro 13). El ácido fólico ha sido sugerido como un potencial nutracéutico y los frijoles comunes son una excelente fuente de este, por lo que se ha considerado que unos 100 g de frijol pueden satisfacer los requerimientos diarios de ácido fólico para adultos y niños.

Los valores de vitaminas contenidos en el *L. mutabilis* como la tiamina y la niacina son inferiores a los reportados en el grano de trigo pero el consumo de este, es en forma de harina, la cual contiene menos vitaminas y minerales que el trigo entero,

ya que la mayoría de nutrientes se pierden en el proceso de molienda (Anónimo, 2001).

2.14 Reología

Es definida como la ciencia de la deformación y el flujo de materia que describe las propiedades materiales de fluidos y semisólidos principalmente. Las propiedades reológicas de una pieza de masa, se basan en como responderá esta a los pasos mecánicos del proceso. Varias de estas propiedades son resultados de la interacción de los ingredientes que ocurre durante la fermentación y mezclado de la masa. Los ingredientes que afectan en mayor grado estas propiedades, son el harina, agua, levadura, y aire, aunque algunos ingredientes afectan en menor grado las propiedades de la masa y estos son acondicionadores de masa, sal, grasa, enzimas y emulsificantes (Hamed, Faridi y col 2001).

2.14.1 Extensibilidad de la masa

Las propiedades reológicas son importantes para una pieza de masa al dividirla y redondearla, el balance de sus propiedades visco elásticas es crítico. Una masa de flujo demasiado viscoso no podrá mantener la forma deseada mientras que para una masa cuyo componente elástico sea dominante, será difícil su redondeo y el producto final no tendrá la forma deseada.

El correcto balance de las propiedades visco elásticas también son importantes durante el laminado y moldeado de la masa. Si la masa es demasiado extensible (su componente viscoso domina) el resultado es una pieza demasiado larga para su molde. Si el componente elástico es excesivo, la masa se acorta después del laminado. La medición de extensibilidad y resistencia a la extensibilidad de harinas de trigo, nos dan una buena idea, del comportamiento de panificación, algunos métodos estándar han sido establecidos por la AACCC, aunque usan cantidades elevadas de muestra (300 g, para una prueba por duplicado).

En la práctica la determinación de la calidad del gluten (única característica de visco elasticidad de una masa de trigo), era hecha simplemente extendiendo el gluten entre los dedos. El área final de la reología es la de la textura del producto final, muchos componentes son parte de la textura de un producto de panificación (pan, pastas etc.), como la firmeza, consistencia y elasticidad, aunque la de firmeza es la de mayor importancia, por la relación de esta con la frescura. La última prueba de calidad que se le realiza a una pasta de harina o semola es la calidad final del producto, esto se puede realizar a través de métodos reológicos (Hamed, Faridi y col 2001). Estos métodos nos permiten medir o predecir esa calidad la cual va a depender, de la estructura, del secado, del proceso de cocción en las pastas así como de sus propiedades físicas. La producción de pastas se hace a partir de sémola dura y de harina dura, la buena calidad de una pasta es cuando esta hecha al 100% de harina de trigo duro, molida como semola. Esta pasta tiene una coloración amarilla y la mejor calidad para ser consumida. Algunas pastas se les a adiciona ingredientes como huevo, espinacas y jitomate que le dan un color y sabor especial. Existe una gran variedad de formas, tamaños, y dependiendo de estas variaciones es el costo del producto (Hamed, Faridi y col.,2001).

2.14. 2 Reología y textura de las masas de harina de trigo

Se consumen alimentos básicamente por la necesidad del organismo de nutrimentos, pero el comer es también entendido por el hombre como un placer. En este sentido, el hombre juzga sensorialmente la calidad de los alimentos que consume con base en atributos, que se perciben por medio de los sentidos, los cuales son procesados en el cerebro como una impresión global de calidad. Debido a la importancia de la textura en la calidad de los alimentos, se han hecho importantes esfuerzos por sistematizar su evaluación ya sea desde el punto de vista sensorial, así como por métodos instrumentales.

Las propiedades o características de textura han sido clasificadas en función de las propiedades físicas del material en: atributos mecánicos, geométricos y de composición. Además se pueden clasificar también por el orden en que se perciben durante el consumo en: atributos de percepción inicial, percepción inicial en el paladar, de masticación y residual (Bourne, 1982).

Estos atributos se utilizan para reportar los resultados de las evaluaciones de textura tanto instrumentales como sensoriales, y para tener una idea más clara de lo que cada atributo describe.

Se definen a continuación desde el punto de vista físico y sensorial algunos de ellos.

La definición física tiene que ver con el tipo de prueba que se implementa a nivel instrumental, mientras que la definición sensorial está descrita tal como debe entenderla un juez al momento de evaluar el atributo durante el consumo (De Man, 1976, Bourne, 1982). Las definiciones de atributos mecánicos pueden hacerse a nivel general, ya que la mayoría de los productos los presentan, sin embargo, los atributos geométricos y de composición son específicos para algunos productos como lácteos y productos grasos y sus definiciones están dados en función de productos particulares.

2.14.3 Definiciones físicas y sensoriales de atributos de textura

DUREZA:

Física: Fuerza necesaria para una deformación dada.

Sensorial: Fuerza requerida para comprimir una sustancia entre las muelas (sólido) o entre la lengua y el paladar (semisólidos).

COHESIVIDAD:

Física: Qué tanto puede deformarse un material antes de romperse.

Sensorial: Grado de compresión de una sustancia entre los dientes antes de romperse.

1. ELASTICIDAD:

Física: Tasa a la cual un material deformado regresa a su condición inicial después de retirar la fuerza deformante.

Sensorial: Grado hasta el cual regresa un producto a su forma original una vez que ha sido comprimido entre los dientes.

2. ADHESIVIDAD:

Física: Trabajo necesario para vencer las fuerzas de atracción entre la superficie del alimento y la superficie de los otros materiales con los que el alimento entra en contacto.

Sensorial: Fuerza requerida para retirar el material que se adhiere a la boca (generalmente al paladar) durante su consumo.

Como la textura se manifiesta en diferentes etapas se recomienda evaluar primero la textura del alimento apretándolo con los dedos, después mordiéndolo, dándole un segundo mordisco, masticándolo, al tragarlo y por último, en la etapa residual, o sea la sensación que queda después de haber terminado. Se ha observado que las propiedades mecánicas primarias generalmente se manifiestan y perciben en la fase de apreciación táctil manual, o al dar el primer mordisco, mientras que las de geometría y las mecánicas secundarias son destacadas más frecuentemente en las etapas, masticatoria, deglutiva y residual (Hansen y Setter, 1990).

Las pruebas de perfil de textura se deben llevar a cabo con paneles de jueces entrenados. La prueba requiere que primero se defina la terminología y se estructuren las escalas que han de utilizarse, para posteriormente evaluar el producto. Es importante subrayar aquí, la importancia que tiene la definición de cada atributo que se desea evaluar dando a los jueces un patrón de referencia de consumo común en el lugar en que se realicen las pruebas (cada país, cada región incluso tiene sus propios patrones y terminología, siendo diferente la

respuesta, aún en el mismo idioma). Además de las condiciones específicas que deben cubrir las pruebas sensoriales como son: la hora en que se realizan las pruebas, la frecuencia, el lugar, la iluminación, etc. Las pruebas de perfil de textura tienen características que se deben considerar cuando se desea hacer una evaluación más precisa de la textura (Rosenthal 1999).

2.14.4 Fundamentos de las pruebas instrumentales de textura

Independientemente de los variados instrumentos utilizados en las pruebas de textura, todos tienen principios comunes, como el empleo de dispositivos (cilindros, placas, cuchillas, esferas, etc.) tiempos y velocidad de prueba, y un modo de operación de los equipos para el desarrollo de la prueba (en tensión o compresión). Debido a las variadas posibilidades para desarrollar una prueba se requiere especificar claramente las condiciones en que se lleva a cabo. Para tener una mayor posibilidad de comparar y reproducir pruebas, a este conjunto de especificaciones se le denomina protocolo de prueba.

2.14.5 Protocolo de prueba

Se refiere al procedimiento a seguir para efectuar una prueba en una muestra determinada. Se establece en base al tipo de instrumento, la muestra y la información que se desea obtener de la misma.

Comprende los siguientes puntos:

- ✚ Selección del dispositivo
- ✚ Selección de las dimensiones de la muestra
- ✚ Historia de la muestra
- ✚ Velocidad de la prueba
- ✚ Tiempo
- ✚ Número de veces que se repite la prueba
- ✚ Temperatura a la que se efectuará la prueba

✚ Otros específicos del instrumento

Las variables antes mencionadas son las más comunes en la mayoría de los instrumentos y generalmente, el operario determina las variables a controlar y sus magnitudes en función del tipo de alimento y el atributo de textura que se desea evaluar (dureza, fracturabilidad, adhesividad, untabilidad, etc.).

Es indispensable que se reporten sistemáticamente todos los elementos contenidos en el protocolo y que solo se comparen muestras efectuadas bajo condiciones iguales de protocolo (Casas y Ramírez, 1998).

2.14.6 Control de la prueba

En función del protocolo establecido, las variables a controlar en una prueba pueden ser: fuerza, distancia, tiempo y velocidad:

- ✚ Fuerza: con pesas, neumática, hidráulica, mecánica, computarizada.
- ✚ Distancia: manual, electrónica, computarizada.
- ✚ Tiempo: con cronómetro, digital, computarizado.
- ✚ Velocidad: mecánica, computarizada.

2.14.7 Registro de datos

Dependiendo del tipo de instrumento de que se trate, el registro de los resultados puede ser:

- ✚ Indicadores de carátula (distancia, fuerza), escalas de distancia, micrometros (distancias).
- ✚ Digital (fuerzas, distancias, tiempos).
- ✚ Cronómetros mecánicos, cronómetros electrónicos.
- ✚ Graficadores (curvas fuerza-tiempo, distancia-tiempo).
- ✚ Registro computarizado de todas las variables (presentación en pantalla o impresa de datos tabulados y gráficos).

El Cuadro 10 resume las formas más comunes para reportar los resultados obtenidos en pruebas de textura con ejemplo de los parámetros que se obtienen y algunos de los instrumentos empleados para realizar la prueba.

Cuadro 10. Formas de reporte de resultados de textura.

Tipo de reporte	Ejemplo de parámetro	Instrumentos empleados
Directo	Fuerza, distancia, tiempo, volumen.	Consistómetros Penetrómetros.
Puntuales derivados	Dureza, fuerza del gel SAG, consistencia, firmeza, grados Bloom, valor de cadencia.	Penetrómetros, gelómetros, ridgélímetro.
Curvas	Fuerza-distancia Fuerza-tiempo Distancia-tiempo	Penetrómetros, Instrumentados, texturómetros, máquinas universales de deformación.
Parámetros derivados de las curvas	Fuerzas, distancias o tiempos máximos y mínimos, fuerzas, distancias o tiempos en ciertas zonas de la curva, áreas específicas de la curva, relaciones de las fuerzas, áreas, pendientes, etc.	Penetrómetros instrumentados, texturómetros, máquinas universales de deformación.

Fuente: Bourne, 1982.

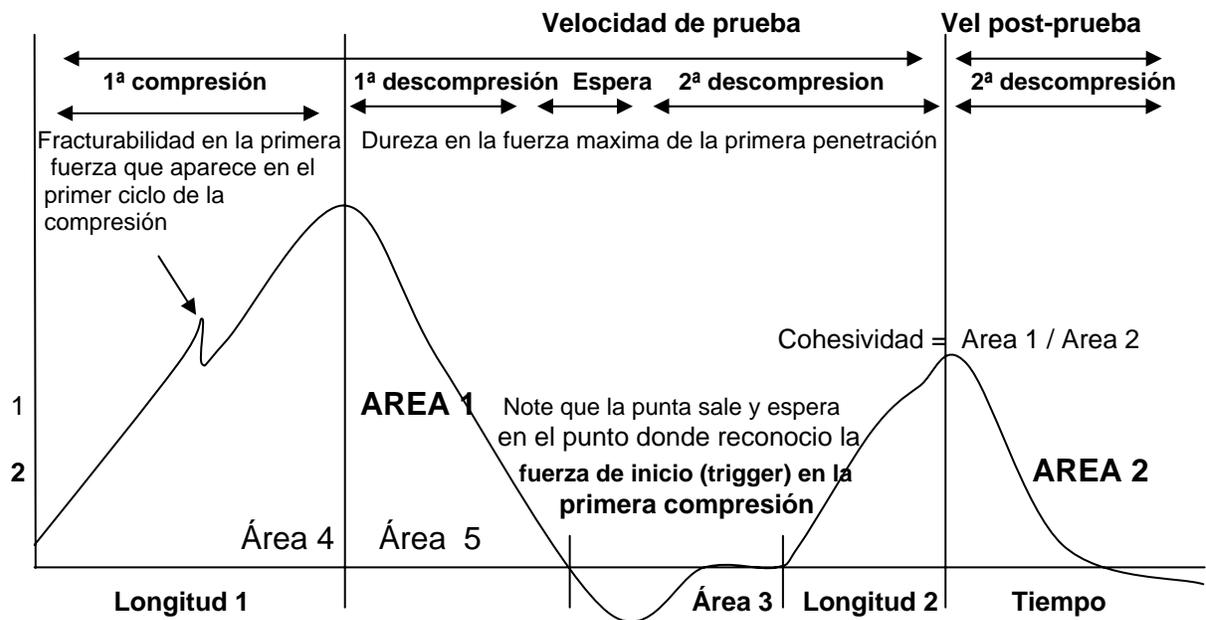
2.14. 8 Análisis de perfil de textura (APT)

Una curva típica de Análisis de Perfil de Textura es como se muestra en la Figura 7, consiste básicamente en lo siguiente:

Se le indica al instrumento que la punta ofensor comprima el alimento cierta distancia (dada en mm o en % con respecto a la altura de la muestra) a una velocidad dada. La prueba se inicia cuando la punta o sensor detecta la superficie de la muestra y esta será el punto de referencia. En esta operación, la punta viaja hacia abajo hasta llegar a la distancia indicada. La punta sube y se retira de la

muestra, regresa a la posición de inicio de la prueba (distancia de referencia). En esta posición espera el tiempo indicado. Efectúa el segundo ciclo de compresión, bajando nuevamente la distancia indicada. Regresa a la posición original antes de iniciar la prueba (Texture Technologies, 2002).

Fuerza



Elasticidad = long 1 / long 2
***Dureza**

Gomosidad = Cohesividad *

Masticabilidad = Gomosidad * Elasticidad

Figura 7. Curva típica para prueba de ATP (Texture Technologies, 2002).

Durante todo este proceso, la punta de prueba detecta la fuerza y se obtiene la curva fuerza-tiempo. La forma de la curva puede variar de la presentada como típica. Básicamente en las alturas de los picos positivos y negativos, las áreas bajo estos picos, la presencia de picos secundarios, la presencia, altura y áreas negativas.

Las fuerzas positivas indican la resistencia que ofrece la muestra a la penetración o compresión por parte de la punta en el proceso de bajada. Las fuerzas negativas indican la fuerza debido a la muestra que se adhiere al retirarse el sensor.

De la curva se calculan los siete parámetros texturales característicos que se mencionan a continuación (Szczesniak, 1963):

- ✚ Dureza: La fuerza máxima en el primer ciclo de compresión (H).
- ✚ Fracturabilidad: El primer pico significativo en la curva del primer ciclo de compresión (F).
- ✚ Cohesividad: La relación entre el área positiva durante el segundo ciclo de compresión y el primero ($A4 / A1 + A2$).
- ✚ Adhesividad: El área negativa del primer ciclo de compresión (A3). Representa el trabajo necesario para retirar el sensor de la muestra.
- ✚ Elasticidad (Springiness, Resorteo): La altura que la muestra recupera entre el término del primer ciclo de compresión y el inicio del segundo (c). Otros autores la refieren como la relación c/a . Cabe aclarar que aún cuando la elasticidad es una relación de distancias sus valores se pueden obtener de la curva fuerza- tiempo, si se considera la velocidad a que se efectúa la prueba.
- ✚ Gomosidad: El producto de la dureza y la cohesividad.
- ✚ Masticabilidad: Producto de gomosidad y elasticidad.

Algunos autores (Bourne y Cumstock, 1981, Pons y Fiszman, 1997), reportan otros parámetros como:

- 1) Modulo: También conocido como firmeza, se refiere a que tan firme se siente un producto cuando se comprime ligeramente, y es la pendiente inicial de la curva fuerza-distancia en el primer ciclo de compresión.
- 2) Fragilidad: Es la distancia a la que ocurre la fractura, puede reportarse en mm o en % en relación a la deformación máxima en el primer ciclo de compresión. Entre mayor sea el valor, menos frágil es el material.

- 3) Extensibilidad: La distancia que el producto se extiende durante la descompresión antes de romperse (b). También se puede considerar la del segundo ciclo (d).
- 4) Resilencia: (Elasticidad): relación entre el área positiva de bajada del primer ciclo de compresión y el área de subida del mismo $A2 / A1$.
- 5) Fuerza negativa máxima: Relación entre la primera y segunda áreas de adhesión $A3/A5$. La recuperación en la porción de adhesión entre el segundo y primer ciclo de descompresión $A3/A5$.
- 6) Índice de aplastabilidad: Relación entre la diferencia del área de compresión y descompresión del primer ciclo el área de descompresión $(A1 - A2) / A2$.

Los parámetros antes mencionados se calculan a partir de la curva de fuerza-tiempo con ayuda de los programas computacionales que cada equipo proporciona.

2.14.9 Efecto de las condiciones de prueba en los parámetros de APT

En diferentes estudios reportados por la literatura, las condiciones de prueba para APT son particulares para cada caso, haciendo imposible la comparación de resultados. Las diferencias son debidas a condiciones experimentales, tamaño de la muestra, grado de deformación.

2.14.10 Prueba de adhesividad

Si bien el APT proporciona información de varias características texturales de un alimento, cuando se desea comparar una propiedad en particular, como la adhesividad, puede ser que la información aportada por esta prueba no sea lo suficientemente sensible. Para este fin, se ha diseñado una prueba específica para evaluar las propiedades adhesivas de materiales como cajeta, mayonesa, caramelos fluidos, masas, geles, etc. (Texture Technologies, 2002).

La prueba consiste en lo siguiente: el material es colocado sobre la base del texturómetro o en un recipiente cilíndrico; el dispositivo (generalmente un cilindro o

placa circular) baja a una velocidad especificada hasta que detecta la superficie de la muestra, en seguida aplica una fuerza al material, misma que mantiene por un tiempo determinado después del cual, el dispositivo se retira a una distancia especificada por encima de la superficie en la que detectó originalmente la muestra (Texture Technologies, 2002).

Durante el proceso de compresión y retirada, se obtiene la curva de fuerza en función de la distancia o tiempo. La forma de la curva depende de las propiedades cohesivas y adhesivas del material (Figura 8).

Se pueden extraer varios parámetros que a continuación se mencionan (Texture Technologies, 2002).

- ✚ Fuerza adhesiva: Pico de fuerza máximo.
- ✚ Resistencia adhesiva inicial: Pendiente inicial de la curva durante la retirada al pico máximo (curva fuerza-tiempo).
- ✚ Área de trabajo adhesivo: Área bajo la curva después de la retirada al pico máximo (curva fuerza-tiempo).
- ✚ Área de trabajo cohesivo: Área bajo la curva después de la retirada al pico máximo (curva fuerza-tiempo).
- ✚ Estiramiento del producto: Distancia desde el inicio de la retirada del dispositivo hasta que la fuerza cae a un valor constante o hasta cero.

También puede extraerse parámetros secundarios como la relación de áreas adhesiva/cohesiva o viceversa: la relación entre las fuerzas adhesivas y el estiramiento o viceversa, que puede ser una medida de la untabilidad del producto.

Un producto altamente cohesivo se mantiene unido y el material se romperá cerca de la base o de la superficie de la muestra. Un producto pobre en cohesión, se deformará tomando la forma de un reloj de arena si su adhesividad es mayor que su cohesividad. La ruptura en un producto con pobre cohesión ocurrirá en el centro del “reloj de arena” y el material adhesivo se quedará pegado tanto en la base como en el dispositivo.

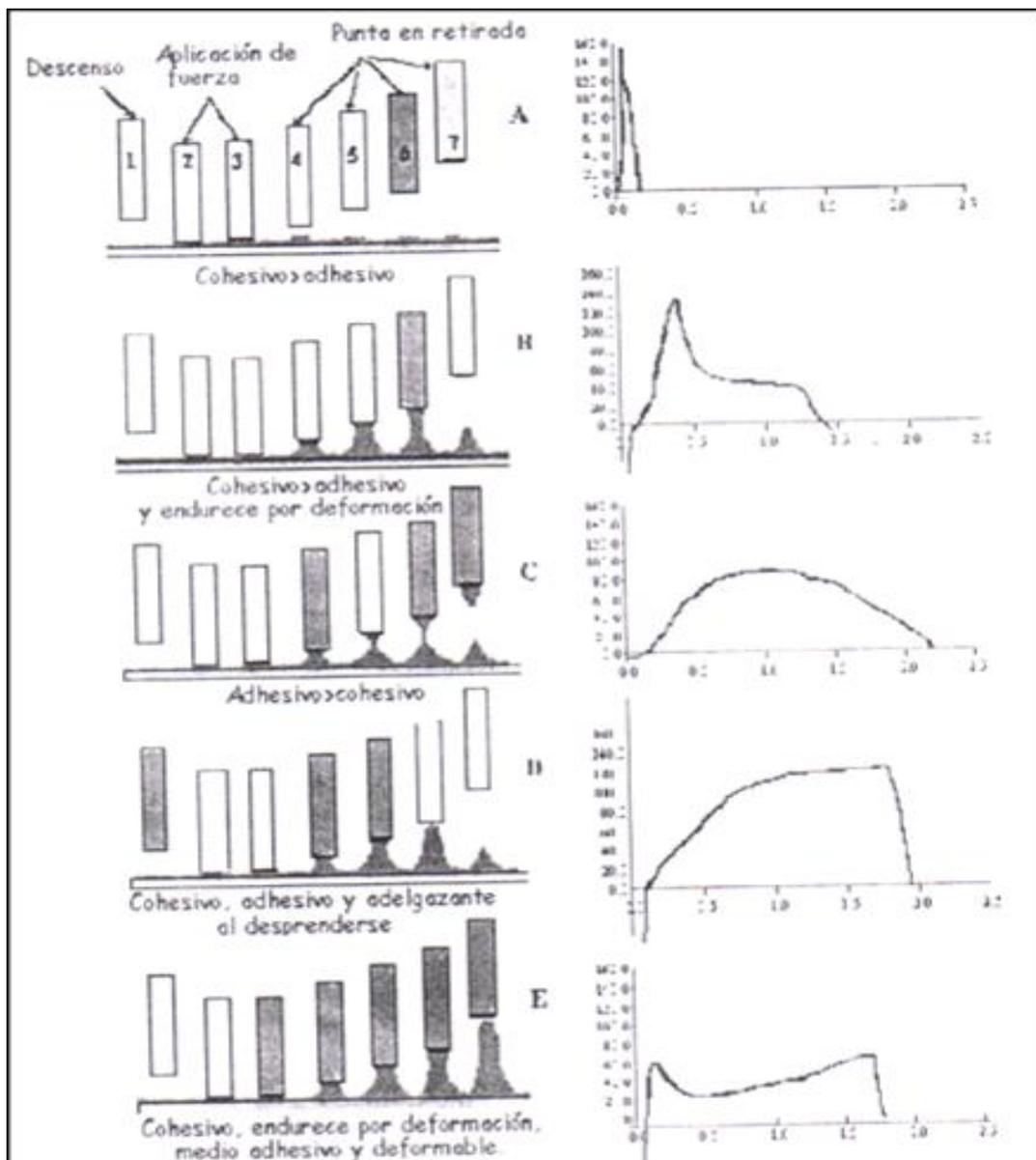


Figura 8. Comportamientos típicos de materiales adhesivos (Texture Technologies, 2002).

2.14.11 Propiedades texturales de masas

2.14.11.1 Influencia del proceso en la textura de la masa

El mezclado altera de manera significativa las propiedades mecánicas de la masa. Este proceso facilita la hidratación de las partículas de harina. Facilitando el

desarrollo de la matriz de gluten e incorporando aire dentro del sistema. Una de las propiedades que se ven más alteradas es la elasticidad porque afecta la capacidad de retención de aire de la masa. La masa debe ser extensible para prevenir la ruptura de las membranas entre las celdas de aire (Bloksma, 1988; Mani y col, 1992).

Mani y col, (1992) determinaron que existe una relación directa entre las propiedades mecánicas de la masa y el tiempo óptimo de mezclado de forma independiente del equipo de mezclado empleado.

La mayoría de estos estudios está relacionado con el empleo de medidas empíricas que se utilizan primordialmente en el control de calidad y en investigación. Los equipos más comúnmente empleados son el farinógrafo y el mixógrafo, que miden la resistencia de la masa al trabajo de mezclado durante una operación prolongada (Spies, 1990; Wang y Sun, 2002).

Cuando la harina es mezclada con la proporción correcta de agua y en un tiempo óptimo se tiene una masa suave y homogénea. Sin embargo, si la masa es sobre mezclada o contiene demasiada agua puede volverse demasiado pegajosa. Esta característica está relacionada con propiedades genéticas de la harina (la traslación IB/IR) que la hacen intolerante al sobre mezclado, marcadamente pegajosa y con poca fuerza, Chen y Hosney, (1995) encontraron que los compuestos que causan esta adhesividad marcada son el ácido ferúlico unido a una cadena de carbohidratos mediante un enlace de tipo éster. La longitud de este carbohidrato puede ser =24. Cuando se separa a este ácido ferúlico de la masa por tratamiento alcalino, la adhesividad de la masa disminuyó.

Pizzinato y Hosney (1980) reportan que cuando el tiempo de fermentación se incrementa, la fuerza de las masas-esponja para preparar galletas “cracker” disminuye. El debilitamiento de la masa esponja puede atribuirse a diversos factores, por ejemplo, la producción de compuestos orgánicos, principalmente ácidos, durante la fermentación.

En masas con 18 h de fermentación se observó una importante reducción en la resistencia a la extensión y un incremento considerable en la extensibilidad (Doescher y Hosenev 1985). Oliver y Brock (1997) reportan que las masas- esponja tienen una mayor suavidad durante la fermentación que depende del tipo de harina empleada.

Las pruebas que se realizan para la medición de reología en pastas son las siguientes:

- ✚ Pruebas de fragilidad en pastas secas.
- ✚ Prueba de calidad en la cocción de las pastas.
- ✚ Pruebas de firmeza.
- ✚ Pruebas de compresibilidad
- ✚ Pruebas de adhesividad.

3 JUSTIFICACIÓN

En México, la desnutrición calórico-proteica afecta aproximadamente la quinta parte de la población del medio rural (alrededor de cinco millones de personas) INEGI. 2005.

Mientras que en los sectores urbanos incide en el siete por ciento de los habitantes INEGI. 2005, por esta razón, en la actualidad ha surgido la necesidad de contribuir a la disminución de la desnutrición en México, debido a la cantidad de individuos que padecen esta situación en nuestro país, sin embargo existen factores como la falta de cultura de la población y el bajo poder adquisitivo, que dificultan una mejoría en la nutrición, ya que es uno de los principales limitantes es que la mayoría de la población no cuenta con los recursos necesarios para adquirir alimentos de origen animal que les proveerían de las proteínas necesarias para su buen desarrollo nutricional esto, a pesar que cada vez es mayor la producción de animales también lo es el desarrollo poblacional, lo que ocasiona una mala distribución de estos recursos.

Un aspecto más que se debe tomar en cuenta es que en nuestro país se comen 240 mil toneladas de sopa de pasta, o sea que el cápita que se ha mantenido estable es de 2.4 K al año. La que más gusta al consumidor es la de fideo, pero hace 4 o 5 meses ha comenzado a superarla el spaghetti, que se consumía más en fechas especiales, sigue el codito, la de letras y moñitos (Aguilar, 2005).

Estos aspectos motivan al desarrollo de nuevos productos naturales de bajo costo y de consumo popular como las pastas (tallarines) fortificadas con leguminosas, que tengan las propiedades de satisfacer las deficiencias nutricionales existentes en este tipo de alimentos y beneficiar a la población en general.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Evaluar la calidad reológica y nutricia de las masas fortificadas con harina, concentrado y aislado *Lupinus mutabilis* en la elaboración de pastas (Tallarines).

4.2 Objetivos específicos

- Caracterizar químicamente la harina de trigo y los derivados de *Lupinus*.
- Realizar las pruebas reológicas de las masas fortificadas con harina, concentrado y aislado *Lupinus mutabilis*.
- Establecer la formulación correcta que favorezca a la fortificación con harina, concentrado y aislado de *Lupinus mutabilis* de las pastas.
- Evaluar las propiedades físicas (textura, dureza) de las pastas de trigo, fortificadas con *Lupinus mutabilis*.
- Determinar la calidad sensorial (prueba de nivel de agrado) de las pastas, fortificadas con *Lupinus mutabilis*.
- Mejorar la calidad nutritiva de un alimento de origen vegetal y de consumo popular como lo son las pastas para sopa.

5 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Materia prima

Para la realización de este trabajo se utilizaron semillas de *Lupinus mutabilis* que se obtuvieron a través de la donación por parte del Instituto de Investigación Tecnológica de la Escuela Politécnica Nacional de Quito Ecuador, y harina de trigo duro comercial marca Espiga Dorada de Molinos Elizondo del D.F.

5.2 Planteamiento del experimento

Primeramente, se llevo acabo la obtención de harina de *Lupinus mutabilis* y después se realizó la destoxificación de esta, posteriormente la obtención del concentrado y aislado proteico del mismo. A la harina y a los derivados se les realizó un análisis químico proximal. Para conocer la mejor proporción harina de trigo-harina de *Lupinus*, se realizaron mezclas de acuerdo a los siguientes porcentajes (Cuadro 11), respecto a 100 gramos de masa, el resto fue harina de trigo, el desarrollo de este trabajo se llevo acabo en los laboratorios del Centro de Investigación en Ciencia y Tecnología de los Alimentos (CICyTA) del Instituto de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo.

Cuadro 11. Mezclas de masas de harina de trigo con derivados de *Lupinus*.

Harina de Trigo (%)	Harina de <i>Lupinus</i> (%)
100	0
95	5
90	10
85	15
80	20
Harina de Trigo (%)	CPL (%)
100	0
97.5	2.5
95	5.0
92.5	7.5
90	10
Harina de Trigo (%)	APL (%)
100	0
99.5	0.5
99	1.0
98	2.0
97	3.0
96	4.0

Posteriormente se realizaron las pruebas de APT, y consecutivamente se seleccionaron, las mejores mezclas para la elaboración de tallarines.

Ya que se tuvieron las masas idóneas, se procedió con la elaboración de los tallarines y a éstos se le efectuaron pruebas de extensibilidad y dureza,

seleccionando, a la mejor formula se le realizó un análisis químico proximal y sensorial, con una prueba de preferencia determinando el nivel de aceptación del producto. El análisis químico proximal se llevo acabó de la siguiente manera:

5.3 Determinación de proteína

Se realizó por el método de Kjeldhal, técnica 32.1.22 (A.O.A.C. 1990).

Este método fue empleado para el análisis de las harinas utilizadas (harina de trigo y harina de *Lupinus*), concentrado y aislado, así como para el producto final (tallarines fortificados).

Se pesó la cantidad de 0.5 g de muestra (seca o húmeda), de acuerdo con su contenido de nitrógeno, sobre papel libre de nitrógeno, tarado previamente. Posteriormente se colocó la muestra en el fondo del matraz microkjeldahl y se adicionó aproximadamente 2.0 g de mezcla digestora y 15 ml de ácido sulfúrico concentrado. Se colocó en el matraz digestor, calentando suavemente al principio y después en forma enérgica, se calentó hasta su completa oxidación, punto donde la mezcla forma una solución verde clara transparente, algunas veces se presenta un precipitado gris correspondiente a la mezcla digestora si se agota el ácido y no se ha digerido completamente la muestra (esto es cuando no ha alcanzado el color verde claro transparente), se dejó enfriar, se añadió otra pequeña cantidad conocida de ácido y se continuó calentando.

Terminada la digestión se enfrió el matraz en una campana para extracción de gases, se añadió aproximadamente 200 ml de agua para disolver completamente la muestra (calentar si es difícil la disolución). Se agitó y enfrió. Se preparo el aparato de destilación, a la salida del refrigerante, se adaptó un tubo de vidrio el cual debe permanecer sumergido dentro de 75 ml de ácido bórico al 4% contenidos en un matraz Erlenmeyer de 500 ml adicionado con unas gotas de indicador de Wesselow. Se añadió al matraz de Kjeldahl, estratificando y

lentamente, 5 ml de NaOH 40% por cada ml de ácido sulfúrico adicionado durante la digestión, mas 10 ml de exceso por la posible carbonatación de la sosa. Se conectó inmediatamente el sistema de destilación del aparato de Kjeldhal.

Después de recuperar un poco del destilado, viró el color del indicador, de violeta a verde. Se destiló aproximadamente 250 ml para garantizar que haya pasado todo el amoniaco. Se retiró el matraz receptor y después se apago la fuente de calor, con el fin de evitar que se haga sifón. Se lavó el refrigerante. Poniendo un vaso con agua destilada a la salida del mismo, y se esperó que se revierta hacia el matraz kjeldhal. Se titulo con solución de HCL 0.1 N (vire de verde a violeta).

Cálculos.

$$\% \text{ Nitrógeno} = \frac{V \times N \times \text{meq}}{m} \times 100$$

Donde:

V = Mililitros de HCl gastados en la titulación

N = Normalidad de la solución valoradas de HCl

m = Peso de la muestra en gramos

meq = Mili equivalentes de nitrógeno, 0.014 g.

El contenido de nitrógeno en diferentes proteínas es aproximadamente de 16%, por lo que multiplicando el % de N obtenido, por el factor 6.25, se obtienen la cantidad de proteínas presentes en el alimento. Sin embargo esta relación nitrógeno-proteína difiere considerablemente por lo que es necesario utilizar los factores adecuados para cada tipo de alimento, por ejemplo el factor para las harinas es de 5.7.

Cálculos.

% Proteína = % de nitrógeno x factor (5.7)

5.4 Determinación de fibra cruda

Este análisis se realizó a la harina, de *Lupinus mutabilis* y de trigo, de acuerdo a lo reportado por Meza y col; 1997. Se peso 0.5 g muestra seca y desengrasada. Se colocó en un vaso de Berzelius, de 600 ml, se añadieron 200 ml de ácido sulfúrico 0.225 N hirviendo, para que el tiempo de digestión sea controlado. Se calentaron los vasos en el aparato de fibra y se empezaron a rotar periódicamente los vasos con el objetivo de evitar que los sólidos se pegaran, en la parte de arriba. Se mantuvo en ebullición suave durante 30 minutos exactamente, pasado este tiempo, se filtro y se lavo con agua hirviendo hasta que se obtuvo un pH neutro, como siguiente punto se dejo secar, pasando después el residuo a un vaso añadiendo 200 ml de hidróxido de sodio 0.313 N hirviendo, nuevamente fue colocado en el aparato, dejando hervir por otros 30 minutos. Se filtro y se lavo nuevamente con 25 ml de acido caliente y 3 porciones de 50 ml de agua caliente, por ultimo se agrego 25 ml de alcohol. Se dejo secar por 2 horas a 130 °C en la estufa (en un crisol). Finalmente se enfrió en un desecador y se peso, como paso final se calcino a 600 °C en la mufla por 30 minutos se dejo enfriar en el desecador y se peso.

Cálculos.

La pérdida de masa correspondiente a la fibra cruda en la muestra seca y desengrasada.

$$\% \text{ Fibra cruda} = \frac{(a - b) \times 100}{m}$$

Donde.

a = Peso del crisol con el residuo seco en gramos.

b = Peso del crisol con el residuo calcinado, en gramos.

m =Peso de la muestra seca

5.5 Determinación de cenizas

Determinación de cenizas por la norma oficial: NOM-147-SSA1-1996

Se pesó 1 g de muestra libre de grasa, en un crisol puesto previamente a peso constante.

Se calcino la muestra lentamente, para evitar pérdidas por arrastre de humo y proyecciones de la muestra fuera del crisol. Cuando desapareció el desprendimiento de humo, se llevo el crisol a la mufla a una temperatura entre 500 –600 °C, hasta que las cenizas estuvieron libres de carbón, esto fue cuando se observaron de color grises-blancas, el tiempo fue de tres horas aproximadamente. Esto no sucedió se dejo enfriar, después se agregaron unas gotas de agua destilada, secando nuevamente en el mechero. Posteriormente se transportó el crisol a la estufa, se enfrió paulatinamente y se llevo al desecador, para enfriar la muestra. Una vez que alcanzó la temperatura ambiente se realizó el pesado de los crisoles.

Cálculos.

$$\% \text{ Cenizas} = \frac{(a - b) \times 100}{m}$$

Donde.

a = Peso del crisol con las cenizas.

b = Peso del crisol vacío

m =Peso de la muestra en gramos.

5.6 Determinación de grasa por el método de hidrólisis ácida

Para esta determinación se hizo lo siguiente:

Se agitaron 2 g de harina con 2 ml de alcohol, posteriormente se adicionaron 7 ml de ácido clorhídrico concentrado y 3 ml de agua. Se calentó aproximadamente a

80 °C durante media hora y se dejó enfriar. Después se adicionó 10 ml de alcohol a la mezcla hidrolizada. Posteriormente se extrajo tres veces con 25 ml de éter (1 minuto) seguidos de 25 ml de petróleo ligero (2 minutos), se combinaron los extractos en los distintos disolventes y se agitó procediendo a la eliminación de los disolventes por evaporación, y finalmente, se pesó el residuo (Person 1993).

5.7 Determinación de humedad

El procedimiento de secado para determinar el % de humedad en harina de *Lupinus* se llevó a cabo con la Termobalanza de Humedad Adam AM B50 programada a 110 ° C durante 9 min. Se pesaron 0.5 g de harina y se esparció uniformemente sobre la charola para realizar la determinación.

5.8 Obtención de harina destoxificada

Después de una limpieza la semilla se cocinó a ebullición por 5 min y la extracción de los alcaloides se realizó cuando la semilla cocida, se sometió al proceso de flujo continuo en agua por un período de 3 h. La semilla partida y desengrasada, se cubrió de agua y se tuvo a chorro continuo de agua fría por 15 h (Duque, 1995; Acuña y Ormaza, 2001).

5.9 Obtención de concentrados proteicos

Un método por el cual se obtuvo un concentrado aproximadamente de 70% de proteínas, consistió en la extracción de los alcaloides mediante la utilización de etanol acidificado. Se extrajo el aceite con hexano y se desamargó mediante lavados sucesivos con etanol-agua durante el transcurso de la refinación (Onayemi y Lorenz, 1978; Sathe y col., 1982; Fernández y col., 1993). En la Figura 9 se puede observar el diagrama de obtención.

5.10 Obtención de aislados proteicos

Se siguió la metodología propuesta por Onayemi y Lorenz, (1978); Fernández y col., 1993. El procedimiento de obtención se encuentra en la Figura 10 el cual consistió en desgrasar la harina de *Lupinus* con hexano, preparar una solución de harina agua 1:4, agitar y elevar el pH a 9 con NaOH 0.1N, centrifugar a 3000 x g durante 15 m, se eliminó el precipitado y al sobrenadante se le bajó el pH a 4.6 con HCl 0.1N, se centrifugó la muestra a 3000 x g durante 10 m y se liofilizó.

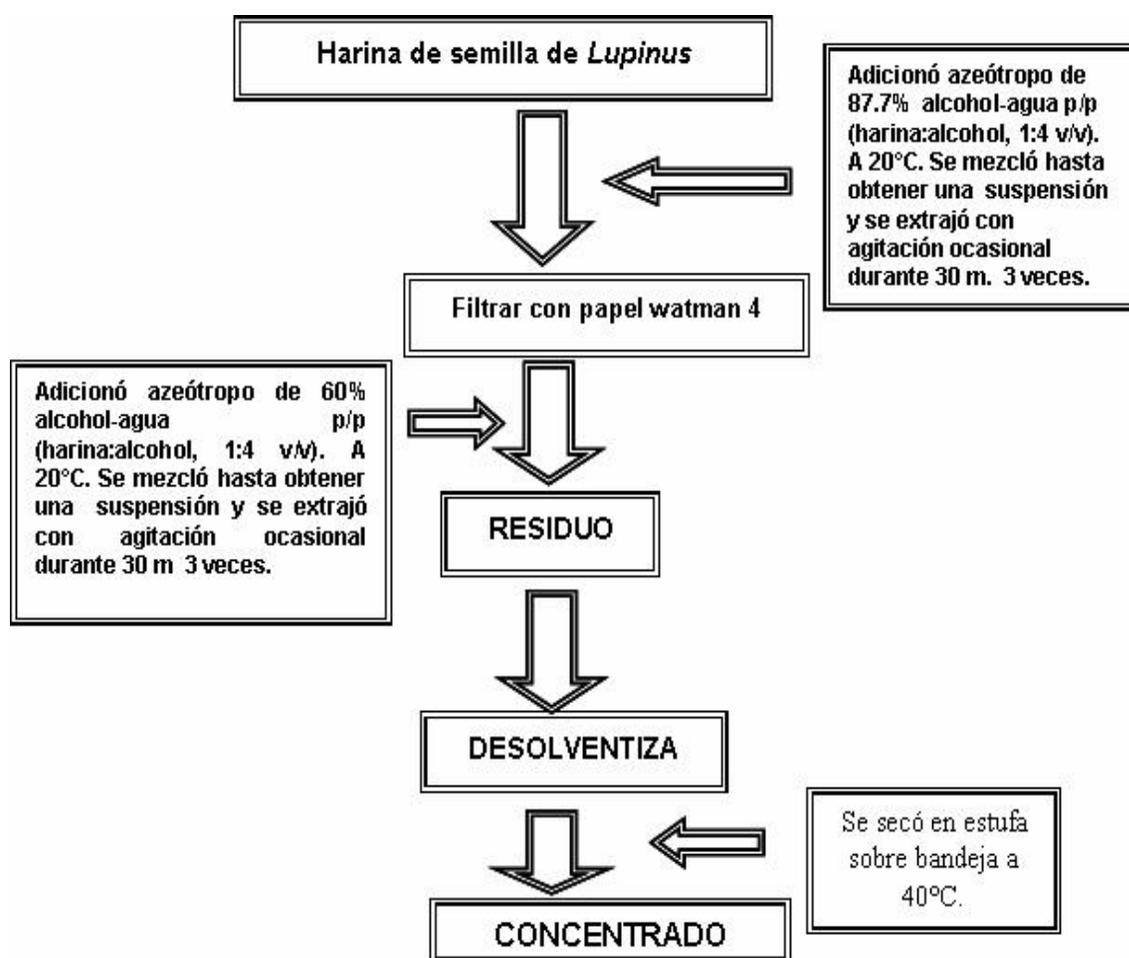


Figura 9. Diagrama de obtención de concentrado proteico de *L. mutabilis*.
Fuente: Onayemi y Lorenz, 1978; Sathe y col., 1982; Fernández y col., 1993.

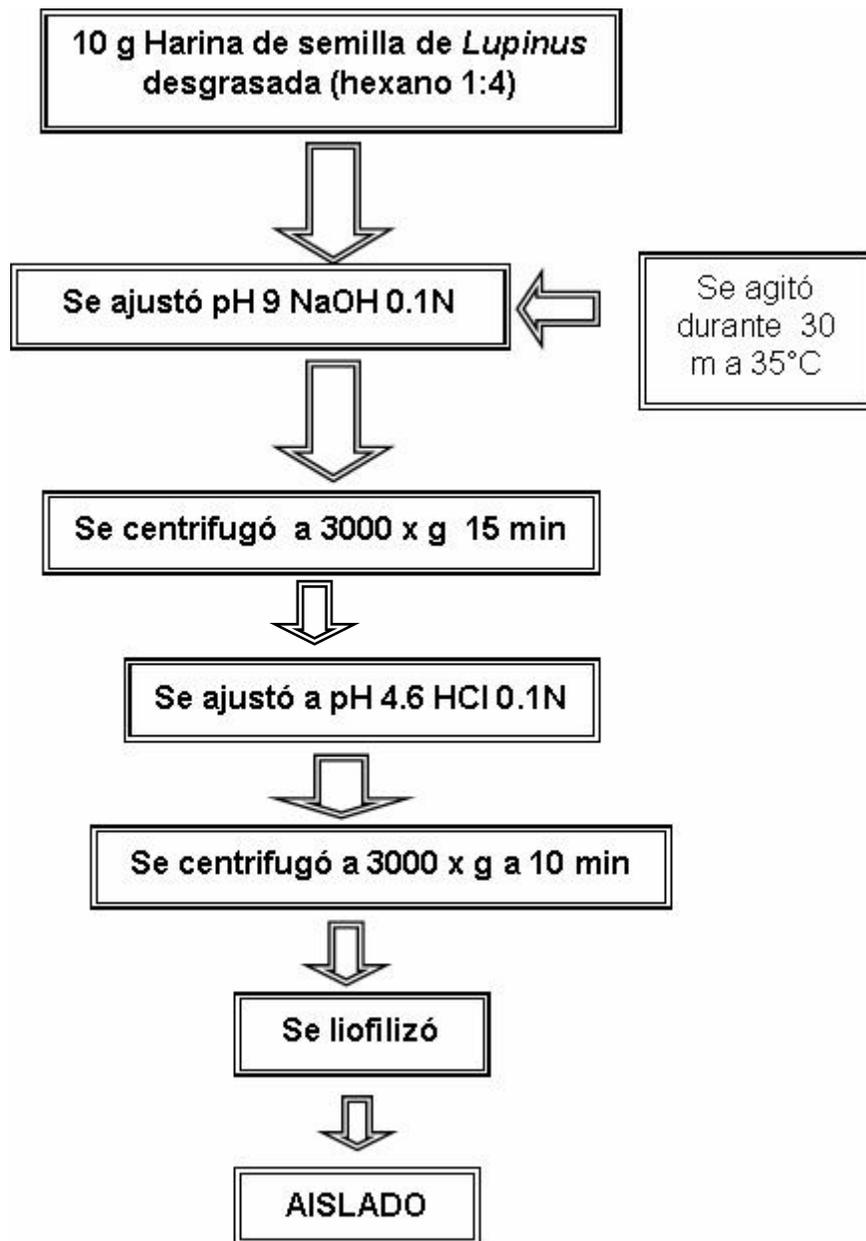


Figura 10. Diagrama de obtención de aislado proteico de *L. mutabilis*.
Fuente Onayemi y Lorenz 1978.

5.11 Elaboración de las masas de harina de trigo fortificadas con derivados de *Lupinus*

Se prepararon 100 g de masa con las diversas variaciones siguiendo la formulación propuesta por Ramírez 2002. Para el amasado se utilizó una batidora de marca Kitchen Aid con el mezclador de gancho. Una vez pesados los ingredientes se hizo una mezcla con el agua durante 5 m. Ya que la masa salió de la batidora, se dejó reposar en una bolsa de polietileno en condiciones de refrigeración a 5°C aproximadamente para efectuar las pruebas se atemperaban en una estufa a 60°C durante 10 a 15 min.

5.12 Metodología para la elaboración de la pasta (Tallarines)

Se pesaron 97 gramos de harina de trigo, adicionándole 3 g de aislado de *Lupinus mutabilis* y 15 ml de agua, esto fue mezcló durante tres minutos y se mantuvo en reposo durante 15 m. Pasado este tiempo, se laminó de forma horizontal y vertical, tres veces continuas. Finalmente se laminó y procedió a darle forma a la pasta (tallarines). Esta metodología es semejante a la propuesta por Serna (1996) Figura 11.

5.13 Determinación de color

El color en las muestras se determinó a través de los parámetros L^* , a^* y b^* utilizando un colorímetro Minolta modelo 508d, con iluminante C y observador a 10°. En el espacio de color CIE 1976 (L^* , a^* y b^*), o CIELAB el coeficiente de luminosidad (L^*), el cual considera las desviaciones entre negro=0 y blanco=100 rojo a verde (a^*) y amarillo a azul (b^*) Mc Guire (1992).

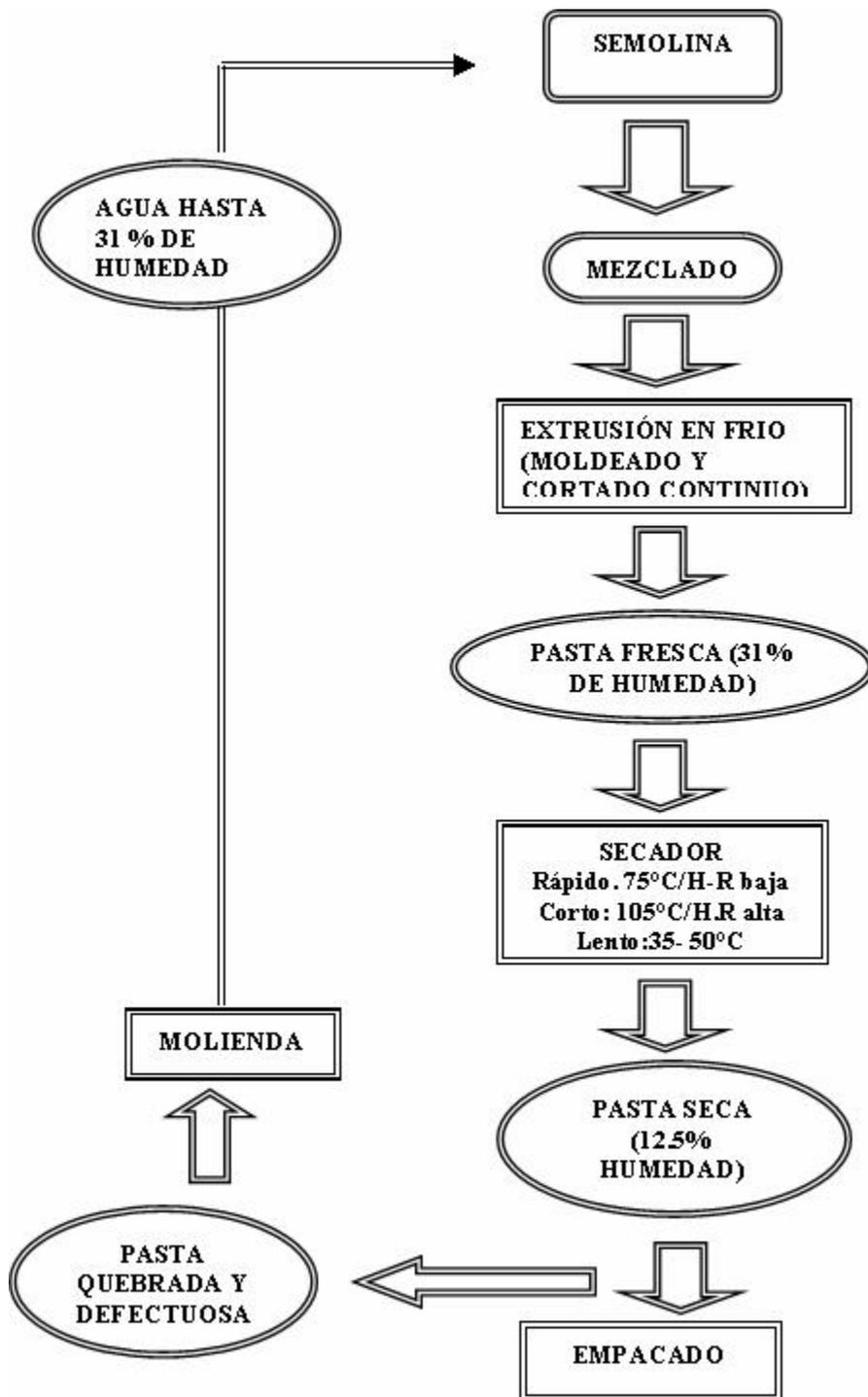


Figura 11. Proceso de obtención de la pasta (tallarines). (Serna, 1996)

5.14 Análisis del perfil de textura

Es el resultado de comprimir dos veces consecutivas una porción de alimento, utilizando el instrumento de textura TA-HDi (Texture Technologies, New York, USA/Stable Micro Systems, Surrey, UK), se realizó la preparación de las muestras de masas y tallarines respectivamente según la metodología de Ramírez (2002) y González (2003), con algunos cambios, utilizando 45 g de cada muestra este experimento se llevo acabo por triplicado, siguiendo los siguientes parámetros: Velocidad pre-ensayo de 2 mm x s, velocidad de ensayo de 1 mm x s, velocidad pos-ensayo de 2 mm x s, distancia 10 mm, tiempo 5 s., celda de carga 5 K. Esta prueba se realizó de acuerdo a lo reportado por Corre-Gannere (1995). De esta manera se obtuvieron gráficas características de la muestra en donde se miden los parámetros de:

- ✚ Dureza: es la altura en cm del pico máximo de la gráfica.
- ✚ Cohesividad: razón entre las áreas de las curvas correspondientes sólo a las bajadas del émbolo.
- ✚ Elasticidad: que se define como la altura que recobra el alimento durante el tiempo que pasa entre el final de la primera compresión y el máximo de la segunda.

5.15 Determinación de la firmeza de pastas

Procedimiento: La manipulación de la muestra (pasta cocida) fue controlada cuidadosamente, así como todos los parámetros para obtener uniformidad en los resultados, como son, el volumen de agua, el tiempo de cocción y el tiempo entre una y otra prueba.

Para la realización de esta prueba se uso el método 16-50 del A.A.C.C (1995), con las especificaciones presentadas en el Cuadro 12 con el accesorio mostrado en la Figura 12.

Cuadro 12. Condiciones establecidas en el Texturómetro TX- TA2i para las pruebas de firmeza.

Prueba	Velocidad (mm/s)	Fuerza (g)	Tiempo (s)	Distancia (mm)
Firmeza de espagueti cocido	0.17mm/s	5	5	4.5

Los accesorios que se utilizaron se muestran a continuación:

AACC cuchilla Blade (A/LK B-F)

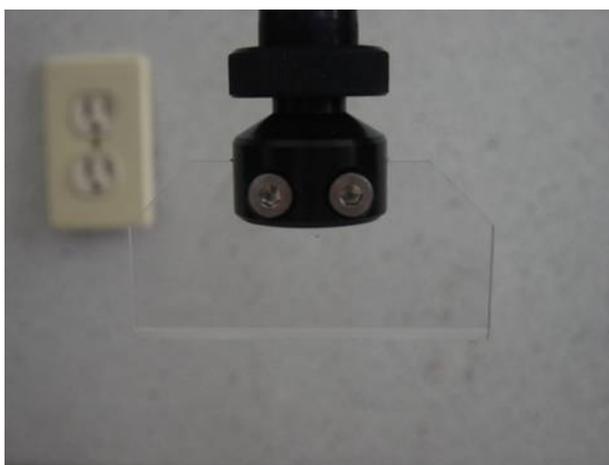


Figura 12. Cuchilla Blade (A/LK B-F) Fuente: Textura Technology

5.16 Prueba de adhesividad por el método Hosney

Esta prueba se realizó a las masas fortificadas, utilizando 25 g de muestra reproduciendo el experimento por triplicado, con los siguientes parámetros: Velocidad pre-ensayo de 0.50 mm x s, velocidad ensayo de 0.50 mm x s, velocidad pos-ensayo 10 mm x s, distancia de 4 mm, fuerza de 40 g, tiempo de 10 s, celda de carga de 5 K, temperatura ambiente. La sonda empleada fue: La PB25-LPERX cilindro de 25 mm de diámetro.

5.17 Análisis sensorial

La prueba final del experimento, fue la realización de un análisis sensorial con una prueba de preferencia, donde se tomaron 30 personas al azar, colocándoles frente a ellos dos muestras diferentes y el siguiente cuestionario:

Producto: _____ Fecha: _____

Pruebe las dos muestras que se le presentan.

Primero pruebe la muestra marcada con **147** y después la muestra **183**

**INDIQUE CUAL DE LAS MUESTRAS PREFIERE USTED
PREFIERO LA MUESTRA**

Comentarios:

MUCHAS GRACIAS

Fuente: Anzaldúa (1995).

5.18 Análisis estadístico

El análisis de las masas y tallarines se realizó bajo un Diseño en bloques completamente al azar utilizando el derivado de *Lupinus* (harina, aislado, concentrado y como bloque). Para lo cual se utilizó el paquete estadístico SAS (1999), empleando un PROC GML (Procedimiento para Modelos Lineales Generales).

Se realizó una comparación de medias de Duncan, utilizando el mismo paquete estadístico.

Para el análisis sensorial se utilizó una prueba de χ^2 , la cual se realizó con el mismo paquete estadístico mencionado anteriormente.

6 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Resultados de la composición proximal de la HL, CPL y APL

En el Cuadro 13 se observan los resultados obtenidos al realizar el análisis químico proximal de la harina de trigo utilizada en este trabajo. El Cuadro muestra que la harina de trigo esta compuesta por 10.61% de proteína similar al comparado por Ranhotra, (1995) y Güemes (2004) (11.0%), a pesar de que las muestras se obtuvieron de diferentes molinos pero, los trigos, pertenecen al mismo grupo de calidad que es de los duros, por lo cual se considera que hay una diferencia mínima en los resultados. En la determinación de la grasa (0.46%), se obtuvo un valor menor que el reportado por Ranhotra, (1995) y Güemes (2004), esto pudo deberse por las diferencias de temperaturas en el método empleado para la determinación de esta, ya que en esta investigación la temperatura utilizada es de 100°C, esto pudo haber ocasionado la volatización de la grasa, con respecto a la fibra no fue determinada debido a que es mínima la presencia de esta en la harina, debido a que ya fue previamente eliminada (cascarilla del trigo). Con respecto a la humedad (14.84%) y cenizas se mantuvieron por debajo de lo reportado por Güemes (2004), con un porcentaje de 0.30% y la cantidad de carbohidratos (73.79%) presentes fueron calculados por diferencia, presentando un porcentaje mayor a lo reportado por Güemes (2004). En el Cuadro 14 se observan los resultados obtenidos al realizar el análisis químico proximal de HT (harina de trigo) de la HL (harina desgrasada de *L. mutabilis*), CPL (concentrado proteico de *L. mutabilis*) y APL (aislado proteico de *L. mutabilis*), este mostró un alto contenido de proteína, valor semejante al reportado por Güemes (2004) y el contenido de proteína que mostró la HL fue de 39.4% menor al de la harina informada por Duque (1995) 46.5%, esta diferencia se debe a que los granos de *L. mutabilis* provienen de diferentes regiones. Millan y col. (1995) indicaron que esta leguminosa contiene el 44.6 % de proteína hasta dos veces más que otras leguminosas como la lenteja y el frijol cuyos porcentajes van de 6-25% (Borgues, 1987). En la HL el contenido de fibra fue de 2.48%, la concentración de grasa

considerada como residuo fue de 1.05 para la HL, ya que esta había sido desgrasada anteriormente, sugiriendo que el método de extracción en esta investigación fue más eficiente que la utilizada por Duque (16.2%) (1995). La fibra tuvo un valor ligeramente menor para HL (3.2%) en comparación con lo reportado por Clark y Johnson (2003) (4.4%); El-Edaway y col. (2001) reportaron un contenido de fibra (4.1%), la humedad representó mayor contenido en HL 7.7% de acuerdo a lo que informó Duque (1995) (4.7%) y este aumento, se considera que fue debido en parte al proceso de extracción de la grasa. Las cenizas se mantuvieron por debajo de lo reportado por Duque (1995) que fue de 2.7%.

Cuadro13. Análisis químico proximal de HT, HL, CPL y APL.

Muestra	HT (%)	HL (%)	CPL (%)	APL (%)
Proteína (Nx6.25)	10.61±0.1	39.42± 0.86	66.08±8.14	89.15±2.33
Lípidos	0.46±0.0	1.05 ± 0.23	N.D	N.D
Fibra cruda	N.D	2.48 ± 0.13	0.00	0.00
Humedad	14.84±0.5	7.57 ± 0.13	7.82±0.9	7.60±0.01
Cenizas	0.30±0.3	2.16 ± 0.08	0.96±0.0	0.98±0.02
Carbohidratos (por diferencia)	73.79±0.0	47.32 ± 0.00	25.14±0.0	0.57 ±0.0

Valores con + DS en determinaciones por triplicado.
 HT = Harina de Trigo
 HL = Harina de *L.mutabilis* desgrasada y destoxificada
 CPL = Concentrado Proteico de *L.mutabilis*
 APL = Aislado Proteico de *L.mutabilis*

Las muestras de CPL y APL se sometieron a una molienda y a un tamizado (malla no. 8xx) para lograr un tamaño de partícula similar al de la harina de trigo.

El CPL y el APL mostraron una composición proximal que se muestra en el Cuadro 13. El CPL indicó un contenido de proteína ligeramente menor que el

reportado por Sathe y col. (1982) (72.8%) esta diferencia pudo deberse a que los métodos utilizados para la obtención del concentrado fueron diferentes.

En lo que se refiere a los resultados obtenidos para APL se tuvieron porcentajes levemente menores de proteína (89.15%) en comparación a lo reportado por King, (1985) (95.7%), con *Lupinus albus* var. *multolupa*.

En cuanto al porcentaje de cenizas, este fue igual en el APL que en el CPL. En el CPL, y APL no se encontró fibra, Con respecto a los carbohidratos estos fueron calculados por diferencia, ya que no se empleo ningún método específico, para su cuantificación.

6.2 Análisis de perfil de textura (APT) en masas

En el Cuadro 14 se observan los resultados obtenidos en masas fortificadas con derivados de *Lupinus* en diferentes proporciones. La HL presentó valores menores de dureza que el testigo, así como el CPL. Con un día de almacenamiento la dureza obtenida de la prueba de APT, con respecto al aislado, este muestra valores de 17.29 Kg/f en APL al 3% y el testigo fue de 37.03 Kg/f esta diferencia probablemente se debe a la presencia de los derivados de *Lupinus* que en concentraciones altas denotan una menor dureza, con respecto al testigo, además por que al momento de amasar las harinas, concentrados y aislados de *L. mutabilis* no se homogenizaron adecuadamente. La dureza puede aumentar o disminuir debido a la acción de enzimas presentes en la harina que se activan en presencia de las condiciones de refrigeración (Pizzimato y, Hosenev, 1980; Kieffer y Stein, 1999).

Cuadro 14. Efecto de la proporción de HT- HL, CPL y APL, en la dureza de masas fortificadas.

Concentración de derivados de <i>L.mutabilis</i> (%)	Dureza (kg/f)
Testigo	37.03 ± 7.8 ^a
HL	
5	23.70 ± 1.9 ^b
10	13.95 ± 2.7 ^{bc}
15	18.85 ± 1.9 ^b
20	21.72 ± 1.7 ^{ab}
CPL	
2.5	14.30 ± 0.7 ^{bc}
5	13.56 ± 2.4 ^c
7.5	19.11 ± 0.3 ^b
10	15.78 ± 2.2 ^{bc}
APL	
0.5	26.89 ± 3.0 ^{ab}
1	17.40 ± 2.7 ^{bc}
2	22.90 ± 8.1 ^{ab}
3	17.29 ± 3.6 ^{bc}
4	22.56 ± 5.3 ^{ab}

Valores con ± DS en determinaciones por triplicado.

HL = Harina de *L.mutabilis* desgrasada y destoxificada

CPL = Concentrado Proteico de *L.mutabilis*

APL = Aislado Proteico de *L.mutabilis*

^{abc} Literales distintas entre los reglones indican diferencias significativas.

6.3 Extensibilidad (elasticidad) de masas fortificadas con derivados de *Lupinus*

El Cuadro 15 presenta el efecto que tienen las masas de harina de trigo fortificadas con derivados de *Lupinus* los cuales se almacenaron por un día.

La elasticidad es mayor en masas adicionadas con HL (5-20%), con respecto al testigo pero en el APL (0.5-4%) disminuye, en comparación con la HL. Los valores para la HL y el APL son mayores en comparación con el testigo (0.18 mm). Esto puede ser debido a que existe una disminución de las interacciones en el gluten, debido a la acción de las enzimas de la harina una tendencia similar se presenta en masas elaboradas con polvo de hornear (Ramirez, 2002). En cuanto al concentrado esta también aumenta con respecto al testigo.

Cuadro 15. Efecto de la proporción de HT- HL, CPL y APL en la elasticidad de masas fortificadas

Concentración de derivados de <i>L.mutabilis</i> (%)	Elasticidad(-)
Testigo	0.18 ± 0.0 ^c
HL	
5	1.29 ± 0.2 ^a
10	1.23 ± 0.4 ^a
15	1.10 ± 0.1 ^{ab}
20	1.29 ± 0.3 ^a
CPL	
2.5	0.96 ± .04 ^{ab}
5	0.99 ± 0.3 ^{ab}
7.5	1.06 ± 0.1 ^{ab}
10	1.06 ± 0.3 ^{ab}
APL	
0.5	0.98 ± 0.1 ^{ab}
1	1.00 ± 0.2 ^{ab}
2	0.89 ± 0.1 ^b
3	0.99 ± 0.2 ^{ab}
4	0.84 ± 0.1 ^b

Valores con ± DS en determinaciones por triplicado.

HL = Harina de *L.mutabilis* desgrasada y destoxificada

CPL = Concentrado Proteico de *L.mutabilis*

APL = Aislado Proteico de *L.mutabilis*

^{abc} Literales distintas entre los reglones indican diferencias significativas.

6.4 Cohesividad de masas fortificadas con derivados de *Lupinus*

El Cuadro 16 muestra el comportamiento de la cohesividad con diferentes proporciones de derivados de *Lupinus* y se observa que este parámetro disminuye ligeramente con respecto al testigo. Las formulaciones que presentan mayores valores son aquellos donde se utiliza CPL en concentraciones de 2.5 a 10% no es así para las fortificadas con APL, (0.5, y 4%) que son similares al testigo, el tiempo de almacenamiento provoca en general un incremento en el valor de la cohesividad debido quizás a que los polímeros de glutenina forman estructuras muy cohesivas que se fortalecen con el tiempo esto se debe a procesos oxidativos que ocurren en las redes de gluten con oxígeno o a un mayor arreglo de los polímeros de glutenina permitiendo más interacciones físicas entre ellos (Weipert, 1990).

Cuadro 16. Efecto de la proporción de HT- HL, CPL y APL, en la cohesividad de masas fortificadas.

Concentración de derivados de <i>L.mutabilis</i> (%)	Cohesividad (adimensional)
Testigo	1.60 ± 0.2 ^a
HL	
5	1.57 ± 0.1 ^a
10	1.55 ± 0.1 ^a
15	1.45 ± 0.0 ^{ac}
20	1.50 ± 0.2 ^a
CPL	
2.5	1.43 ± 0.0 ^c
5	2.17 ± 0.1 ^d
7.5	2.00 ± 0.2 ^b
10	2.15 ± 0.0 ^d
APL	
0.5	1.65 ± 0.3 ^a
1	1.47 ± 0.0 ^{ac}
2	2.17 ± 0.0 ^d
3	1.91 ± 0.2 ^b
4	1.62 ± 0.3 ^a

Valores con ± DS en determinaciones por triplicado.

HL = Harina de *L.mutabilis* desgrasada y destoxificada

CPL = Concentrado Proteico de *L.mutabilis*

APL = Aislado Proteico de *L.mutabilis*

^{abcd} Literales distintas entre los regiones indican diferencias significativas.

6.5 Adhesividad de masas fortificadas con derivados de *Lupinus*

En el Cuadro 17 se presenta el efecto de la adhesividad en masas fortificadas con derivados de *Lupinus* y se observa que el testigo tiene un valor de 173.2 cm² el cual es menor con respecto al HL 5% (435.9 cm²), para el CPL 2.5% (412.9 cm²) y APL al 0.5% (279.3 cm²) este efecto no se presenta en las masas fortificadas con el CPL al 5,7,5 y 10% cuyos valores fueron de 103.3, 121.9 y 157.1 respectivamente, este mismo efecto de disminución se presenta en las pastas fortificadas con APL al 2% (132.9 cm²) el valor que fue más cercano al del testigo fue el del 3% (181.3 cm²) estos resultados concuerdan con lo reportado por Güemes (2004).

Cuadro 17. Adhesividad en masas fortificadas con derivados de *Lupinus* para la elaboración de pastas (tallarines).

Concentración de derivados de <i>L. mutabilis</i> (%)	Adhesividad cm ² (-)
Testigo	173.2 ± 0.8 ^a
HL	
5	435.9 ± 11.9 ^b
10	531.2 ± 18.1 ^b
15	431.8 ± 78.6 ^b
20	359.1 ± 70.1 ^c
CPL	
2.5	412.9 ± 17.4 ^b
5	103.3 ± 9.1 ^c
7.5	121.9 ± 17.5 ^c
10	157.1 ± 18.5 ^c
APL	
0.5	279.3 ± 9.1 ^{bc}
1	323.5 ± 3.4 ^{bc}
2	132.9 ± 32.2 ^{ac}
3	181.3 ± 17.3 ^{ac}
4	468.9 ± 38.9 ^b

Valores con ± DS en determinaciones por triplicado.

HL = Harina de *L. mutabilis* desgrasada y destoxificada

CPL = Concentrado Proteico de *L. mutabilis*

APL = Aislado Proteico de *L. mutabilis*

^{abc} Literales distintas entre los reglones indican diferencias significativas

6.6 Color en masas fortificadas con derivados de *Lupinus* para la elaboración de tallarines.

El Cuadro 18 presenta los valores obtenidos en el color de las masas fortificadas con los derivados de *Lupinus*. En este cuadro se observa que todas las masas adicionadas con HL, CPL y APL, presentaron mayor coloración amarilla con respecto al testigo. A excepción de la mezcla de APL 1% que fue de 0.060.

Estadísticamente las masas que presentan diferencia significativa fue la de 2 y 4 % de APL con valores de 6.72 y 7.05 respectivamente.

Este efecto es un beneficio para productos como las pastas, ya que estos resultados concuerdan con lo reportado con Dervas y col (1999)., sin embargo esto no es así con lo informado por Rayas- Duarte y col. (1996) donde el valor de b fue de 8.5 a 10.8 en concentraciones de 59-30% de harina de *Lupinus* mezclada

con harina de amaranto y trigo sarraceno o negro, por lo que podría considerarse que los valores obtenidos en la presente investigación no coinciden con los obtenidos por Rayas-Duarte y col (1996) por la presencia de estas otras dos harinas que podrían tener el efecto de aumentar la coloración amarilla, y las concentraciones de harina de *Lupinus* fueron mayores a las utilizadas en este trabajo.

Cuadro 18. Efecto de la proporción de HT- HL, CPL y APL, en el color de masas fortificadas para la elaboración de tallarines.

Concentración de derivados de <i>L.mutabilis</i> (%)	b (amarillo a azul) (-)
Testigo	0.090 ^{ab}
HL	
5	0.144 ^a
CPL	
2.5	0.413 ^a
APL	
0.5	2.77 ^{abc}
1	0.060 ^{ab}
2	6.72 ^{bc}
3	0.589 ^{abc}
4	7.054 ^c

Valores con \pm DS en determinaciones por triplicado.

HL = Harina de *L.mutabilis* desgrasada y destoxificada

CPL = Concentrado Proteico de *L.mutabilis*

APL = Aislado Proteico de *L.mutabilis*

^{abc} Literales distintas entre los regiones indican diferencias significativas.

6.7 Firmeza de tallarines fortificados con derivados de *Lupinus*

En el Cuadro 19 se presentan los valores de la firmeza de tallarines fortificados con derivados de *Lupinus* las muestras que presentaron una mayor firmeza fueron los elaborados con CPL al 2.5% (0.868 kg/f) los que presentaron menor firmeza fueron los de APL al 0.5% (0.409 kg/f) y los tallarines al 3% tuvieron un valor similar al testigo (0.50 kg/f). Estos valores fueron similares a los reportados por Rayas-Duarte y col (1996) donde las pastas adicionadas con HL tuvo un valor de 0.56 kg/f. Seyain y col (1983) informaron valores similares en tallarines de semolina fortificadas con aislados de frijol y pinto.

Cuadro 19. Efecto de la proporción de HT- HL, CPL y APL, en la firmeza de tallarines.

Concentración de derivados de <i>L.mutabilis</i> (%)	Firmeza (Kg/f)
Testigo	0.527 ± 0.01 ^d
HL	
5	0.708 ± 0.01 ^b
CPL	
2.5	0.868 ± 0.01 ^a
APL	
0.5	0.621 ± 0.37 ^c
1	0.609 ± 0.07 ^c
2	0.592 ± 0.05 ^c
3	0.467 ± 0.03 ^d
4	0.504 ± 0.30 ^d

Valores con ± DS en determinaciones por triplicado.
 HL = Harina de *L.mutabilis* desgrasada y destoxificada
 CPL = Concentrado Proteico de *L.mutabilis*
 APL = Aislado Proteico de *L.mutabilis*
^{abcd} Literales distintas entre los reglones indican diferencias significativas.

6.8 Extensibilidad (elasticidad) de tallarines fortificados con derivados de *Lupinus*

En el Cuadro 20 se presenta el efecto de la extensibilidad de los tallarines fortificados con derivados de *Lupinus*, la extensibilidad para el tallarín fortificado con el 5% de HL fue de 51.5 mm, para el tallarín con el 3% de aislado fue de 48.2mm y este presentó un valor menor con respecto al del testigo (94.8mm), en el CPL al 2.5% presentó una extensibilidad de 37.8mm, se puede observar que la extensibilidad disminuyó, por lo que se puede considerar que el efecto no fue homogéneo, esto pudo ser debido a la distribución de los derivados en el momento de ser amasados. Los valores más bajos de extensibilidad pueden ser debido a que la estructura del gluten de trigo se diluye por la adición de proteína, contenida en los derivados de *Lupinus*.

Cuadro 20. Efecto de la proporción de HT- HL, CPL y APL, en la extensibilidad (elasticidad) de tallarines.

Concentración de derivados de <i>L. mutabilis</i> (%)	Elasticidad(mm)
Testigo	94.8± 0.7 ^a
HL	
5	51.5 + 2.1 ^{bc}
CPL	
2.5	37.8+ 2.4 ^c
APL	
0.5	47.1± 2.6 ^{bc}
1	65.9± 2.3 ^b
2	46.6± 1.2 ^{bc}
3	48.2± 1.2 ^{bc}
4	63.3± 0.1 ^{bc}

Valores con ± DS en determinaciones por triplicado.
 HL = Harina de *L.mutabilis* desgrasada y destoxificada
 CPL = Concentrado Proteico de *L.mutabilis*
 APL = Aislado Proteico de *L.mutabilis*

^{abc} Literales distintas entre los reglones indican diferencias significativas.

6.9 Cohesividad de tallarines fortificados con derivados de *Lupinus*

El Cuadro 21 presenta el efecto que tiene la cohesividad en tallarines fortificados con derivados de *Lupinus*, los tallarines que presentaron un 3% de APL, (1.22) son muy similares al testigo(1.13) no es así para los que se elaboraron con CPL al 2.5% ya que presentaron una cohesividad del 1.4 con relación al testigo esta diferencia de valores podría deberse a que el CPL al 2.5% provoca que la masa de tallarines presenta una red de gluten menos interconectada por la presencia de este material, ya que es un efecto que tienen las masas por la incorporación de derivados de *Lupinus* al ser observado en microscopia de Luz (Güemes y col, 2004). En este mismo trabajo se muestran evidencias de cómo las masas de harina de trigo adicionadas con APL al 0.5%, tienen una red de gluten menos interconectada, lo cual podría repercutir en tener masas más cohesivas, por lo que se estima que es un fenómeno similar al que sucede en estas masas para la elaboración de tallarines.

Cuadro 21. Efecto de la proporción de HT- HL, CPL y APL, en la cohesividad de tallarines fortificados.

Concentración de derivados de <i>L. mutabilis</i> (%)	Cohesividad
Testigo	1.13 ±0.1 ^a
HL	
5	1.62 ± 0.2 ^c
CPL	
2.5	1.40 ±0.1 ^b
APL	
0.5	1.65 ± 0.2 ^{cd}
1	1.64 ± 0.3 ^{cd}
2	1.84 ± 0.3 ^d
3	1.22 ± 0.2 ^{ab}
4	1.55 ±0.2 ^{bc}

Valores con ± DS en determinaciones por triplicado.
 HL = Harina de *L.mutabilis* desgrasada y destoxificada
 CPL = Concentrado Proteico de *L.mutabilis*
 APL = Aislado Proteico de *L.mutabilis*

^{abcd} Literales distintas entre los reglones indican diferencias significativas.

6.10 Trabajo de fuerza de tallarines fortificados con derivados de *Lupinus*

El Cuadro 22, presenta los datos obtenidos para el trabajo de fuerza en tallarines fortificados con HL, CPL y APL. El valor de los tallarines con HL al 5% (86.8 kg/f) fue mayor al obtenido en el testigo (46.7 kg/f), pero no fue así para el tallarín con el 3 % de APL (52.3 kg/f) de fortificación, el cual es el más cercano al testigo y el que presento menos trabajo de fuerza fue aquel adicionado con CPL al 2.5% (10.4 kg/f).

Cuadro 22. Efecto de HT- HL, CPL y APL, en el trabajo de fuerza de tallarines.

Concentración de derivados de <i>L. mutabilis</i>	Trabajo de fuerza Kg/f
Testigo	46.7 ± 1.2 ^b
HL (%) 5	86.8 ± 12.2 ^d
CPL (%) 2.5	10.4 ± 2.2 ^a
APL (%) 0.5	59.0 ± 5.1 ^{bc}
1	61.2 ± 11.4 ^{bc}
2	71.5 ± 10.9 ^{cd}
3	52.3 ± 3.7 ^b
4	63.8 ± 7.9 ^c

Valores con ± DS en determinaciones por triplicado.

HT = Harina de Trigo

HL = Harina de *L.mutabilis* desgrasada y destoxificada

CPL = Concentrado Proteico de *L.mutabilis*

APL = Aislado Proteico de *L.mutabilis*

^{abcd} Literales distintas entre los reglones indican diferencias significativas.

6.11 Análisis químico proximal de tallarines fortificados con Aislado Proteico (APL) de *Lupinus* al 3%

El Cuadro 23 muestra el análisis químico proximal de los tallarines fortificados con APL. El contenido de proteína fue de 28.3% mayor al informado por Rayas Duarte (1996) en tallarines con harinas de *Lupinus* al 30 % (18.9); este mismo efecto se presenta en lo que Witting y col (2002) presentan en fideos con el 20 % de proteína, y con el valor reportado por Torres y col (2004), en pastas con el 10% de chícharos.

La fibra cruda en esta investigación fue de 13.0% lo cual no coincidió con Witting y col (2002), pues esta fue de 11.05, algo similar ocurrió con la humedad, estas diferencias en el análisis químico proximal con otros autores probablemente se debe a que las harinas de trigo y de *Lupinus* provinieron de diferentes regiones de cultivo.

El contenido de cenizas (0.81%) fue similar al reportado por Rayas-Duarte (1996) que fue 0.72%, pero no fue así para lo que informó Witting y col (2002), ya que los tallarines fortificados con *Lupinus* tuvieron el 1.4% de fibra. (Sin embargo el valor de contenido de proteína que reporta Bahnassey y col (1986) fue similar al obtenido en este estudio (28.3). Cabe mencionar que la fortificación de estos tallarines fue con lenteja.)

Cuadro 23. Análisis químico proximal del tallarines fortificados con Aislado Proteico (APL) de *Lupinus mutabilis* al 3%.

	Tallarines fortificados con Aislado Proteico de <i>Lupinus mutabilis</i>
Proteína (Nx6.25)	28.3 ± 0.4
Lípidos	N.D
Fibra cruda	13.0 ± 0.0
Humedad	15.53 ± 0.0
Cenizas	0.81 ± 0.1
Carbohidratos (por diferencia)	42.36 ± 0.0

N.D= No determinada

6.12 Análisis sensorial de tallarines fortificados con Aislado Proteico (APL) de *Lupinus* al 3%

En el Cuadro 24, se describen los datos obtenidos a partir del análisis sensorial realizado a 30 jueces tipo consumidor, estos resultados indican que el 68.9 % de las personas que degustaron prefirieron los tallarines elaborados con aislado de *Lupinus*, mientras que el 31.1% indicaron que era mejor la muestra comercial. Estos resultados al compararse con la escala de Karlsruhe determinan que los tallarines fortificados fueron un producto muy bueno (Wittig y col. 2002). Estos resultados concuerdan con Torres y col (2006) quienes reportan que las pastas

fortificadas con chícharo al 5 y 10% también son aceptadas por jueces semi-entrenados.

Cuadro 24. Porcentaje del análisis sensorial realizado a los tallarines fortificados.

VARIABLES	%	Probabilidad
Muestra aislado de <i>Lupinus</i>	68.9	< 0.04
Muestra comercial	31.1	< 0.04

7 CONCLUSIONES

- ✚ Los derivados de *Lupinus* (HL, CPL, y APL) presentaron contenidos de proteína altos en comparación al de los de harina de trigo.
- ✚ En el ATP las masas de harina de trigo al 3% de APL presentaron una dureza, elasticidad y cohesividad similares a la del testigo.
- ✚ La prueba de adhesividad en masas mostró que los valores más cercanos a los testigos para elasticidad y cohesividad fueron aquellos con el 3% de APL.
- ✚ La masa que presentó mayor coloración amarilla fue aquella elaborada con el 2% y el 4% de APL.
- ✚ Los tallarines que presentaron una mejor firmeza fueron aquellos fortificados con 3% de APL.
- ✚ Los tallarines con una cohesividad parecida al testigo fueron aquellos fortificados con 2.5 de CPL.
- ✚ El mejor trabajo de fuerza fue para aquellos tallarines fortificados con el 3% de APL.
- ✚ La extensibilidad presentó mejores condiciones en tallarines con el 5 % HL y el 3% de APL.
- ✚ El contenido de proteína en los tallarines fortificados aumentaron en un 67% con respecto al testigo.
- ✚ Las pruebas de análisis sensorial mostraron una buena aceptación por los tallarines fortificados con 3% de APL.

8 RECOMENDACIONES

- ✚ De este trabajo se puede derivar realizar una investigación para sopas instantaneas fortificadas con los derivados de *Lupinus*.
- ✚ Los resultados obtenidos en esta investigación podrían ser la base para elaborar productos extrudidos como botanas y cereales para desayuno.

9 BIBLIOGRAFÍA

- A.A.C.C. 1995. American Association of Cereal Chemistry. Approved Methods of American Association of Cereal Chemist. The Association, St.Paul.
- Acuña, O. y Ormaza I. 2001 Obtención de Harina, Concentrado y Aislado de Lupino (*L. mutabilis*) Jornada Internacional. Sobre Proteínas Alimentarias Ed. CYTED. Sevilla España.
- Aguilar, A. 2006. La Sopa de Pasta.
http://www.tvazteca.com.mx/hechos/invespeciales/opinion/Faaguilar/86.shtml.
Fecha de acceso: 17-Oct-2006.
- Aguilera M.J. 1993. Development of Processes and Uses of Lupinus for Food. Department of Chemical Engineering. Universidad Católica de Chile P.O: Box 6177, Santiago de Chile.
- Anantharaman, K. and Finnot, P.A. 1993. Nutritional Aspects of Food Proteins in Relation to Technology. Food Review International 9:629-655.
- Anónimo, 2001. Enriquecimiento de Cereales. Énfasis Alimentos, Tecnología y Empaque México 3: (4): 12-19.
- Anónimo, 2002. Une Graine Millenaire- Un Lupin Francais et Tracé- Note Unité de Production. Available at:http://www.lupin_gamme.com.
- Anzaldúa M.A, 1995. La Evaluación Sensorial de los Alimentos en la Teoría y la Práctica. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
- A.O.A.C.1990. Official Methods of Analysis. 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C., USA.
- Arder I.J., Weaver M.C and Angyal G. 2000. Total Folate in Enriched Cereal-Grain Products in the United States following fortification. Food Chemistry 70 (3): 275-289.
- Arroyave, G. (1975). Aminoacid Requeriments In Protein Calorie Malnutrition. Academic Press Chicago II.EUA: pp 1-18
- Aykoryd W.R (1964). Las Leguminosas en La Alimentación Humana. FAO. Roma.
- Aykoryd W.R. 1982. Las Leguminosas en La Alimentación Humana. FAO. Roma pp.82-95.
- Bahnassey M. and Khank L. 1986. Fortification of Spaghetti with Edible Legumes. II Rheological, Processing, and Quality Evaluation Studies. Cereal Chemistry.63(3): 216-219.
- Ballester D. (1980). Chemical Composition, Nutritive Value and Toxicological Evaluation of Two Species of Sweet Lupine (*L. albus* and *L. luteus*) J. Agric. Food Chem. 28:402-405.

- Bloksma, A.H. y Bushuk, W. (1988) Rheology and Chemistry of Dough in Wheat Chemistry and Technology. Ed. Por Y. Pomeranz, Ed. Am. Assoc. Cereal Chem. St. Paul, M.N.
- Borgues R.H 1987. Las Leguminosas en la Alimentación Humana (Parte 1). Cuadernos de Nutrición 10 (1) 17-32
- Bourne, M.C y Cumstock, S.H: (1981) Effect of Degree of Compression on Texture Profile Parameter, J. of Texture Studies, 12.
- Bourne, M.C. 1982, Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement, Ed. Academic Press, New. York.
- Brebaum, S. and G.J. Boland. 1996. Sweet White Lupin. a Potential Crop for Ontario. Can .J. Plant Sci. 841-849
- Bressani, R.1979. Calidad Proteínica de la Soya y su Efectividad Suplementaria. Soya noticias. 7 (100). 85-88.
- Casas A., N.B. y Ramirez O., M.E., 1998 Apuntes de Curso para Superación de Profesores: Medición de Textura en Alimentos con Maquina Universal de Deformación (Texturómetro), FES- Cuautitlán-UNAM.
- Calvo A. y Duran L. 1997. Propiedades Físicas II. Ópticas y Color de Alimentos. Temas Selectos en Tecnología de Alimentos. Editorial CYTED-IPN.
- Camacho L. 1989. Comparative Nutritional and Quality Studies of Drumdrying and Spray-Drying of Lupin Imitation Milk. Nutr. Rep. Int. 39(3):539-604
- Campos A.L. 1987. Effect of Addition of Full-Fat Sweet Flour and Rheological Properties of Dough and Baking Quality of Bread. Cereal Chem. 55(5):619.
- Charley, L.M. 1995. Utilization of Legumes. Journal Food Science 58(9):10-14.
- Chen, W.Z. y Hosenev, R.C. (1995) Wheat Flour Compound that Produces Sticky Dough: Isolation and Identification, J. Food Sci., 60(3): 434-437.
- Clark R. and Johnson S. 2003. Sensory Acceptability of Food with Added Lupin (*Lupinus angustifolius*) Kernel Fiber Using Pre-set Criteria. Journal of Food Science 67:1:356-362.
- Collins J.L and Pangloli P. 1997 Chemical, Physical and Sensory Attributes of Noodles with Added Sweetpotato and Soy Flour. Journal of Food Science. Vol 62, No. 3.
- Corre-Gannere, 1995. Rheology and Texture in Food Quality Ed. The AVI Publishing Co. Inc. Westport Conn pp.189-210.
- Cubero A. L. 1983. Utilización de Soya en Alimentos. Soya Noticias 7:(106):220-245.
- Dervas G., Doxastakis G., Hadjisarva-Zinoviadi and Triantafilakos N. 1999. Lupin Flour Addition to Wheat Flour Doughs and Effect on Rheological Properties. Food Chemistry. 66(19):67-73.

- Doescher, L.C. and Hosney, R.C. 1985. Saltine crackers: Changes in Cracker Sponge Rheology and Modification of a Cracker-Baking Procedure. *Cereal Chemistry*. 62 (3): 158-162.
- De Man, J., Volsey P., Rasper, V. and Stanley, D. (1975) *Rheology and Texture in Food Quality*, Ed. AVI Pub., Westport Conn.
- Duque R.L 1995. *Evaluación Química Biológica y Teratogénica de L. mutabilis*. Tesis de Maestría IPN-ENCB. México D.F
- El-Adaway A.I., Rahma H.E., El-Bedaway A.A and Gafar F.A. 2001. Nutritional Potential and Functional Properties of Sweet and Bitter Lupin Seed Protein Isolates. *Food Chemistry* 74 (4): 445-462.
- FAO/OMS.1991. *Protein Quality Evaluation; Food and Agricultural Organization of the United Nations: Rome, Italy*, p. 66.
- FAO.1994.<http://www.fao.org/countryprofiles/index.asp?lang=es&iso3=MEX&su>.
- Faridi H 1990. *Dough Rheology and Baked Product Texture*. Editorial American Association Cereal Chemistry; St. Paul M.N.
- Fernández-Quintela A., Macarrulla T. M y Martínez A.J. 1993. *Obtención y Caracterización de Concentrados de Proteína a Partir de Leguminosas*.
- Fernández T.M.L. and Yepiz S.M. 1986. Effects of Lysine and Methionine Fortification on Dough and Bread Characteristics. *Journal of Food Science*. 51:3:637-644
- Fleming E.S and Sosulski W.F 1977. Nutritive Value of Bread Fortified with Concentrated Plant Proteins and Lysine. *Cereal Chemistry*. 45:6:1238-1248.
- Friedman M. 1999. Chemistry, Biochemistry, Nutrition and Microbiology of Lysinoalanine, Lanthionine, and Histidinoalanine in Food and Other Proteins. *Journal Agriculture Food Chemistry* 47(4): 1295-1319.
- Gatel F and Champ M. 1998. *Grain Legumes in Human and Animal Nutrition-up to Date Results and Question Marks*. 3rd European Conference on Grain Legumes pp. 7-11.
- Groos, U. Godomar G. R., and Schoeneberger, H. (1983). The Development and Acceptability of Lupine (*L. mutabilis*) Products. *Quality. Plant Food Human. Nutrition* 32 (2): 155-164.
- Guéguen and Cerletti, 1994. *Proteins of Some Legume Seeds: Soybean, Pea, Faba Bean and Lupin*. Edited by Hudson, J.F Chapman Hill. Chap 6 pp. 145-197.
- Güemes, N. 2004. *Características Reológicas, Sensoriales y Nutricionales de Masas y Productos de Panificación Fortificados con Lupinus*. Tesis de Doctorado ENCB – IPN. México, DF.

- Hall R.S. and Johnson k.s 2004. Sensory Acceptability of Foods Containing Australian Sweet Lupin (*Lupinus angustifolius*) Flour. *Journal of Food Science*. 69:2:92-97.
- Hamed, Faridi, Jon M. Faubion, Ph 2001. *Dough Rheology and Baked Product Texture*. Published by Van Nostrand Reinhold New York.
- Hansen, L.M and Setter, C.S 1990 *Textura Evaluation of Baker Products Using Descriptive Sensory Analysis*. In *Dough Rheology and Baked Product Texture*, Editado por H. Faridi y J.M Faubion. Ed. AVI. USA
- Hoseney. C.R (1995). *Principios de Ciencia y Tecnología de los Cereales*. Ed, Acribia, Zaragoza. Pp 74.
- INEGI. 2005. www.inegi.gor.mx.
- Ivanovic D. 1983. *Formulación y Valor Nutritivo de un Sustituto Lácteo en Base a Lupinus Dulce*. *Archivos. Latinoamericanos. Nutritivos*. 33(3) 620-632
- Jímenez, M.C. 1998. *Obtención de un Análogo de Leche y de Yoghurt a Partir de la Semilla de Lupinus campestris*. Tesis de Maestría. Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos del I.P.N. México, D.F.
- Jiménez M.C., Hernández S.H., Álvarez M.G., Robledo Q. N., Martínez H.J. and Dávila O.G. 2001. Effect of Aqueous and Alkaline Thermal Treatments on Chemical Composition and Oligosaccharide, Alkaloid and Tannin Contents of *Lupinus campestris* Seeds. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 81(10):421-428.
- Johnson Q. 2000. *Flour Fortification*. *World Grain*. Nov. pp. 26-33.
- Juárez C.A (1991). *Destoxificación Comparativa de Tres Especies de Lupinus Silvestres y de Lupinus mutabilis Cultivadas en México*. Tesis de Maestría. ENCB-IPN. Méx.
- King, M.1985. *Obtention of Isolate and Concentrated of Lupin for Foods*. *Journal of Food Science* 45:3:321-324.
- Kieffer, R. and Stein, N.(1999) *Demixing in Wheat Doughs-It's Influence on Dough and Gluten Rheology*, *Cereal Chemistry*, 76 (5): 668-693.
- Kinsella E.J. 1979. *Functional Properties of Soy Proteins*. *Journal American Oil Chemistry Society*. 56:(3): 117-119.
- Kozlowskz H, Zdunczyk Z and Honke J. 1998. *Legume Grains for Food and Non Food Uses*. 3rd. European Conference on Grain Legumes pp. 43-47.
- Kyle W. S.A (1995). *The Current and Potential Uses of Lupins for Human food*. Depto. of Food Thech. Victoria University
- Lambert N and Yarwood N.1992. *Engineering Legume Seed Storage Proteins. Plant and Microbial Biotechnology*. Ed. Peter R. Shewrg, Steven Guheeridge, Cambridge University Press.

- Lang, C.E. Neises, E.K. and Walker, C.E. (1992). Effects of Additives on Flour-Water Dough Mixograms. *Cereal Chemistry*. 69 (6): 587-591
- Lee Ling., Baik Byung Kee and Jowska C.Z 1998. Garbanzo Bean Flour Usage in Cantonese Noodles. *Journal of Food Science*. Vol 63 No. 3
- López-Bellido L. 1993. The Role of Legumes Crop in Sustainable Agriculture The case of Lupin. *Advances in Lupin Research. Agronomical. Products*. 272-289.
- López G.R. 2000. Enriqueciendo Productos Panificables. *Panamericano* 5(10):24-26.
- MacRitchie F. and Lafiandra D. 1993. Structure-Function Relationships of Wheat Proteins. Ed. Am. Assoc. Cereal Chemistry; St. Paul Minnesota.
- MacRitchie F. 1999. Wheat Proteins: Characterization and Role in Flour Functionality. *Cereal Foods World*. 44:4:188-192.
- Mani, K. Eliasson, A. C., Lindahl, L. and Tragardh, C., (1992) Rheological Properties and Breadmaking Quality of Wheat Flour Doughs Made With Different Dough Mixers, *Cereal Chemistry*, 69 (2): 222-225.
- Mavrakakis, C; Doxastakis G and Kiosseoglu. 2003. Large Deformation Properties of Gels and Model Comminuted Meat Products Containing Lupin Protein. *Journal of Food Science* 68:4: 1371-1376.
- Matthews H. R. 1989. Legumes Chemistry, Technology and Human Nutrition. Ed. Marcell Dekker New York N.Y. Pag: 1-38
- Mc Guire, R.G. 1992. Reporting of Objective Color Measurements. *Hortscience* 27: pp. 193-215.
- Mendoza M. E. (1996). El Valor de las Mezclas Proteínicas en la Alimentación Humana. *Tecnología Alimentaria (México)*. Enero-Febrero.11:4-13
- Meza L.A, Rosso V.V, Ortiz.M.A y Sanchez P.E. Instructivo de Alimentos vol II, Departamento de Ingeniería Bioquímica Area de Alimentos I.P.N Mexico D.F 1997.
- Millán F.,Alaiz, M., Hernández-Pinzon, I.Sánchez, R.and Bautista,J. 1995. Study of Neutral Lipids of *Lupinus mutabilis* Meal and Isolates.*Journal of the American Oil Chemists Society*,72:7471-7475
- Mohamed A.A. and Rayas D.P. 1995. Composition of *Lupinus albus*. *Cereal Chemistry* 72(6): 643-647.
- Oliver, G and Brock, C.J. (1997). A Rheology Study of Mechanical Dough Development and Long Fermentation Processes for Cream-Cracker Dough Production. *J. Sci Food Agric*. 74:294-300
- Onayemi O. and Lorenz K. 1978. Soy Concentrate and Soy Isolate in Bread Baking. *Bakers Digest* 12 (2): 18-24.

- Paredes L.O. and Maldonado Guzmán HS. 1998. Functional Products of Plant Indigenous to Latin America: Amaranth, Quinoa, Common Beans, and Botanicals. *Functional Foods*. Ed. Technomic. Canada pp. 198-203.
- Pearson D. 1993. *Técnicas de Laboratorio para el Análisis de los Alimentos*. Ed. Acribia. Zaragoza, España.
- Peña R.J; Ortiz-Monasterio y Sayre D.K 1997. Estrategias Para Mejorar (o Mantener) la Calidad Panadera en Trigo de Alto Potencial de Rendimiento. *Explorando Altos Rendimientos de Trigo*. INIA La Estancuela, Colonia Uruguay. pp 289-306.
- Peterson D.S., Ellis Z.L., Harris DJ and Spadek ZE. 1997. Acute Toxicity of the Major Alkaloids of Cultivated *Lupinus angustifolius* Seed to Rats. *Journal Applied Toxicology* 7:51-53.
- Pflugger A.L.; Ovidio D.R.; Margiotta B.; Peña R.; Mujeeb-Kazi A. and Lafiandra D. 2001. Characterisation of High-and Low Molecular Weight Glutenin Subunits Associated to the D Genome of Megaflops *tauschii* in a Collection of Synthetic Hexaploid Wheats. *Theory Applied Genetic* 103:1293-1301.
- Pizzinato, A. and Hosney R.C. (1980) Rheological changes in Cracker Sponges During Fermentation. *Cereal Chemistry*. 57(3): 185-188
- Pons, S.M. and Fiszman, H.M. (1997) Instrumental Texture Profile Analysis with Particular Referent to Gelled System. *J. of Texture Studies*, 27.
- Porter M.A. and Skarra L.L. 1999. Reducing Costs Through the Inclusion of Soy Flour in Breads. *Cereal Foods World* 44:9:632-637.
- Rader I.J., Weaver M.C and Angyal G. 2000. Total Folate in Enriched Cereal-Grain Products in the United States following fortification. *Food Chemistry* 70(3):275-289.
- Ramirez, O.M.E. 2002 Modelamiento Matemático del Comportamiento Viscoelástico Dinámico y Textural de Masas para Elaborar Pizza. Tesis de Maestría. Departamento de Graduados e Investigación en Alimentos del I.P.N. México, D.F.
- Ranhotra S.G. 1995. Nutritional Quality of Cereals and Cereal Based Foods. *American Institute of Baking*, Manhattan, Kansas pág. 845-861.
- Ranum P. and Trood V.S.I. 1995. Effects of Enrichment on International Trade. *Cereal Foods World* 40:2:77-79.
- Ranum P. 2000. Fortification of High-Extraction Wheat Flours. *Cereal Foods World*. 45:6:267.
- Ranum P. 2001. Elemental Iron Powders in Food Fortification. *Cereal Foods World*. 46:3:137-138

- Rayas Duarte P., Mock C.M and Satterlee L. D 1996. Quality of Spaghetti Containing Backwheat, Amaranth, and Lupin Flours. *American Association of Cereal Chemistry* 73(3):381-387.
- Revista Española de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 33 (3): 285-297.
- Rios E. R. 1995. Leguminosas en la Alimentación Bovina. Instituto Italo-Latino americano. Roma, Italia.pp.745-780.
- Robinson S.D. 1991. Bioquímica y Valor Nutricio de los Alimentos. Ed. Acribia Zaragoza España pp. 128-136.
- Rodríguez, N.B. 1985. Leguminosas. *Cuadernos de Nutrición* 24(6): 12.
- Rosenthal, A.J. (1999) *Food Textura: Measurement and Perception*, Ed. Asped Publishers, USA.
- Sathe K.S., Deshpande S.S., and Salunke K.,D. 1982. Functional Properties of Lupin Seed (*Lupinus mutabilis*) Proteins and Protein Concentrates. *Journal of Food Science* 47 (4): 491-497.
- Serna.O.S. 1996. Química, Almacenamiento e Industrialización de los Cereales. Ed, Editar, México D.F. pp 30 – 85.
- Servicio de Información Estadística Agroalimentaria y Pesquera SIAP/SAGARPA. (con datos de SIACON).
- Shewry, P.R. and Tatham, A.S 1990. The Prolamin Storage Proteins of Cereal Seed: Structure Evolution. *Biochemistry y Journal* 267:1-2.
- Spies, R. 1990. Application of Rheology in the Bread Industry In *Dough Rheology and Baked Product Texture*. Editado por H. Faridi and J.M. Faubion, eds. Ed. AVI, New Cork.
- Szczesniak, A.S. 1963. Classification of Textural Characteristics, *J. Food Sci.* 28.
- Texture Technologies. 2002. The texture Report. A Newsletter for the Academic Commercial Clients of Texture Technology Corp.
- Torún B. 1988. Fortificación y Enriquecimiento de Alimentos: Consideraciones Sobre Uso para Alcanzar las Metas
- NOM-147-SSA1-1996, Bienes y Servicios. Cereales y sus Productos Método para la Determinación de Humedad, Cenizas y Sólidos Totales en Harinas.
- Nutricionales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* 38:3:647-655.
- Torres T.F., Nagata A. y Dreifva W.S. 1980. Métodos de Eliminación de Alcaloides en la semilla de *L.mutabilis*. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 30:200-207.
- Tsen C.C. and Hoover J. W. 1973. High-Protein Bread from Wheat Flour Fortified with Full-Fat Soy Flour. *Journal Food Science* 50(1):7-15.

- Urade,R; Okamoto S; Yagi T; Morimaya T; Ogawa T. and Kito M. 2003. Functions Of Soy Phosphatidylcholine in Dough and Bread Supplemented with Soy Protein. *Journal of Food Science* 68:4:1276-1282.
- Utsumi S., Yasuki Matsamura and Tomohiko Mori. 1996. Structure-Function Relationships of Soy Proteins. Research Institute for Food Science. Kyoto University, Kyoto Japan pp. 257-289.
- Walizewski K.N., Yokiushirdhilmara E. and Pardio V. 2000. L ysine and Trytofan Fortification of Nixtamalized Corn Flour. *Journal International Food* 35(5):523-525.
- Wang, F.C. and Sun X.S. 2002 Creep-Recovery of Wheat Flour Doughs and Relationship to Other Physical Dough Test and Breadmaking Performance. *Cereal Chemistry*. 79 (4): 567-571
- Weipert, D.1990 The Benefits of Basic Rheometry in Studying Dough Rheology,*Cereal Chemistry*. 67 (4):311-317.
- Wittig de Penna E., Carreño P., Urrutia X., Lopez L. and Ballester D. 1987. Sensory Evaluation and Acceptability of Cookies Enriched with Sweet Lupine Flour (*Lupinus albus* cv. Multolupa). *Journal of Food Science*. 52 (5): 1434-1435.
- Wittig de Penna E., Serrano L. Bunger A. Soto D. López L. Hernandez N. y Ruales J. 2002. Optimización de una Formulación de Espaguetis Enriquecidos con Fibra Dietética y Micronutrientes para el Adulto Mayor. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*
- Weegels P.L.; Hamer R.J.; and Schofield J.D 1996. Critical Review: Functional Properties of Wheat Glutenin. *Journal Cereal Science*. 23:1-18.
- Wulf H, Cafati C. y Yáñez. 1989. Fortificación del Pan con Harina de Frejoles (*Phaseolus vulgaris* L.). Aspectos Farinologicos y de Panificación. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 39:4:613-618.
- Yañes E; V. Gattas y D.Ballester. (1979). Valor nutritivo del *Lupinus* y su Potencial como Alimento Humano. *Arch Latinoam. Nutr.* 29:510-520.
- Yañes E., Wulf H, Cafati C., Acevedo G. y Revco V. 1989. Fortification del Pan con Harina de Frijoles (*Phaseolus vulgaris* L.). II. Valor Nutritivo del Pan Fortificado. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 39:4:620-630.

10 ANEXOS

Concentrado de resultados de la prueba de APT de Masas fortificadas.

Concentración de derivados de <i>L.mutabilis</i>	Dureza (kg/f)	Elasticidad(-)	Cohesividad	Adhesividad (-)
Testigo	37.03 ± 7.8 ^a	0.18 ± 0.0 ^c	1.60 ± 0.2 ^a	173.2 ± 0.8 ^a
HL (%)				
5	23.70 ± 1.9 ^b	1.29 ± 0.2 ^a	1.57 ± 0.1 ^a	435.9 ± 11.9 ^b
10	13.95 ± 2.7 ^{bc}	1.23 ± 0.4 ^a	1.55 ± 0.1 ^a	531.2 ± 18.1 ^b
15	18.85 ± 1.9 ^b	1.10 ± 0.1 ^{ab}	1.45 ± 0.0 ^{ac}	431.8 ± 78.6 ^b
20	21.72 ± 1.7 ^{ab}	1.29 ± 0.3 ^a	1.50 ± 0.2 ^a	359.1 ± 70.1 ^c
CPL (%)				
2.5	14.30 ± 0.7 ^{bc}	0.96 ± .04 ^{ab}	1.43 ± 0.0 ^c	412.9 ± 17.4 ^b
5	13.56 ± 2.4 ^c	0.99 ± 0.3 ^{ab}	2.17 ± 0.1 ^d	103.3 ± 9.1 ^c
7.5	19.11 ± 0.3 ^b	1.06 ± 0.1 ^{ab}	2.00 ± 0.2 ^b	121.9 ± 17.5 ^c
10	15.78 ± 2.2 ^{bc}	1.06 ± 0.3 ^{ab}	2.15 ± 0.0 ^d	157.1 ± 18.5 ^c
APL (%)				
0.5	26.89 ± 3.0 ^{ab}	0.98 ± 0.1 ^{ab}	1.65 ± 0.3 ^a	279.3 ± 9.1 ^{bc}
1	17.40 ± 2.7 ^{bc}	1.00 ± 0.2 ^{ab}	1.47 ± 0.0 ^{ac}	323.5 ± 3.4 ^{bc}
2	22.90 ± 8.1 ^{ab}	0.89 ± 0.1 ^b	2.17 ± 0.0 ^d	132.9 ± 32.2 ^{ac}
3	17.29 ± 3.6 ^{bc}	0.99 ± 0.2 ^{ab}	1.91 ± 0.2 ^b	181.3 ± 17.3 ^{ac}
4	22.56 ± 5.3 ^{ab}	0.84 ± 0.1 ^b	1.62 ± 0.3 ^a	468.9 ± 38.9 ^b

Valores con ± DS en determinaciones por triplicado. ^{ab} Indican diferencia significativa entre hileras.

HL = Harina de *L.mutabilis* desgrasada y destoxificada

CPL = Concentrado Proteico de *L.mutabilis*

APL = Aislado Proteico de *L.mutabilis*

^{abc} Literales distintas entre los reglones indican diferencias significativas.

Efecto de la proporción de HL, CPL y APL-HT, en la textura de Tallarines.

Concentración de derivados de <i>L.mutabilis</i>	Firmeza (Kg/f)	Elasticidad (mm)	Cohesividad	Trabajo de fuerza Kg/f
Testigo	0.527 ± 0.01 ^d	94.8 ± 0.7 ^a	1.13 ± 0.1 ^a	46.7 ± 1.2 ^b
HL (%)				
5	0.708 ± 0.01 ^b	51.5 ± 2.1 ^{bc}	1.62 ± 0.2 ^c	86.8 ± 12.2 ^d
CPL (%)				
2.5	0.868 ± 0.01 ^a	37.8 ± 2.4 ^c	1.40 ± 0.1 ^b	10.4 ± 2.2 ^a
APL (%)				
0.5	0.621 ± 0.37 ^c	47.1 ± 2.6 ^{bc}	1.65 ± 0.2 ^{cd}	59.0 ± 5.1 ^{bc}
1	0.609 ± 0.07 ^c	65.9 ± 2.3 ^b	1.64 ± 0.3 ^{cd}	61.2 ± 11.4 ^{bc}
2	0.592 ± 0.05 ^c	46.6 ± 1.2 ^{bc}	1.84 ± 0.3 ^d	71.5 ± 10.9 ^{cd}
3	0.467 ± 0.03 ^d	48.2 ± 1.2 ^{bc}	1.22 ± 0.2 ^{ab}	52.3 ± 3.7 ^b
4	0.504 ± 0.30 ^d	63.3 ± 0.1 ^{bc}	1.55 ± 0.2 ^{bc}	63.8 ± 7.9 ^c

Valores con ± DS en determinaciones por triplicado.

HL = Harina de *L.mutabilis* desgrasada y destoxificada

CPL = Concentrado Proteico de *L.mutabilis*

APL = Aislado Proteico de *L.mutabilis*

^{abcd} Literales distintas entre los reglones indican diferencias significativas.