

**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL**  
**FACULTAD DE ING. QUÍMICA**



Tesis presentada como parte de los requisitos de la  
**Universidad Nacional del Litoral**  
para la obtención del Grado Académico de  
**Magíster en Ciencia y Tecnología de Alimentos**

**“HARINA DE ARVEJA EN LA ELABORACIÓN DE PAN. ESTUDIO  
DEL EFECTO DE EMULSIONANTES COMO MEJORADORES DE  
VOLUMEN Y VIDA ÚTIL”**

**INSTITUTO DE TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS (FIQ)**

**Tesista:** Bioqca. María Celia Alasino

**Director:** Ing. Hugo Diego Sánchez

**Co – Directora:** Bioqca. María Adela de la Torre

*A mi familia, en especial a  
Federico, Lucía, Leandro y Justina  
por el apoyo incondicional*

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi director y codirectora de tesis, Ing. Hugo Diego Sanchez y Bioqca. María A. de la Torre, por brindarme la posibilidad de realizar este trabajo bajo su orientación, además de su acompañamiento y estímulo permanente.

Al Bioqco. Carlos Osella y al Ing. Oscar Andrich por su predisposición y colaboración constante.

A todas aquellas personas, docentes y no docentes que pertenecen a distintas áreas del ITA que han contribuido a la concreción de este proyecto.

# ÍNDICE

# INDICE DE CONTENIDOS

## Página

### RESUMEN

<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>I.1. Seguridad Alimentaria y Agricultura</b>	1
<b>I.2. Trigo</b>	2
<i>I.2.1. Aspectos generales</i>	2
<i>I.2.2. Producción y comercio del trigo</i>	4
<i>I.2.3. Utilización del trigo</i>	5
<i>I.2.4. Características del grano del trigo</i>	6
<i>I.2.5. Composición química</i>	10
<i>I.2.6. Aspectos nutricionales de los cereales</i>	17
<i>I.2.7. Harina de trigo</i>	19
<b>I.3. Arveja</b>	
<i>I.3.1. Aspectos generales</i>	21
<i>I.3.2. Producción</i>	22
<i>I.3.3. Usos</i>	23
<i>I.3.4. Composición química</i>	24
<i>I.3.5. Lipoxigenasa</i>	29
<i>I.3.6. Compuestos bioactivos</i>	31
<i>I.3.7. Factores antinutricionales</i>	32

<b>I.4. Nutrición</b>	
<i>I.4.1. Análisis de los aspectos nutricionales</i>	33
<i>I.4.2. Proteínas</i>	36
<i>I.4.3. Hidratos de carbono</i>	42
<i>I.4.4. Fibras</i>	44
<i>I.4.5. Minerales</i>	45
<i>I.4.6. Compuestos bioactivos</i>	45
<i>I.4.7. Efectos de las condiciones del proceso sobre el valor biológico</i>	45
<b>I.5. Panificación</b>	47
<i>I.5.1. Pan</i>	47
<i>I.5.2. Generalidades de la elaboración del pan</i>	47
<i>I.5.3. Uso de harina de arveja en el pan</i>	53
<i>I.5.4. Ventajas del uso de arveja en panificación</i>	55
<b>I.6. Objetivos</b>	58
<i>I.6.1. Generales</i>	58
<i>I.6.2. Específicos</i>	58

<b>II. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	59
<b>II.1. Materias primas</b>	59
<b>II.2. Métodos</b>	60
<i>II.2.1. Obtención de harina de arveja inactivada</i>	60
<i>II.2.1.1. Inactivación de la lipoxigenasa de la arveja</i>	60
<i>II.2.1.2. Técnica de molienda</i>	60
<i>II.2.1.3. Determinación de la actividad de lipoxigenasa</i>	62
<i>II.2.1.4. Evaluación sensorial por panel entrenado</i>	63
<i>II.2.2. Selección de variables y sus puntos extremos en la formulación de panes</i>	65
<i>II.2.3. Proceso de panificación</i>	68
<i>II.2.4. Evaluación de la calidad proteica de panes suplementados con harina de arveja</i>	70
<i>II.2.5. Análisis estadístico</i>	71
<i>II.2.5.1. Diseño experimental</i>	71
<i>II.2.5.2. Análisis de varianza</i>	73
<i>II.2.5.3. Verificación de la idoneidad del modelo</i>	73
<i>II.2.6. Evaluación de las respuestas del diseño experimental</i>	74
<i>II.2.6.1. Propiedades físicas de la masa</i>	74
<i>II.2.6.2. Consistencia de la masa panaria</i>	77
<i>II.2.6.3. Volumen específico de los panes</i>	77
<i>II.2.6.4. Evaluación sensorial por panel de expertos</i>	77
<i>II.2.6.4.1. Puntaje total</i>	78

II.2.6.4.2. <i>Puntaje textura de la miga</i>	79
II.2.6.5. <i>Humedad y actividad acuosa</i>	80
<i>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</i>	
III.1. <i>Obtención de harina de arveja inactivada</i>	82
III.1.1. <i>Inactivación de la lipoxigenasa de arveja</i>	82
III.1.2. <i>Técnica de molienda</i>	84
III.1.3. <i>Evaluación sensorial por panel entrenado</i>	85
III.2. <i>Selección de variables y sus puntos extremos para la formulación de panes</i>	90
III.2.1. <i>Nivel de suplementación con harina de arveja</i>	90
III.2.2. <i>Estudio de los aditivos mejoradores de volumen</i>	91
III.2.3. <i>Estudio de los aditivos mejoradores de vida útil</i>	94
III.3. <i>Evaluación de la calidad proteica de panes suplementados con harina de arveja</i>	97
III.4. <i>Evaluación de las respuestas del diseño experimental</i>	101
III.4.1. <i>Propiedades físicas de la masa</i>	103
III.4.1.1. <i>Absorción de agua</i>	103
III.4.1.2. <i>Estabilidad</i>	105
III.4.1.3. <i>Ablandamiento</i>	108
III.4.1.4. <i>Relación elasticidad/extensibilidad</i>	111
III.4.1.5. <i>Energía alveográfica</i>	114



<i>III.4.2. Consistencia de la masa panaria</i>	116
<i>III.4.2.1. Consistencia al final del amasado</i>	116
<i>III.4.2.2 Work input</i>	118
<i>III.4.3. Volumen específico de los panes</i>	121
<i>III.4.4. Evaluación sensorial</i>	123
<i>III.4.4.1. Puntaje total</i>	123
<i>III.4.4.2. Puntaje textura de la miga</i>	126
<i>III.4.5. Humedad y actividad acuosa</i>	128
<i>III.5. Verificación de la idoneidad del modelo</i>	132
<i>CONCLUSIONES</i>	135
<i>BIBLIOGRAFÍA</i>	137
<i>ANEXO</i>	151

## INDICE DE TABLAS

	<u>Página</u>
<b>Tabla I.1.</b> Situación mundial de trigo	5
<b>Tabla I.2.</b> Composición química del grano de trigo	13
<b>Tabla I.3.</b> Composición de aminoácidos del gluten, gliadina y glutenina	16
<b>Tabla I.4.</b> Composición de aminoácidos de los cereales	18
<b>Tabla I.5.</b> Composición química media de los granos de cereales	19
<b>Tabla I.6.</b> Composición química de arvejas	26
<b>Tabla I.7.</b> Ecuaciones de regresión para pronosticar niveles de aminoácidos en las arvejas comunes desde el contenido de proteína cruda	26
<b>Tabla I.8.</b> Contenido energético de la arveja	28
<b>Tabla I.9.</b> Requerimientos individuales promedio de energía y niveles seguros de ingesta para proteína y hierro	34
<b>Tabla I.10.</b> Niveles seguros de ingesta para varios micronutrientes	35
<b>Tabla I.11.</b> Necesidades de aminoácidos de niños en edad escolar	39
<b>Tabla I.12.</b> Contenido medio en proteínas de algunos alimentos	41
<b>Tabla I.13.</b> <i>Score</i> de aminoácidos en arveja	42
<b>Tabla II.1.</b> Identificación de muestras y variables independientes	65
<b>Tabla II.2.</b> Formulación de panes de molde	66
<b>Tabla II.3.</b> Formulación de panes de molde sustituidos con harina de arveja	68
<b>Tabla II.4.</b> Resultados farinográficos de las mezclas Trigo - arveja	70
<b>Tabla II.5.</b> Diseño central compuesto: variables y niveles	72
<b>Tabla II.6.</b> Puntajes máximos asignados a la evaluación sensorial	79
<b>Tabla III.1.</b> Efecto del escaldado sobre la actividad enzimática	83
<b>Tabla III.2.</b> Resultado del análisis de variancia para los atributos evaluados	86

<b>Tabla III.3.</b> Volumen específico y evaluación sensorial de panes con harina de arvejas	90
<b>Tabla III.4.</b> Efecto de aditivos oxidantes sobre las características de los panes	92
<b>Tabla III.5.</b> Efecto de aditivos emulsionantes sobre las características de los panes	94
<b>Tabla III.6.</b> Efecto de los emulsionantes sobre la textura de los panes	95
<b>Tabla III.7.</b> Mejoramiento proteico en panes suplementados	97
<b>Tabla III.8.</b> Efecto de la suplementación con harina de arveja sobre el contenido de aminoácidos	98
<b>Tabla III.9.</b> Estudio del efecto de la suplementación con harina de arveja sobre el <i>Score</i> químico	98
<b>Tabla III.10.</b> Mejoramiento del contenido de lisina de las mezclas	99
<b>Tabla III.11.</b> Estudio del <i>score</i> de aminoácidos corregido por la digestibilidad proteica	100
<b>Tabla III.12.</b> Factores evaluados en diseño experimental y sus respuestas	102
<b>Tabla III. 13.</b> Análisis de varianza para absorción de agua	104
<b>Tabla III.14.</b> Análisis de varianza para estabilidad	106
<b>Tabla III.15.</b> Análisis de varianza para ablandamiento	108
<b>Tabla III.16.</b> Análisis de varianza para P/L	112
<b>Tabla III.17.</b> Análisis de varianza para W	114
<b>Tabla III.18.</b> Análisis de varianza para consistencia de la masa	116
<b>Tabla III.19.</b> Análisis de varianza para <i>work input</i>	119
<b>Tabla III.20.</b> Análisis de varianza para volumen específico	121
<b>Tabla III.21.</b> Análisis de varianza para puntaje total	124
<b>Tabla III.22.</b> Análisis de varianza para puntaje por textura	126
<b>Tabla III.23.</b> Análisis de varianza para humedad	129
<b>Tabla III.24.</b> Análisis de varianza para actividad acuosa	130

## INDICE DE FIGURAS

	<u>Página</u>
<b>Figura I.1.</b> Esquema del grano de trigo	9
<b>Figura II.1.</b> Equipo utilizado en la molienda de arveja a escala piloto	61
<b>Figura II.2.</b> Farinógrafo de Brabender	75
<b>Figura II.3.</b> Alveógrafo de Chopín	76
<b>Figura III.1.</b> Efecto de la inactivación sobre la actividad de lipoxigenasa	83
<b>Figura III.2.</b> Esquema del proceso de molienda de arveja	84
<b>Figura III.3.</b> Perfil sensorial para las muestras sustituidas con 5 %, 10 % y 15 % de harina de arveja sin inactivación	87
<b>Figura III.4.</b> Perfil sensorial para las muestras sustituidas con 5 %, 10 % y 15 % de harina de arveja con un minuto de inactivación	88
<b>Figura III.5.</b> Perfil sensorial para las muestras sustituidas con 5 %, 10 % y 15 % de harina de arveja con 1.5 minutos de inactivación	89
<b>Figura III.6.</b> Efecto de los oxidantes sobre el volumen específico de los panes	93
<b>Figura III.7.</b> Efecto de los oxidantes sobre el puntaje de los panes	93
<b>Figura III.8.</b> Efecto de los emulsionantes sobre el volumen específico de los panes	95
<b>Figura III.9.</b> Efecto de los emulsionantes sobre el puntaje de los panes	96
<b>Figura III.10.</b> Evaluación del efecto de la suplementación con harina de arveja sobre el <i>score</i> químico de las mezclas	99
<b>Figura III.11.</b> Superficie de respuesta para Absorción de agua	104
<b>Figura III.12.</b> Curvas de contornos para Absorción de agua	105
<b>Figura III.13.</b> Superficie de respuesta para Estabilidad	107
<b>Figura III.14.</b> Curvas de contornos para Estabilidad	107
<b>Figura III.15.</b> Superficie de respuesta para Ablandamiento	110
<b>Figura III.16.</b> Curvas de contornos para Ablandamiento	110
<b>Figura III.17.</b> Superficie de respuesta para Relación Elasticidad/Extensibilidad	113

<b>Figura III.18.</b> Curvas de contornos para Relación Elasticidad/Extensibilidad	113
<b>Figura III.19.</b> Superficie de respuesta para W	115
<b>Figura III.20.</b> Curvas de contornos para W	115
<b>Figura III.21.</b> Superficie de respuesta para consistencia de la masa	117
<b>Figura III.22.</b> Curvas de contornos para consistencia de la masa	117
<b>Figura III.23.</b> Superficie de respuesta para <i>Work input</i>	120
<b>Figura III.24.</b> Curvas de contornos para <i>Work input</i>	120
<b>Figura III.25.</b> Superficie de respuesta para Volumen específico	122
<b>Figura III.26.</b> Curvas de contornos para Volumen específico	123
<b>Figura III.27.</b> Superficie de respuesta para Puntaje total	125
<b>Figura III.28.</b> Curvas de contornos para Puntaje total	125
<b>Figura III.29.</b> Superficie de respuesta para Puntaje por textura	127
<b>Figura III.30.</b> Curvas de contornos para Puntaje por textura	127
<b>Figura III.31.</b> Superficie de respuesta para Humedad	129
<b>Figura III.32.</b> Curvas de contornos para Humedad	130
<b>Figura III.33.</b> Superficie de respuesta para Actividad de agua	131
<b>Figura III.34.</b> Curvas de contorno para Actividad de agua	131
<b>Anexo</b>	
<b>IV.1.</b> Fermentación de los panes	151
<b>IV.2</b> Panes realizados para el estudio del efecto de la inactivación de la enzima lipoxigenasa sobre las características sensoriales	152
<b>IV.3.</b> Panes de experiencias finales	153
<b>IV.4.</b> Pan óptimo en comparación con testigo	156

## **RESUMEN**

## **RESUMEN**

El objetivo del presente trabajo fue analizar el efecto de la incorporación de harina de arveja sobre las características tecnológicas, sensoriales y nutricionales de panes de molde con diferentes niveles de suplementación. Además estudiar el efecto de emulsionantes y oxidantes sobre las características tecnológicas y vida útil.

La elaboración de panes con harina de arveja permite mejorar la calidad proteica e incrementar el contenido en fibra. La harina de arveja es una fuente relativamente barata de proteínas y fácil de producir. La elaboración de panes con harina de arveja permite obtener un producto de bajo costo y con mayor valor nutricional.

Se diseñó una metodología de molienda de la arveja seca, apropiada para obtener el máximo aprovechamiento de la arveja, lograr la mayor separación de fibras y a la vez obtener una harina aceptable para panificación.

Se determinó la absorción de agua de la masa con harina de trigo y con distintos niveles de reemplazo de harina de arveja: 5%, 10%, 15% y 20%, además se realizaron los correspondientes ensayos de panificación.

Se estudió el efecto de la inactivación de la enzima lipoxigenasa presente en la harina de arveja, responsable de la producción de aromas y sabores desagradables. Se realizaron ensayos a fin de obtener la temperatura y tiempos óptimos para dicha inactivación. Se determinó la actividad de lipoxigenasa inicial y residual. Se estudió del efecto de la inactivación sobre las características sensoriales de los panes de molde elaborados con harina de arveja cruda y de distintos tiempos de inactivación.

Se determinó el contenido proteico de las diferentes harinas y el mejoramiento del contenido de aminoácidos y proteínas en los distintos niveles de suplementación con harina de arvejas.

Se analizó el efecto de distintos emulsionantes y oxidantes sobre las características generales de los panes y especialmente en textura, volumen específico y aceptabilidad. Con dichos ensayos se seleccionaron el emulsionante y oxidante que posibilitaron la obtención de mejores panes y se determinaron los valores extremos de aditivos a usar en un diseño experimental.

Se determinó la formulación que permitiera obtener panes de superiores características. A tal fin, se evaluaron absorción de agua, ablandamiento y estabilidad, relación elasticidad/extensibilidad, energía alveográfica, consistencia de la masa al final del amasado, *work input*, volumen específico de los panes, textura, color y actividad de agua.

Del análisis de los datos se seleccionó la condición óptima, para lo cual se buscó una situación de compromiso entre el mejoramiento nutricional y la aceptabilidad en la evaluación sensorial. En la formulación seleccionada se suplementó al pan con un 10 % de harina de arveja inactivada durante 1,0 minuto en agua a 100 ° C, utilizando como aditivos SSL y ADA en las concentraciones de 1,2 % y 55 ppm respectivamente. Se lograron panes mejorados nutricionalmente y con aceptables características sensoriales.



# **INTRODUCCIÓN**

# **I. INTRODUCCIÓN**

## **I.1 SEGURIDAD ALIMENTARIA Y AGRICULTURA**

Se cree que la agricultura deberá alimentar a una población creciente pronosticada en 8000 millones de personas para el 2020, de los cuales 6700 millones estarán en países en desarrollo donde la capacidad de carga de regiones agrícolas pronto será alcanzada.

En América Latina y el Caribe, a pesar de la abundancia de recursos naturales y las inversiones continuadas en desarrollo, la pobreza e inseguridad alimentaria afectan a más del 55 % de la población rural (Izquierdo y de la Riva, 2000).

La Cumbre Mundial de la Alimentación (Roma, 1996) definió a la seguridad alimentaria de la siguiente manera: “Existe seguridad alimentaria cuando todas las personas tienen en todo momento acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimenticias y sus preferencias en cuanto a los alimentos a fin de llevar una vida sana y activa”. La seguridad alimentaria también se refiere a

la calidad de los alimentos y a la utilización biológica; entonces no sólo implica déficit de energía sino de otros nutrientes - hambre oculta (Onema, 2001).

La malnutrición está ampliamente distribuida en todo el mundo. El principal problema nutricional es la malnutrición calórico-proteica, especialmente entre niños de los países en desarrollo. La población de menores ingresos es particularmente vulnerable, debido a su poder adquisitivo bajo y a que las fuentes convencionales de proteínas son generalmente más costosas y están más allá del poder adquisitivo de dicho grupo. Es por eso que se debe enfocar la atención en proteínas de origen vegetal. Se pretende mejorar la calidad proteica de las mismas ya que provienen de alimentos fácilmente disponibles y accesibles, a fin de mejorar el estado nutricional de los grupos poblacionales de menores recursos (Bender, 1977; Iqbal y col., 2005).

Comparando los distintos nutrientes, los hidratos de carbono son relativamente fáciles y baratos de producir, las grasas son menos importantes y podrían, si fuera necesario, sintetizarse, y la mayoría de las vitaminas se sintetizan a escala industrial: sin embargo la producción de proteínas es cara y difícil (Bender, 1977). Debido a su escasez y a la importancia que tienen como nutrientes, los alimentos proteicos se han convertido actualmente en uno de los principales focos en la elaboración de alimentos.

## **I.2 TRIGO**

### **I.2.1 Aspectos generales**

Se designa con el nombre de trigos a especies del género *Triticum*, de la familia de las gramíneas (Calvel, 1983). El trigo pertenece a los cereales, de los cuales; los más cultivados son el trigo, el maíz, el arroz, la cebada, la avena, el sorgo y el mijo.

El cultivo de trigo es, desde la prehistoria el más importante de los cereales debido a que se adapta a una gran variedad de suelos y a diferentes climas (Quaglia, 1991).

Hoy en día crece en más áreas de cultivo que cualquier otro grano comercial y continúa siendo el grano alimenticio más importante para los humanos. Su producción lidera todas las cosechas, incluyendo el arroz, maíz y papas (Curtis, 2002). Actualmente se realizan investigaciones para mejorar la producción y calidad. Se busca producir variedades con mayor contenido proteico y porcentaje de aminoácidos esenciales. Se busca relacionar genes específicos con las propiedades funcionales del trigo para panificación.

El trigo puede ser clasificado de diversas maneras, pero la distinción fundamental se basa en la botánica de la planta del trigo. Si bien se describen 18 especies de trigo, muy pocas de ellas se cultivan comercialmente (Shellenberger, 1978).

Las diversas formas del género *Triticum* se agrupan de la siguiente manera (Pomeranz J., 1988): T. Monococcum (Eikorn), T. Dicoccum (Emmer), T. Durum (Durum), T. Polonicum (Polaco), T. Turgidum (Poulard), T. vulgare (Pan), T. Suelta (Suelta) y T. Compactum (Club).

Se cultivan unas diez especies del género *Triticum*, pero sólo dos de éstas presentan interés desde el punto de vista comercial: el *Triticum vulgare* y el *Triticum durum*. El *Triticum vulgare* se muele con el fin de producir una harina que se emplea para la elaboración de pan, tortas, galletas o productos similares. El *Triticum durum*, una vez molido, se emplea para la producción de pastas alimenticias (Quaglia, 1991).

Aproximadamente el 90 - 95 por ciento del trigo producido en el mundo (USDA, 1998), es el trigo común (*T. aestivum*), el cual es más conocido como trigo duro o trigo blando, dependiendo de la dureza del grano.

Para propósitos comerciales, en Estados Unidos, el trigo se clasifica en distintas categorías por la dureza del grano (blando, semi-duro y duro) y color (rojo, blanco y ámbar). Puede ser subdividido en subclases basadas en el hábito de crecimiento (primavera o invierno). Cada subclase de trigo puede además ser agrupada en grados, los cuales son generalmente usados para ajustar el precio de base de un *stock* de trigo mediante la aplicación de premios o castigos (Peña, 2002).

En Argentina existen Reglamentaciones sobre el comercio de granos que tiene establecidos estándares para los granos de trigos basados en diversos factores como la textura, color, materia extraña, granos quebrados, humedad, peso hectolítrico, etc.

### **I.2.2 Producción y comercio del trigo**

El trigo crece en más de 240 millones de hectáreas, más que cualquier otro cereal y el comercio mundial es mayor que el de todos los otros cereales juntos. La producción mundial de trigo aumentó drásticamente durante el periodo 1951-1990. Dicho aumento se debe fundamentalmente a la mejora genética de los cultivos y al progreso en las prácticas agronómicas. La misma se ha mantenido por encima de los 500 millones de toneladas desde 1986 y ha permanecido relativamente constante desde 1990. Las exportaciones de los países de altos ingresos han caído aproximadamente de un 45 por ciento en 1950 a 35 por ciento en los años recientes debido a cambios de política para preservar los suelos, las cuales han disminuido las áreas de producción. En los últimos años, los países en desarrollo han producido más de un 45 por ciento del trigo mundial (Curtis, 2002). De un total mundial de 99450 miles de toneladas (MT) que se exportaron en el año 2003 a nivel mundial, Argentina exportó 8000 MT (Bolsa de Cereales de Bs. As., 2003). En la Tabla I.1 se presenta un panorama sobre la situación mundial del trigo según, Flake 2005.

En Argentina se cultiva el *T. Vulgare* (Trigo Pan) y el *T. Durum* (Trigo candeal). El cultivo del primero de ellos se concentra principalmente en la denominada Pampa húmeda que abarca las provincias de Buenos Aires, Santa Fe, Córdoba, La Pampa y Entre Ríos. Mientras que el trigo candeal o trigo para fideos se cultiva exclusivamente al sur de la provincia de Buenos Aires (Calvel, 1983).

La región triguera típica de Argentina ocupa las provincias de Santa Fe, Entre Ríos, Buenos Aires, Córdoba y La Pampa. Durante la campaña 2004-2005, la superficie sembrada en Argentina, fue de 6.240.000 hectáreas con un área efectivamente cosechada de 6.040.000 ha, la producción estimada de todas las variedades sembradas ascendería a 16 millones de toneladas obteniéndose un rendimiento promedio nacional de 26,5 qq/ha. (Yalungo, 2006). En

la campaña 2005-2006 se sembraron en Argentina 5.212.450 hectáreas. La producción fue de 12.575.175 toneladas (Yalungo, 2007).

**Tabla I.1**

**Situación mundial del trigo.**

Millones de toneladas			
	<b>2003/2004</b>	<b>2004/2005</b>	<b>2005/2006</b>
Producción	555	626	611
Consumo	589	609	620

### **I.2.3 Utilización del trigo**

El uso principal de este cereal es en productos de panificación. Esto se debe principalmente a la capacidad de dar esponjosidad por la acción de la fermentación. Esta característica es sólo compartida en forma parcial con el centeno, los demás cereales no la poseen. Para elaborar el pan se mezcla la harina de trigo con todos los ingredientes necesarios, se amasa y se deja reposar para que los azúcares al fermentar, produzcan el anhídrido carbónico que hace aumentar el volumen y finalmente se realiza la cocción. Esta capacidad de esponjosidad se debe principalmente a las proteínas, pero también influyen otros componentes como el almidón, los lípidos, etc. El uso del trigo se extiende además, a la elaboración de galletas, tortas y pastas alimenticias (Badui Dergal y col., 1999).

La harina de trigo para todo propósito es usada ampliamente por las amas de casa, algún tipo de trigo es convertido en grano de cereal para desayuno y una amplia variedad de alimentos dietéticos y especialidades. Los subproductos de industria molinera son usados en la fabricación de alimentos, producción de concentrados proteicos o enzimáticos, y por varias

industrias orgánicas y microbiológicas. El grano de trigo es germinado para malteado y elaboración de cerveza. Otro destino es su fraccionamiento en almidón y gluten, que sirven respectivamente, como una fuente concentrada de hidratos de carbono y proteínas (Pomeranz, 1980).

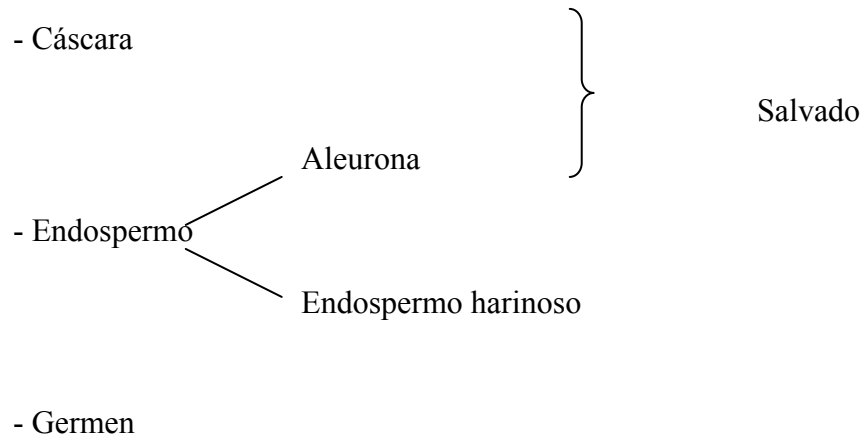
La información que existe acerca del consumo *per-cápita* de varios cereales, demuestra claramente la importancia del trigo en muchos países como una de las principales fuentes de alimento entre los cereales. Es de conocimiento que en algunos de los países más industrializados ha ocurrido una reducción en el consumo *per-cápita* de los cereales debido a la competencia con otros alimentos como los productos lácteos, huevo, fruta y carnes, ya que las modernas técnicas de comercialización permiten que los mismos estén disponibles bajo condiciones que no existían unos pocos años atrás. No hay evidencia, sin embargo, que los productos de trigo hayan bajado en popularidad entre los cereales. Si bien cuando disminuye el consumo de cereales se afecta el consumo de todos los productos derivados de ellos, en el caso del trigo, esta tendencia es menor que en otros granos (Shellenberger, 1978).

#### **I.2.4 Características del grano de trigo**

El grano de trigo es un fruto seco que contiene en su interior la semilla propiamente dicha (Calvel, 1983).

La cariósida del trigo tiene una estructura muy compleja, en forma de nuez alargada, con una única semilla que presenta longitudinalmente un hundimiento y en la parte opuesta el embrión, una barbilla o pincel. Se describe en la Fig I.1.

Está constituida por las siguientes partes:



La cáscara contiene al pericarpio que constituye la envoltura externa del fruto. Está formado por varias capas de células y precisamente el epicarpio es la más externa de ellas.

El espermodermo, también llamado tegumento, es una envoltura que sirve para proteger la propia semilla y su función es la máxima importancia porque de su eficacia depende la defensa del embrión así como del endospermo. Reviste notable importancia en relación a los fenómenos de absorción de líquidos o de las soluciones. Está constituido por dos capas alargadas de células que tienen un espesor reducido. Tiene gran contenido en sustancias de naturaleza celulósica y sales.

Bajo la última capa del espermodermo existe una capa extremadamente sutil de células poligonales que llevan el nombre de perismo y puede considerarse como un residuo del tejido nuclear más externo, que erróneamente viene llamándose capa hialina. Separa la última capa del espermodermo de la capa de células de aleurona, tiene un carácter fundamentalmente celulósico y durante la molienda, sigue la suerte de todas las envolturas de la cariósida.

Bajo las envolturas y por éstas protegido y custodiado se encuentra el endospermo, que a los efectos de la alimentación, es la parte más importante de la cariósida. Está



constituido por dos partes, la capa aleurónica, más externa y el endospermo harinoso, situado debajo.

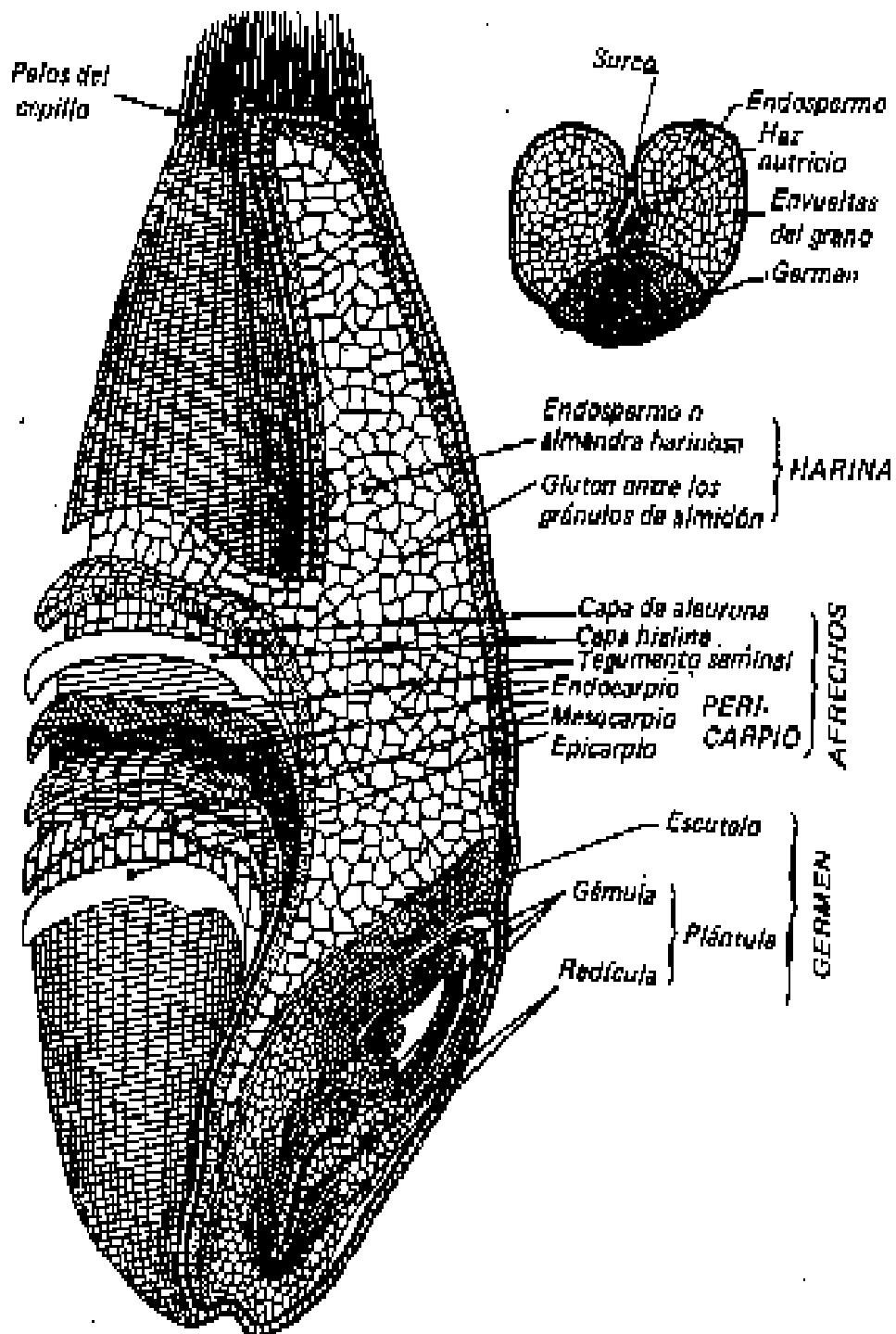
La capa de aleurona está formada por células grandes y es la región del grano particularmente rica en proteínas, grasa, sustancias minerales, vitaminas y enzimas, por lo que tiene un valor alimenticio muy elevado, inferior solamente al del embrión pero muy superior al del endospermo harinoso.

El endospermo harinoso está constituido por células poliédricas alargadas cuyas dimensiones son diferentes, siendo más pequeñas en la periferia y más grandes a medida que se van al centro del endospermo. Esta región es menos rica en proteínas, grasas, sustancias minerales, vitaminas y enzimas que el embrión y que la capa aleurónica pero es a la vez la única parte que contiene almidón.

El embrión o germen está situado en la base de la semilla, y constituye el aparato germinativo del grano; puede ser considerado como una plantita en miniatura completa en todas sus partes, pronta a desarrollarse apenas se produzcan las condiciones apropiadas (Quaglia, 1991).

Fig. I.1

Esquema del grano de trigo



### I.2.5 Composición química

El contenido de agua puede ser de 8 % en granos obtenidos en zonas o climas secos y de 17-18 % en granos producidos en zonas de clima particularmente húmedos. La humedad representa un índice comercial muy importante, ya que influyen en el peso específico del grano y aún cuando no afecta el rendimiento molinero, influye igualmente en la conservación de la harina durante el almacenamiento y en sus características tecnológicas.

El 72% del peso de la cariósida del trigo está constituido por hidratos de carbono, a su vez formados por el 60-68% de almidón, el 6.5% de pentosanos, el 2% al 2.5% de celulosa y el 1.5% de azúcares reductores (Quaglia, 1991).

El componente glucídico más importante desde el punto de vista tecnológico y en el cual el grano es mayoritariamente rico es el almidón. Este hidrato de carbono químicamente es una mezcla de polisacáridos muy similares, la amilosa y la amilopectina. En términos generales el almidón en los cereales está constituido por un 25 % de amilosa y un 75 % de amilopectina (Badui Dergal y col., 1999).

El almidón nativo muestra pequeña influencia en las propiedades funcionales de las harinas de trigo usadas en panificación. Pero, el almidón dañado mecánicamente, por la exposición de sus componentes a la interacción con otros constituyentes de la fórmula de panificación, influye en forma importante en la absorción de agua y tiempo de fermentación de las masas, así como en la textura de la miga del pan. Un pequeño contenido de almidón dañado es deseable en las harinas de panificación pero muy indeseables en *cookies* y harinas para elaboración de tortas (Miller y Hosney, 1997). El almidón del grano en plena maduración permite obtener un pan de mayor volumen que el obtenido con granos no maduros.

Las características tecnológicas del almidón dependen también de sus dimensiones: los gránulos pequeños (2-8  $\mu$ ) tienen una cantidad de amilosa inferior a los gránulos de almidones normales (25-35  $\mu$ ) y producen un pan de menor volumen.

Además del almidón tienen mucha importancia tecnológica los azúcares reductores, ya que son las sustancias que permiten la fermentación de la masa con producción de gas. Los azúcares reductores están presentes en cantidades mínimas en el grano recién recogido, pero se va formando paulatinamente durante la conservación tanto del grano como de la harina, por la acción de enzimas que transforman el almidón en dextrinas y en maltosa. También están presentes en la parte cortical de la cariósida en cantidades apreciables, pentosas, lignina y celulosas (Quaglia, 1991).

Los lípidos entran sólo en pequeños porcentajes en la composición química del trigo (1.5-2%) y están localizados principalmente en el germen. Los componentes lipídicos más importantes son los glicéridos, los fosfolípidos y los esteroides; el germen es particularmente rico en tocoferol que toma comúnmente el nombre de vitamina E. En la composición en ácidos grasos de los glicéridos y de los fosfolípidos, sobresalen los ácidos grasos insaturados, como el ácido oleico y el linoleico.

En estos últimos años numerosas investigaciones han puesto en evidencia la importancia de los lípidos en el proceso tecnológico de transformación, y en la conservación del producto final; tal importancia se debe a la propiedad tensoactiva de las grasas y a su capacidad de reacción con las proteínas.

La mayor parte de las sustancias inorgánicas del trigo se encuentran en el salvado y en la capa aleurónica y su cantidad oscila entre el 1.5 y el 2%. Como consecuencia de su distribución en la cariósida, una harina tendrá un contenido en cenizas tanto más elevado cuanto mayor sean las partículas de salvado presentes en la misma. Entre los elementos inorgánicos sobresalen el fósforo, potasio, magnesio, calcio, azufre, hierro y galio (Quaglia, 1991).

El trigo contiene cantidades apreciables de ciertas vitaminas tales como la tiamina, riboflavina, niacina, el ácido pantoténico, el ácido fólico, la biotina, la colina, el inositol, los tocoferoles y la xantofila, precursores de la vitamina A; y a la vez es completamente carente en otras vitaminas como C y D. Su distribución en la cariósida no es homogénea ya que se localiza casi toda en la capa externa, por lo que se encuentra en gran parte en el producto de

desecho de la molienda; como ejemplo, el 24% del total de la tiamina se encuentra contenida en el endospermo, el 13% en el germen y el 61% en otras capas (Quaglia, 1991).

Las enzimas están presentes en pequeñas cantidades en la cariósida del grano, pero tienen una importancia fundamental en las características tecnológicas de los productos derivados. Las enzimas más importantes del trigo son las amilasas que están presentes en el embrión del grano y son particularmente importantes durante la germinación, ellas son alfa-amilasa y beta-amilasa. Mientras la alfa-amilasa produce tanto dextrina como maltosa, la beta-amilasa produce sólo maltosa. La amilasa produce azúcares reductores permitiendo que se lleve a cabo la fermentación. Las proteasas actúan sobre la proteína formando polipéptidos y aminoácidos, presentando un aspecto negativo desde el punto de vista tecnológico en los productos de fermentación porque no permite la formación del complejo proteico. Las celulasas, por su parte, hidrolizan las paredes celulósicas del trigo (Quaglia, 1991).

Las proteínas del trigo constituyen la mayor parte de las proteínas consumidas por numerosas regiones en vía de desarrollo, sin embargo esa función nutricional básica resulta disminuida por el bajo contenido en lisina. El contenido proteico del grano de trigo varía entre un 8 y un 17 por ciento, dependiendo de la genética y de factores ambientales (Peña, 2002).

En la Tabla I.2 se brinda un detalle de la composición química del grano de trigo según Quaglia, 1991.

Una propiedad única de la harina de trigo es que sus formas de proteínas de reserva, cuando están en contacto con el agua, forman una masa proteica viscoelástica conocida como gluten (Peña, 2002). Dadas sus propiedades fisicoquímicas, las proteínas del trigo permiten la preparación de una gran variedad de alimentos, los más consumidos son los diversos tipos de pan y las pastas alimenticias (Cheftel y col., 1989).

Tabla I.2

## Composición química del grano de trigo

	Mínimo (%)	Máximo (%)
Humedad	8.0	18.0
Proteína	7.0	18.0
Cenizas	1.5	2.0
Lípidos	1.5	2.0
Almidón	60.0	68.0
Pentosas	6.2	8.0
Sacarosa	0.2	0.6
Maltosa	0.6	4.3
Celulosa	1.9	5.0

Existen cuatro tipos de sustancias proteicas según su solubilidad en agua. Las proteínas solubles en soluciones salinas diluidas: una albúmina, la lencosina, y una globulina (que presentan valores de 12 % y 4 % del contenido proteico total respectivamente) y las proteínas insolubles en agua y solubles en solventes polares (alcohol y acetona): una prolamina, la gliadina, con el 44 % y una glutelina, la glutenina, con el 40 % (Quaglia, 1991).

Las proteínas de reserva del grano de trigo, gliadinas y gluteninas, originan el “gluten”, materia lipoproteica cohesiva, viscoelástica que se puede obtener libre de almidón amasando la harina de trigo bajo una corriente de agua. Estas proteínas son las responsables de la extensibilidad (gliadinas) y de la elasticidad (gluteninas) de la masa de panadería durante el proceso de panificación (Cheftel y col., 1989).

El trigo es el único cereal que contiene importantes cantidades de gluteninas de elevado peso molecular, insoluble en ácido acético 0.1 M., la cebada y el centeno, contienen mucho menos y el arroz, maíz y sorgo están desprovistos de ellas. En la mayoría de los cereales (salvo la avena), las proteínas de reserva localizadas en el albumen, es decir, las prolaminas y glutelinas, representan del 75 al 95 % de las proteínas totales de grano (Cheftel y col., 1989).

Las gliadinas solubles en etanol al 70% representan 50% del total de las proteínas, son una clase heterogénea de 40-60 polímeros que por electroforesis se han dividido en cuatro subgrupos ( $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\omega$ ), en una proporción de 15, 30, 30 y 25 %, respectivamente. Sus cadenas simples tienen estructuras primarias con diferente composición de aminoácidos y su peso molecular varía de 15000 a 80000, con un promedio de 36000. Su conformación se estabiliza por enlaces disulfuros intramoleculares; al hidratarse forman una masa viscoelástica extensible, fluida pero poco elástica y son las responsables de la expansión de la masa durante la elaboración del pan. Cuando existe un exceso de gliadinas en relación con las gluteninas, el gluten se vuelve débil, permeable y no retiene el anhídrido carbónico, entonces la masa se colapsa (Badui Dergal y col, 1999).

Se han identificado también 15 gluteninas en forma monomérica que tienen pesos moleculares desde 12 000 hasta 135 000 y que se caracterizan por su elevado número de enlaces disulfuro que le confieren una gran estabilidad y permiten la asociación para formar polímeros de un peso molecular de varios millones. Son insolubles en soluciones salinas neutras y en etanol al 70 %, solubles o dispersables en ácidos y en bases débiles; al hidratarse producen una masa muy tenaz, elástica y cohesiva. Para elaborar el pan estas proteínas deben estar en una proporción adecuada ya que en exceso el gluten presenta tanta cohesividad que inhibe la expansión de la masa y provoca una reducción del volumen final (Badui Dergal y col, 1999).

Variaciones en el contenido proteico del grano pueden influenciar significativamente en las propiedades de fuerza de la masa de una variedad de trigo. La cuantificación por sí sola, sin embargo, no puede explicar diferencias cualitativas entre los cultivos de trigo. A pesar de esto, la calidad proteica, en términos del promedio polímero/monómero y el tamaño molecular

de los polímeros proteicos (determinado por la presencia de subunidades de gluteninas específicas), es también importante (Weegels y col., 1996).

A pesar de que existen pequeñas diferencias en la composición de las diferentes fracciones, el inusual contenido elevado de ácido glutámico y de prolina, son claramente evidentes. Estas son características distintivas de todas las proteínas del gluten; aproximadamente uno de cada tres residuos de aminoácidos es glutamina, y aproximadamente uno de cada siete residuos es prolina.

El número relativamente elevado de cadenas laterales no polares contribuyen a las posibilidades de enlaces no polares. Pocos de los grupos carboxílicos del ácido glutámico y del ácido aspártico de las cadenas laterales están libres para ionizar, y el bajo contenido de lisina, histidina y arginina resulta en el bajo carácter iónico de las proteínas del gluten. Algunos aminoácidos esenciales como lisina, metionina y triptofano se encuentran presentes en cantidades relativamente bajas, lo que resulta en una menor calidad nutricional para estas proteínas en comparación con proteínas de alto valor biológico como las de la leche, huevo y carnes. En la Tabla I.3 se detalla la composición de los aminoácidos del gluten, gliadina y glutenina (Kasarda y col., 1978).

Durante el amasado, manual o mecánico, las gluteninas y las gliadinas se desnaturalizan y establecen uniones disulfuros, hidrófobas e hidrófilas que hacen que estos polímeros se orienten longitudinalmente; los esfuerzos mecánicos introducen un intercambio de grupos azufrados entre las múltiples cisteínas. El resultado de este proceso es la formación de la red elástica. La misma se crea por una interacción de las gliadinas y gluteninas y se estabiliza por medio de un gran número de puentes de hidrógeno por parte de la glutenina, y de uniones hidrófobas y enlaces disulfuro intra e intermoleculares (Kasarda y col., 1978).

Por su parte, las albúminas y las globulinas del trigo desempeñan un papel importante en la formación de la corteza del pan debido a que favorecen las reacciones de oscurecimiento no enzimático responsable del color y el aroma típico de estos productos. (Badui Dergal y col., 1999).



**Tabla I.3**  
**Composición de aminoácidos del gluten, gliadina y glutenina**  
**(moles de aminoácidos por 10<sup>5</sup> g)**

<b>Aminoácido</b>	<b>Gluten</b>	<b>Gliadina</b>	<b>Glutenina</b>	<b>Aminoácido</b>	<b>Gluten</b>	<b>Gliadina</b>	<b>Glutenina</b>
Arginina	20	15	20	Valina	45	43	41
Histidina	15	15	13	Leucina	59	62	57
Lisina	9	5	13	Isoleucina	33	37	28
Treonina	21	18	26	Prolina	137	148	114
Serina	40	38	50	Tirosina	20	16	25
Ac. aspártico	22	20	23	Fenilalanina	32	38	27
Ac. glutámico	290	317	278	Triptofano	6	5	8
Glicina	47	25	78	Cistina/2	14	10	10
Alanina	30	25	34	Metionina	12	12	12

La composición de aminoácidos en el gluten, no sólo pone en evidencia las características tecnológicas de la harina, sino también permite determinar el valor biológico de la misma. La composición en aminoácidos de la fracción proteica muestra notables diferencias: la gliadina resulta muy pobre en algunos aminoácidos esenciales, como la lisina (0.56 mg / 100 g de proteínas) y la metionina (0.95 mg / 100 g de proteínas) que son aminoácidos limitantes. La glutenina presenta un contenido más elevado de estos aminoácidos (del orden de 1.67 mg / 100 g de proteínas y 1.22 mg / 100 g de proteínas). La composición de aminoácidos de la fracción proteica influyen en el Índice de Aminoácidos Esenciales que es responsable del valor biológico de las mismas: más elevado en la albúmina y en la globulina, más bajo en la glutenina y en la gliadina. Esto indica que las proteínas presentes en el trigo en mayor cantidad, son las que tienen menor valor biológico (Quaglia, 1991). Cabe indicar que

en las albúminas y las globulinas se localiza el 85% del aminoácido lisina (Badui Dergal y col., 1999).

### **I.2.6 Aspectos nutricionales de los cereales**

Los granos de los cereales constituyen un de los principales componentes de la dieta humana en todo el mundo. En Gran Bretaña el trigo en forma de pan, harina, galletas, bizcochos y pastas, junto con otros cereales, aporta más de la cuarta parte de la energía total, proteínas, carbohidratos e hierro de la dieta media, si bien la absorción de hierro es bastante pobre. Los cereales también efectúan una importante contribución a la ingesta de otros muchos nutrientes, especialmente calcio, niacina y tiamina, que se añaden a la mayoría de las harinas, sodio por la sal agregada y fibra dietaria. En general los cereales más comunes contienen un 60-75% de carbohidratos, un 7-13% de proteína, un 1-9% de grasa, un 4-8% de fibra dietética y, aproximadamente, un 12% de agua en el grano entero (Buss y col., 1985).

La distribución de los nutrientes en el grano de trigo no es uniforme. La concentración de proteína, minerales y vitaminas es mayor en el germen y en las capas más superficiales del grano que en el endospermo. Por lo tanto, cuando el trigo se muele para la elaboración de la harina blanca, una parte de los nutrientes y de la fibra dietaria se pierde con el salvado y el germen (Buss y col., 1985).

La composición química varía ampliamente dependiendo del ambiente, del suelo y la variedad. La variación en proteínas, hidratos de carbono, lípidos, minerales y vitaminas es tan amplia que sólo se puede dar un análisis promedio. A pesar de que los cereales son considerados principalmente como un alimento energético, constituyen una importante fuente de proteínas. La cantidad de proteínas en el trigo puede variar de 7 a 22 %, el valor promedio es mayor que el de otros granos de cereales. No sólo el trigo es una buena fuente de proteínas, como se muestra en la Tabla I.4 (Shellenberg, 1978), es además comparable con otros granos en cuanto a la distribución de aminoácidos esenciales. Las proteínas de cereal, en general no tienen buen valor biológico y requieren de la suplementación con otras proteínas.

El contenido de lípidos y minerales en la mayoría de los cereales varía considerablemente como se puede observar en la Tabla I.5 (Shellenberg, 1978) y el trigo no tiene ventajas o desventajas particulares con respecto a estos constituyentes.

Los hidratos de carbono de los cereales son esencialmente similares desde el punto de vista nutricional. El contenido de vitaminas de los cereales presenta diferencias notables pero el procesamiento cambia y reduce el contenido de las mismas por lo que los valores presentes en el grano entero no pueden servir como guía nutricional (Shellenberger, 1978).

**Tabla I.4**

**Composición de aminoácidos de los cereales (% respecto a proteína)**

<b>Aminoácido</b>	<b>Trigo</b>	<b>Centeno</b>	<b>Maíz</b>	<b>Cebada</b>	<b>Avena</b>	<b>Arroz</b>	<b>Sorgo</b>
Arginina	0.80	0.53	0.51	0.60	0.80	0.51	0.40
Cistina	0.20	0.18	0.10	0.20	0.20	0.10	0.20
Histidina	0.30	0.27	0.20	0.30	0.20	0.10	0.30
Isoleucina	0.60	0.53	0.51	0.60	0.60	0.40	0.60
Leucina	1.00	0.71	1.11	0.90	1.00	0.60	1.60
Lisina	0.50	0.51	0.20	0.60	0.40	0.30	0.30
Metionina	0.20	0.20	0.10	0.20	0.20	0.20	0.10
Fenilalanina	0.70	0.70	0.51	0.70	0.70	0.40	0.51
Treonina	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40	0.30	0.30
Triptofano	0.20	0.10	0.10	0.20	0.20	0.10	0.10
Tirosina	0.51	0.30	0.50	0.40	0.60	0.70	0.40
Valina	0.60	0.70	0.40	0.70	0.70	0.51	0.60

**Tabla I.5**  
**Constitución química media de los granos de cereales**

<b>Componente (base seca)</b>	<b>Trigo (duro)</b>	<b>Centeno</b>	<b>Maíz (dent)</b>	<b>Cebada</b>	<b>Avena</b>	<b>Arroz</b>	<b>Sorgo</b>
Humedad. %	10.0	10.5	15.0	10.6	9.8	11.4	10.6
Proteína (N x 6.25), %	14.3	13.4	10.2	13.0	12.0	9.2	12.5
Lípidos %	1.9	1.8	4.3	2.1	5.1	1.3	3.4
Fibra, %	3.4	2.2	2.3	5.6	12.4	2.2	2.2
Cenizas, %	1.8	1.9	1.2	2.7	3.6	1.6	2.0
Tiamina, mg./kg.	5.5	4.4	4.6	5.7	7.0	3.2	4.6
Niacina, mg./kg.	63.6	1.3	26.6	64.5	17.8	40.0	48.4
Riboflavina, mg./kg.	1.3	1.8	1.3	2.2	1.8	0.7	1.5
Ac. Pantoténico, mg./kg.	13.6	7.7	5.9	7.3	14.5	7.0	12.5

### **I.2.7 Harina de trigo**

A través de las fases de la molienda del trigo se obtienen una serie de productos de características químicas diversas: harina, semolina, sémola, salvado grueso, salvado fino y desechos de molienda. Considerando que la cariósida está formada de las siguientes partes: 12.5% de salvado, 85% de endospermo y 2.5% de germen, la molienda consiste en separar el 85% del endospermo de la otra parte transformándolo en harina. En teoría es posible alcanzar el 85% de harina, pero en la práctica, tales valores son siempre inferiores.

La medida porcentual de varios productos obtenidos en la molienda de trigo son los siguientes:

- Harina 75 - 78%
- Salvado grueso + salvado fino 16-18 %

- Desechos de molienda 6-8 %

Cuando los granos de trigos son sometidos a la molienda y a las operaciones de separación que se realizan en molinería, las diferentes fracciones obtenidas corresponden a las distintas partes del grano. Así, la harina blanca está en torno al 70-75% del peso inicial de los granos, representa fundamentalmente el endospermo. El salvado corresponde a los tegumentos externos y a la capa de aleurona. La harina blanca contiene, aproximadamente, el 70% de las proteínas totales y el 80% del almidón de los granos iniciales. En la harina blanca faltan algunas proteínas de la capa de la aleurona ricas en lisina, pero se encuentran en las harinas “integrales” o “completas”. La mayor parte de los alimentos a base de trigo, especialmente los numerosos tipos de panes, se preparan a partir de la harina blanca. Por esta razón, las proteínas del endospermo fueron motivo de mayores estudios (Cheftel y col., 1989).

## I.3 ARVEJA

### I.3.1 Aspectos generales

Los fríjoles, arvejas, lentejas y similares pertenecen a la familia botánica de las leguminosas. Sus semillas comestibles se denominan legumbres.

La arveja pertenece al grupo de legumbres de invierno junto a las lentejas (*Lens culinaris* Medik), habas (*Vicia faba* L.), garbanzo (*Cicer arietinum* L.) y chícharo (*Lathyrus sativus* L.), (Muehlbauer, 1993).

La arveja (*Pisum sativum* L.), es una especie dicotiledónea anual, perteneciente a las familias de las fabáceas (papilionáceas). El género *Pisum* contiene dos especies *P. Sativum* y *P. Fulvum*. Las arvejas cultivadas son clasificadas dentro de *P. Sativum* ssp. *sativum* que contiene variedad *sativum*, el tipo hortícola, y la variedad *arvense*, que son las clases de forraje y de invierno.

A través de la historia, se han observado restos carbonizados que indican que las arvejas, lentejas y habas fueron domesticados en el Cercano Oriente y fueron cultivadas junto a los cereales aproximadamente 7000 años A.C. (Smartt, 1990). Se cree que luego se fueron extendiendo a las áreas de baja temperatura del norte y centro de Europa y de allí fueron introducidas al hemisferio occidental un tiempo después de Colón (Muehlbauer, 1993). Los países que lideran la producción de arvejas incluyen la Unión Soviética, China, India, Canadá y Estados Unidos (Oelke y col., 1991).



Las arvejas pueden ser producidas con equipos convencionales y son fáciles para crecer, manejar y procesar. Muchas variedades están disponibles y cada una tiene características únicas. El color de la semilla (verde preferiblemente o amarillo) el tamaño de la semilla (preferiblemente grande) son dos rasgos que impactan considerablemente en la aceptación del mercado de consumo humano. A pesar de ello todas las variedades de arveja pueden ser consideradas comestibles.

Las arvejas han sido valoradas como alimento desde que fueron cultivadas por primera vez miles de años atrás. Sus atributos nutritivos se hicieron conocidos recién en el último siglo, sumando credibilidad a su reputación como una fuente alimenticia de alta calidad (Racz, 1997).

### **I.3.2 Producción**

Las arvejas constituyen la cuarta legumbre en importancia, la producción mundial de arveja seca fue de 10.7 millones de toneladas en el año 2000 (FAO, 2001). En el año 2002 la producción fue de 55 millones de toneladas. Los principales países productores de arvejas secas son: Francia (17 %), Rusia (16 %), Canadá (14 %), China (12 %), India (7 %) y Ucrania (6 %).

Del volumen total de arveja producido en Argentina, el 88,0 a 90,0% se destina a grano seco, el 7,0 % a 8,0% a grano verde fresco para enlatar o congelar y el restante 2,0% para chaucha fresca. Lo producido en grano seco se destina al consumo interno o bien se exporta. Según la FAO (FAOSTAT, 2000) la producción promedio de Argentina para el último quinquenio ha sido de 32.900 toneladas. Por su parte, el área cosechada se eleva a 21.800 hectáreas, con un rendimiento promedio de 1.509 kg/ha. (SAGPyA, 2007).

Argentina exportó 12, 430 mil toneladas entre enero y octubre de 2005. Dicho valor creció un 7 % de los niveles del año anterior manteniendo su destino básicamente hacia Brasil y Chile (CLERA, 2005).

### **I.3.3 Usos**

Los granos de legumbres son una fuente importante de proteínas y calorías para el consumo humano. Las legumbres de invierno son importantes en los países en desarrollo del Cercano Oriente y en el Norte de África. Además, constituyen el apoyo dietético principal en el subcontinente indio, especialmente en regiones donde las preferencias religiosas desalientan el consumo de proteínas animales (Muehlbauer, 1993).

Su uso principal es como alimentos y los remanentes se congelan para su posterior utilización. En Europa y Asia su cultivo es extensivo. Son cultivadas como grano y como forraje (ILDIS, 2000).

Las arvejas se consumen mucho en Europa y América del Norte como vegetal verde (frescas, enlatadas o congeladas) y por sectores de mayores ingresos en otros lugares. En África, Asia y América Latina las semillas por lo general se dejan en la planta para que maduren por completo y luego se cosechan y secan. Las semillas secas se pueden mantener y almacenar en la misma forma que los cereales (Latham, 2002).

La arveja tiene altos niveles de lisina, aminoácido cuyo contenido es bajo en los granos de cereales. Consecuentemente, puede suplementar los bajos niveles de proteínas presentes en cereales y alimentos procesados producidos en base a granos de cereales. La arveja es usada como concentrado proteico para ganado. La harina de arveja es valorada no solo como una fuente proteica vegetal sino también, en parte, por sus particulares propiedades funcionales. El uso de proteínas vegetales como ingredientes funcionales en la industria alimenticia está aumentando y se ha puesto especial atención en el uso de arveja porque forma parte de la dieta humana en todo el mundo (Oelke y col., 1991).

Existen investigaciones para obtener productos de valor agregado. Se han identificado a sus proteínas, almidón y fibras como componentes importantes para ser usados en el sector de fabricación de alimentos o en otras industrias (Ali-Khan, 1993).

Otro uso de la arveja es su procesamiento para obtener subproductos: la cáscara de la arveja, harina de arveja, almidón de arveja y concentrado de proteínas de arveja. La cáscara se



utiliza para elaboración de panes con alto contenido de fibra. El almidón tienen aplicaciones en los adhesivos y en el papel sin carbón. Existe un proceso de molienda en seco y también se ha desarrollado un procedimiento de molienda húmedo. Este último es más caro, pero la mayoría de los componentes que le dan sabor amargo a la arveja se eliminan con el secado, originando un producto con mayor potencial para la utilización en la alimentación humana (Slinkard, 1997).

### **I.3.4 Composición química**

Iqbal y col., en el año 2005 estudiaron el contenido proteico de diferentes legumbres. La lenteja contenía el mayor nivel de proteínas (26.1%), seguido por la arveja. Se conoce que las arvejas poseen proteínas de alta calidad, con un contenido de proteína cruda promedio de 22.6% (base de materia seca 90%) (Racz, 1997). El nivel de proteínas encontrado en estas arvejas se ve influenciado por los efectos de la agronomía y el medio ambiente y en menor grado por diferencias entre las variedades (Mc Lean y col., 1974). En la Tabla I. 6 se presenta un detalle de la composición química de la arveja (Racz, 1997).

La digestibilidad de la proteína cruda de la arveja es elevada, con un límite de coeficiente de digestibilidad de 83% a 86% para los cerdos y de un 84 a 88% en aves de corral (Marquardt y Bell, 1998). El complemento y balance de los aminoácidos esenciales en la arveja son excelentes; sin embargo, como en la mayoría de las legumbres, los aminoácidos azufrados (metionina y cistina) están presentes en cantidades relativamente bajas como se observa en la Tabla I.7 (Racz, 1997; Gatel, 1994).

Tabla I.6

## Composición Química de Arvejas

Nutriente	Promedio (%)
Humedad	10,00
Proteína Cruda (N X 6.25 %)	22.60
Extracto etéreo	1.38
Ácido Linoleico	0.56
Fibra Cruda	5.50
Fibra Detergente Ácida	8.19
Fibra Detergente Neutra	16.65
Lignina	0,85
Almidón	46.80
Ceniza Total	3.30
Ácido Fítico	1,20

Los niveles de aminoácidos varían con el contenido proteico de las arvejas y cada aminoácido tiene su propio patrón de cambio de acuerdo con el contenido proteico. Estos cambios han sido documentados por varios grupos y existen ecuaciones de pronóstico para estos niveles, lo que permite que los nutricionistas puedan balancear las dietas en base a los aminoácidos digeribles y de esta manera mejorar el uso de las arvejas en las dietas Tabla I.7 (Racz, 1997).

La arveja es rica en lisina, alanina, cistina y tirosina. Los valores de aminoácidos hallados en arvejas expresados en por ciento de proteínas: arginina  $7.2 \pm 0.04$ , histidina  $2.4 \pm 0.05$ , isoleucina  $4.5 \pm 0.06$ , leucina  $7.4 \pm 0.05$ , lisina  $8.1 \pm 0.07$ , metionina  $1.1 \pm 0.03$ , fenilalanina  $5.2 \pm 0.04$ , treonina  $3.8 \pm 0.05$ , triptofano  $0.8 \pm 0.02$ , valina  $5.0 \pm 0.09$ , alanina  $5.2 \pm 0.04$ , ácido aspártico  $11.0 \pm 0.06$ , cistina  $1.8 \pm 0.03$ , ácido glutámico  $17.5 \pm 0.06$ ,

glicina  $4.5 \pm 0.01$ , prolina  $3.8 \pm 0.03$ , serina  $5.1 \pm 0.54$ , tirosina  $3.7 \pm 0.03$  ( Iqbal A. y col., 2005).

**Tabla I.7**

**Ecuaciones de regresión para pronosticar niveles de aminoácidos en las arvejas comunes en base al contenido de proteína cruda (base de materia seca)**

<b>Aminoácido</b>	<b>Ecuación</b>	<b>Valor r</b>
Lisina	$\% CP \times 0,0598 + 0,358$	0,992
Metionina	$\% CP \times 0,0075 + 0,065$	0,935
Cistina	$\% CP \times 0,0059 + 0,220$	0,753
Triptófano	$\% CP \times 0,0077 + 0,010$	0,913
Treonina	$\% CP \times 0,0264 + 0,297$	0,978

Del análisis del contenido de aminoácidos de la arveja (FAO,1981) Humedad (g/100g): 11%, Nitrógeno (g/100g.): 3.60, Proteínas (g/100g.):22.5 surgen los siguientes datos del contenido de aminoácidos esenciales (mg/100 g. de arveja): Isoleucina: 961, Leucina: 1530, Lisina: 1692, Metionina 205, Cistina: 252, Aminoácidos azufrados: 457 Fenilalanina: 1033, Tirosina: 616, Treonina: 914, Valina: 1058, Arginina: 2142, Histidina: 514, Alanina: 918, Ácido aspártico: 2466, Ácido glutámico: 3632, Glicina: 911, Prolina: 878, Serina: 976. Aminoácidos esenciales totales: 8464. Aminoácidos totales: 20901. Score químico (con respecto a las proteínas del huevo) A/T: 56.

Iqbal y col. (2005) estudiaron el contenido de lípidos en legumbres y hallaron en arveja valores menores que en las otras legumbres, a saber en garbanzo 5.2%, judías 4.2%, lentejas 3.2% y arvejas 1.5%.

El contenido de aceite o grasa en la arveja forrajera es relativamente bajo. El valor promedio para el extracto etéreo, o contenido de aceite para las arvejas forrajeras es del 1.38

%). El principal ácido graso es el ácido linoleico, con 0.56 % respecto de la arveja (Rhône-Poulenc, 1993).

Los valores informados, para las diversas fracciones lipídicas cada 100 gramos de arvejas secas, por Finnish Food Composition Database (FINELI) 2009, son los siguientes: ácidos grasos totales 0.9 g, ácidos grasos totalmente saturados 0.1 g, ácidos grasos cis monoinsaturados 0.3 g, ácidos grasos poliinsaturados 0.5 g, ácido linoleico 410 mg, ácido alfa linolénico 85 mg. y los esteroides totales fueron 105.1 mg.





El contenido total de carbohidratos disponibles en arveja, estimado por la suma de los componentes constituyentes es de 48.5 g cada 100 g de arveja seca (FINELI, 2006).

Las legumbres son fuentes importantes de fibra dietaria (Perez-Hidalgo M. A y col., 1997). Los polisacáridos no amiláceos de la pared celular de la planta que resisten la digestión de la enzima  $\alpha$  amilasa de los mamíferos, son las principales fuentes de fibra dietaria en los humanos (Sosulski y Wu, 1988). La fibra dietaria en las arvejas está localizada principalmente en la cáscara de la semilla o en el salvado (Ali-Khan, 1993). La porción de fibra de las arvejas forrajeras contiene poca lignina, siendo la porción principal una forma de hemicelulosa (Racz, 1997).

Las arvejas tienen un contenido de cenizas relativamente bajo y un alto contenido de almidón y proteína. Ésto las convierte en una fuente potencialmente rica de energía (Racz, 1997). La energía estimada en arvejas secas es de 1179 kJ/100 g. En la Tabla I.8 se detalla el aporte energético de los diferentes nutrientes (FINELI, 2006).

Tabla I.8

## Contenido energético de la arveja

Lípidos, totales		3%
Proteínas , totales		26%
Carbohidratos , disponibles		70%
Ácidos orgánicos, totales		1%

Las arvejas al igual que los granos de cereales, tiene una buena provisión de fósforo (aproximadamente 0,4 %). El ácido fítico, el cual fija el fósforo haciéndolo menos disponible está presente en las arvejas como en muchas otras plantas. Las arvejas contienen 1,2% de ácido fítico, lo cual se compara favorablemente con los niveles encontrados en la soja (Reddy y col. 1982). Estudios realizados por Marquard y Bell en 1988 informaron que la cantidad de fósforo y ácido fítico en las arvejas es considerablemente menor que en los granos de cereales. El nivel de los otros minerales en las arvejas es similar al de los granos de cereales (Racz, 1997).

Los valores de constituyentes minerales hallados por Iqbal et al, 2005 en arvejas fueron los siguientes (g/100 g): sodio:  $111 \pm 2.65$ , potasio  $1021 \pm 12.49$ , fósforo  $283 \pm 3.0$ , calcio  $110 \pm 3.61$ , hierro  $2.3 \pm 0.05$ , cobre  $10.0 \pm 0.40$ , zinc  $3.2 \pm 0.56$ , manganeso  $2.2 \pm 0.02$ , magnesio  $4.2 \pm 0.04$ . La relación Na/P hallada fue de 0.10 y de Ca/P: 0.39.

Los niveles de vitaminas encontrados en arvejas (Racz, 1997), parecen ser similares a los que se encontraron en granos de cereales y otros alimentos.

Según FINELI, (2009), cada 100 gramos de arveja seca, el contenido de vitaminas es el siguiente: vitamina A y equivalentes, 110,2  $\mu\text{g}$ ; vitamina E menor a 0.1 mg; vitamina K,

99.12 µg; folato, 33.0 µg, equivalentes de niacina, 6.1 mg; riboflavina, 0.30 mg.; tiamina, 0.6 mg; piridoxina, 0.16 mg y carotenoides totales, 7 557,2 µg.

### **I.3.5 Lipoxigenasa**

El término lipoxigenasa o lipoxidasa se refiere a un grupo de enzimas que llevan a cabo la oxidación o peroxidación de diversos compuestos insaturados, tales como ácidos grasos libres, triacilglicéridos, pigmentos y algunas vitaminas. Dichas enzimas se encuentran en las hojas, las ramas, las semillas y en los frutos de una gran variedad de vegetales (Gardener, 1980). En los guisantes, la actividad de esta enzima va aumentando del exterior al interior y la mayor cantidad se encuentra en el centro de la semilla (Badui Delgar, 1999).

Este grupo de enzimas catalizan la reacción del oxígeno con un determinado tipo de ácido graso, el cual debe contener una estructura cis-cis 1-4 pentadieno (Kalbrener, y col., 1974), no utiliza los que tienen uniones conjugadas, con una configuración trans, ni los monoinsaturados. Por estas razones, los sustratos más fácilmente atacados son los ácidos linoleico, linolénico y araquidónico (Nicolas et Dapron, 1983; Gardner; 1988; Whitaker, 1991). La mayor parte del oxígeno es empleada para la oxidación de los ácidos grasos libres linoleico y linolénico, tanto en sus formas libres como en sus formas monoglicéridas, mientras que los otros ácidos grasos no son oxidados (Dapron et Beaux, 1969).

En el caso del ácido linoleico, la enzima extrae un átomo de hidrógeno del carbono metilénico y produce un radical ácido graso, cuya resonancia le permite establecer dos formas, en C-9 y C-13, posteriormente, cada uno de estos radicales adquiere una molécula de oxígeno y se isomerizan para generar los correspondientes hidroperóxidos cis-trans ópticamente activos; cuando la oxigenación se lleva a cabo en el C-9 se producen isómeros D, y cuando sucede en el C-13 se forman L. Estos peróxidos siguen distintas rutas de ruptura y degradación, que pueden o no ser enzimáticas (Badui Delgar, 1999). La lipoxigenasa también ataca otros compuestos con dobles ligaduras, entre los cuales se destacan algunos pigmentos como carotenoides y clorofilas (Klein y col., 1985).

Las semillas de leguminosas son ricas en esta enzima, y las harinas correspondientes presentan la enzima activa. Han sido utilizadas por su capacidad de blanquear la miga del pan, aumentar la tolerancia al amasado, mejorar el volumen del pan y dar una textura interna del alveolo más firme. La lipoxigenasa es el agente blanqueante enzimático empleado en la mayor parte de los países de la Unión Europea (Kruger y Reed, 1988). La fuente más habitual es la que proviene de la harina de soja enzimáticamente activa y dosificada a razón de un 0.5 a 1%. Según Ben-Aziz y colaboradores (1971), en este proceso se utiliza soja cruda molida sin ningún tratamiento térmico para que conserve su máxima capacidad enzimática; se mezclan ambas harinas (trigo y soja) y se mantienen en condiciones adecuadas de temperatura, humedad, etc. para que la lipoxigenasa lleve a cabo su función.

La lipoxigenasa ha sido asociada con deterioro de la calidad porque está implicada en la producción de aromas y sabores desagradables, degradación de pigmentos como carotenos y clorofilas y destrucción de ácidos grasos esenciales (King y Klein, 1987).

El uso de lipoxigenasa en panificación presenta un fuerte potencial de creación de olores y sabores desagradables (Dapron y col., 1974; Etienne y Dubois, 1974). Es por ello que Calvel (1984) desaconseja el uso de la lipoxigenasa vía soja activa.

Por lo tanto, en la arveja como en otros vegetales, la lipoxigenasa debe destruirse mediante un calentamiento, que puede ser el de escaldado, ya que de otra manera su acción provoca la formación de muchos derivados carbonílicos que imparten aromas desagradables en el almacenamiento. Pero la severidad del proceso de escaldado debe ser limitada a fin de mantener el color, la textura, el sabor y aroma genuinos así como la calidad nutricional. Para determinar la adecuación del proceso de escaldado, se han sugerido varias enzimas como indicadores de la suficiencia del tratamiento térmico.

Las condiciones de inactivación de lipoxigenasa han sido ampliamente estudiadas, ya que esta enzima se ha propuesto como indicador del tiempo de escaldado y fue recomendado por diversos autores (Williams y col., 1986; Barret y Theerakulkait, 1995; Garrote y col., 2001; Garrote y col., 2003; Gökmen, y col. 2005).

Existen varios estudios realizados empleando harina de arveja en panes, tortas, *cookies*, *muffins* o bizcochos a diferentes niveles de reemplazo (Raild y Klein, 1983) observa que en los panes elaborados con reemplazo de harina de soja y harina de arveja, la arveja parecía tener más efectos adversos que la harina de soja en las propiedades físicas y sensoriales de los panes.

### **I.3.6 Compuestos bioactivos**

López-Amorós y colaboradores, en 2004 investigaron la concentración de compuestos fenólicos en legumbres crudas y en legumbres remojadas así como la actividad antioxidante de dichas semillas. Las habas, arvejas y lentejas presentaron diferentes concentraciones de los compuestos fenólicos hidroxibenzoicos, protocateico, p-hidroxibenzoico y ácidos vainillínicos. En arveja encontraron ácido trans-ferúlico, trans-p-cumárico y cis-p-cumárico. La actividad antioxidante en arvejas se fue aumentando gradualmente con la germinación (López-Amorós y col., 2004).

Las legumbres contienen varios compuestos fenólicos que son considerados antioxidantes naturales, representando un grupo importante de componentes bioactivos en alimentos que actuarían en la oxidación de los alimentos y actuando como factores protectores de daños oxidativos en los seres humanos (López-Amorós y col., 2004; Jovanovich y col., 1996).

En 2003, Zwart y colaboradores analizaron el contenido de betaína de una amplia gama de alimentos de la dieta occidental. Las betaínas actúan no sólo regulando el equilibrio osmótico, sino también disminuyendo la concentración de homocisteína en humanos. Existen estudios que demuestran que los altos niveles de homocisteína se relacionan con un aumento de las enfermedades cardiovasculares (Hankey y Eikelboom, 1999). De los estudios realizados por Zwart et al, 2003; Rebouche, 1992 se observa que las únicas betaínas presentes en alimentos en altos niveles son carnitina, acetil carnitina, glicina betaína, prolina betaína, trigoleína y dimetilsulfoniopropionato. Las arvejas constituyen una de las principales fuentes de trigoleína de la dieta occidental con un valor de 280 µg/g de arveja. El contenido de betaína



de la arveja disminuye con la cocción de  $203 \pm 171$  de arveja a  $116 \pm 22$   $\mu\text{g/g}$ . si la misma se realiza por hervido, quedando un 57 % de betaína. (Zwart y col., 2003).

### **1.3.7 Factores antinutricionales**

Se han encontrado en arvejas factores antinutricionales como taninos, inhibidores de proteasa, hemaglutininas y saponinas (Liener, 1983). Los niveles y cantidad de factores antinutricionales difieren según la clase de arveja, también varían con las condiciones de cultivo y tipo de clima. Dentro de los factores antinutricionales se incluye el inhibidor de la actividad de tripsina, ácido fítico y oligosacáridos  $\alpha$ -galactosidasa (Urbano G. et al, 2005 *b*). Marquardt y Bell en 1988 consideran que los inhibidores de proteasa son los de mayor preocupación.

Los factores antinutricionales deben ser inactivados para poder mantener el valor nutricional ya que interfieren con el normal crecimiento de animales y del hombre (Potter, 1980).

Estos factores antinutricionales se desnaturalizan e inactivan mediante tratamientos térmicos moderados. Dichos tratamientos disminuyen considerablemente los factores antinutricionales presentes naturalmente en la arveja, y aumentan la disponibilidad de otros nutrientes como las proteínas y almidón. (Cheftel y col., 1989; Domene y Oliveira, 1993).

## **I.4 NUTRICIÓN**

### **I.4.1 Análisis de aspectos nutricionales**

Para mantener la salud y la actividad es necesario consumir una cantidad adecuada de todos los nutrientes, existiendo necesidades adicionales en las épocas de crecimiento, gestación, lactancia y en las situaciones que generan tensión, como por ejemplo las infecciones. Las cantidades necesarias difieren de unos individuos a otros y dependen, no sólo de los factores fácilmente cuantificables, como la estatura, el peso o el sexo, sino también de la actividad física desarrollada a lo largo del día, la tasa de actividades fisiológicas, por ejemplo el latido cardíaco y el clima (Buss y col., 1985). Es imposible dar cifras precisas de las necesidades nutritivas de cada persona, debido a la variación individual. Las cifras de necesidades sólo son aplicables a grupos determinados de personas. Es por ello que las tablas de cantidades recomendadas no son necesidades o requerimientos, sino, como su nombre lo indica, sugerencias o recomendaciones. Las necesidades de un individuo se desconocen, a no ser que se practiquen con él determinaciones específicas (Bender, 1977).

En las Tablas I.9 y I.10 (Latham, 2002), se describen los consumos deseables de nutrientes y micronutrientes respectivamente. Dichas requerimientos, fundamentalmente, están destinados a grupos de población de países en desarrollo. En la Tabla I.9 se hacen referencia a cuatro tipos de dietas: la Dieta 1, basada principalmente en cereales y legumbres con muy poco consumo de carne y alimentos con vitamina C y la Dieta 2, que presenta mayor consumo de carne y alimentos con vitamina C, por lo que la persona tiene mayor aporte de hierro biodisponible. La dieta A representa una dieta que contiene una gran cantidad de cereales, raíces feculentas y legumbres (por lo tanto alta en fibras) y poca proteína animal. La dieta B representa una dieta balanceada mixta con poca fibra y bastante proteína completa.

**Tabla I.9**  
**Requerimientos individuales promedio de energía y niveles seguros de ingesta para**  
**proteína y hierro**

Grupo por sexo y edad	Peso (kg)	Energía (kcal)	Proteína		Grasa (g)	Hierro	
			Dieta A (g)	Dieta B (g)		Dieta 1 (mg)	Dieta 2 (mg)
<b>Niños</b>							
6 a 12 meses	8,5	950	14	14	-	21	11
1 a 3 años	11,5	1350	22	13	23-52	13	7
3 a 5 años	15,5	1600	26	16	27-62	14	7
5 a 7 años	19,0	1820	30	19	30-71	19	10
7 a 10 años	25,0	1900	34	25	32-74	23	12
<b>Varones</b>							
10 a 12 años	32,5	2120	48	33	35-82	23	12
12 a 14 años	41,0	2250	59	41	38-88	36	18
14 a 16 años	52,5	2650	70	49	44-103	36	18
16 a 18 años	61,5	2770	81	55	46-108	23	11
<b>Niñas</b>							
10 a 12 años	33,5	1905	49	34	32-74	23	11
12 a 14 años	42,0	1955	59	40	33-76	40	20
14 a 16 años	49,5	2030	64	45	34-79	40	20
16 a 18 años	52,5	2060	63	44	34-80	48	24
<b>Varones activos</b>							
18 a 60 años	63,0	2895	55	47	48-113	23	11
>60 años	63,0	2020	55	47	34-79	23	11
<b>Mujeres activas</b>							
No embarazada o amamantando	55,0	2210	49	41	37-86	48	24
Embarazada	55,0	2410	56	47	40-94	(76)	(38)
Amamantando	55,0	2710	69	59	45-105	26	13
>60 años	55,0	1835	49	41	31-71	19	9

Tabla I.10

## Niveles seguros de ingesta para varios micronutrientes

Grupo sexo y edad	Yodo ( $\mu\text{g}$ )	Vit. A ( $\mu\text{g retinol}$ )	Riboflavina ( $\text{mg}$ )	Niacina ( $\text{mg}$ )	Folato ( $\mu\text{g}$ )	Vit. C ( $\text{mg}$ )
<b>Niños</b>						
0 a 12 meses	50	350	0,5	5,4	32	20
1 a 3 años	70	400	0,8	9,0	50	20
3 a 5 años	90	400	1,0	10,5	50	20
5 a 7 años	90	400	1,1	12,1	76	20
7 a 10 años	120	400	1,3	14,5	102	20
<b>Varones</b>						
10 a 12 años	150	500	1,6	17,2	102	20
12 a 14 años	150	600	1,7	19,1	170	30
14 a 16 años	150	600	1,8	19,7	170	30
16 a 18 años	150	600	1,8	20,3	200	30
<b>Niñas</b>						
10 a 12 años	150	500	1,4	15,5	102	20
12 a 14 años	150	600	1,5	16,4	170	30
14 a 16 años	150	550	1,5	15,8	170	30
16 a 18 años	150	500	1,4	15,2	170	30
Si está embarazada	175	600	1,6	17,5	420	30
<b>Varones activos</b>						
18 a 60 años	150	600	1,8	19,8	200	30
Mayores de 60 años	150	600	1,8	19,8	200	30
<b>Mujeres activas</b>						
No embarazada o amamantando	150	500	1,3	14,5	170	30
Embarazada	175	600	1,5	16,8	420	30
Amamantando	200	850	1,7	18,2	270	30
Mayores de 60 años	150	500	1,3	14,5	170	30

#### **I.4.2 Proteínas**

La función principal de las proteínas presentes en los alimentos es aportar el nitrógeno y los aminoácidos necesarios para la síntesis de las proteínas corporales y las demás sustancias nitrogenadas (Cheftel y col., 1989).

Las proteínas ocupan un lugar cuanti y cualitativamente muy importante entre las moléculas constituyentes de los seres vivos. En animales superiores, las proteínas son los compuestos orgánicos más abundantes, pues representan alrededor del 50% del peso seco de los tejidos. Desde el punto de vista funcional, su papel es fundamental. No existe proceso biológico alguno que no dependa de la presencia y/o actividad de las proteínas (Blanco, 1992). Son constituyentes esenciales de las células, en las que intervienen regulando los procesos biológicos o confiriéndoles la estructura.

Las proteínas deben ser aportadas por la dieta para permitir el crecimiento y reparación tisular, pero cualquier exceso puede ser utilizado para producir energía (Buss y col., 1987).

La mayor demanda de proteínas corresponde a los niños lactantes y en crecimiento. Dietas suficientes para mantener el balance nitrogenado en los adultos no lo son para los niños. A ello se debe que en los últimos años se hayan elaborados mezclas ricas en proteínas para la alimentación infantil (Bender, 1977).

El valor proteico de un alimento corresponde a su capacidad para satisfacer las necesidades del consumidor en nitrógeno y aminoácidos y asegurar así un crecimiento y mantenimiento convenientes. Esto depende del contenido y calidad de las proteínas (Cheftel y col., 1989). La calidad de una proteína alimentaria depende de la naturaleza y cantidades de aminoácidos que contiene, lo que representa una medida de la eficacia de cómo el organismo puede utilizar esa proteína. Una proteína de alta calidad contiene los aminoácidos indispensables en proporciones correspondientes a las necesidades humanas.

La calidad de las proteínas también depende de su digestibilidad, que viene determinada por los factores no proteicos, fibra y polifenoles entre otros –a mayor cantidad de

fibra menor es la digestibilidad- y por la secuencia de los aminoácidos dentro de la cadena proteica (Pardó y Cervera, 2003).

La proporción global de aminoácidos en un alimento vegetal aislado es diferente de las necesidades humanas. Por ello se dice que las proteínas son de bajo valor biológico, ya que la calidad de una proteína depende de su capacidad para aportar todos los aminoácidos esenciales en las cantidades necesarias (Buss y col., 1985).

Si dos proteínas se ven limitadas en su acción por el mismo aminoácido, el valor biológico de una mezcla, a partes iguales de ambas, es la media de sus valores biológicos por separado. Si cada una de ellas tiene un aminoácido distinto, entonces la restricción de una de ellas es suplida en parte por la otra proteína, es decir existe complementación proteica (Bender, 1977).

Mientras que los granos de cereal son relativamente bajos en proteínas totales y generalmente bajos en lisina , esos defectos pueden ser superados por la mezcla apropiada con productos de legumbres u oleaginosas. El resultado más evidente de tal combinación es que la mezcla será más alta en proteínas que el componente de cereal solamente. Más allá de esto, sin embargo, las legumbres y varias semillas de oleaginosas mejorarán la calidad de las proteínas del cereal por la suplementación de las mismas con aminoácidos limitantes como la lisina (a veces triptofano o treonina). Por otro lado, las legumbres y algunas semillas de oleaginosas son deficientes en metionina mientras que los granos de cereales no lo son, y esto puede ser suplido por los granos de cereales. Tal balance mutuo de aminoácidos es conocido como complementación proteica (Potter, 1980, Cheftel y col. 1989).

Puesto que los aminoácidos ingeridos en exceso no pueden ser almacenados de ningún modo en el organismo, la máxima eficiencia se consigue cuando se aportan todos los aminoácidos en las proporciones adecuadas a un mismo tiempo. Por lo tanto el mezclar diversas fuentes de proteínas alimenticias tiene un fundamento fisiológico (Buss y col., 1985).

Los aminoácidos presentes en las proteínas de la dieta no están siempre disponibles en forma total, porque la digestión de la proteína o la absorción de los aminoácidos puede ser incompleta. Generalmente los aminoácidos de las proteínas animales se digieren y absorben en

una proporción del 90% mientras que los de algunas proteínas vegetales sólo pueden ser liberados y absorbidos en un 60 a 70% (Cheftel y col., 1989).

Para establecer el valor biológico de una proteína alimenticia deben tenerse en cuenta la calidad y la cantidad de aminoácidos (Bender, 1973). Se utilizan métodos biológicos y métodos químicos. Los primeros se basan en medir el crecimiento o la retención de nitrógeno en animales experimentales o en el hombre en función del aporte proteico. Los métodos químicos en la mayoría de los casos determinan el valor biológico de una proteína en función de su contenido en aminoácidos esenciales con relación a las necesidades humanas de estos aminoácidos. En la mayoría de los métodos químicos, el valor biológico de una proteína se determina sobre la base de su contenido de aminoácidos indispensables con relación a las necesidades humanas en estos aminoácidos (Cheftel y col., 1989).

El *score* químico de una proteína refleja su contenido en aminoácidos en comparación con una proteína ideal. FAO/WHO/UNU (1985) sugirió un patrón de requerimientos de aminoácidos para niños en edad escolar como referencia para el cálculo de *score* de aminoácidos, el que se observa en la tabla I.11 (Pérez, 2005).

Sin embargo, cuando se necesita conocer la utilización de los aminoácidos en el organismo es necesario realizar la corrección del valor de *score* según la digestibilidad proteica (Pardó, Cervera, 2003). El *score* de aminoácidos (basado en el contenido de los aminoácidos limitantes) corregido a la verdadera digestibilidad de la proteína (determinada biológicamente en ratas) es en la actualidad el mejor método de rutina para determinar la calidad de proteínas de origen vegetal y de otros alimentos.

Tabla I.11

## Necesidades de aminoácidos de niños en edad escolar

Aminoácido	Requerimientos (mg/kg/día)
Isoleucina	28
Leucina	44
Lisina	44
Azufrados	22
Fenilalanina + Tirosina	22
Treonina	28
Triptofano	33
Valina	25

La fórmula adaptada por la FAO / OMS y por otras organizaciones para calcular la Digestibilidad de una Proteína Corregida para el Contenido de Aminoácidos (PDCAAS) equivale a:

$$\text{PDCAAS} = \frac{\text{Contenido de aminoácidos (mg/g de proteína) en la proteína} \times \text{Digestibilidad}}{\text{Contenido de aminoácidos en el patrón de FAO para niños de 2 a 5 años}}$$

Para cumplir con los requerimientos proteicos más rigurosos, el PDCAAS compara el perfil de aminoácidos de una proteína en estudio con las necesidades del niño de dos años. El PDCAAS más alto que puede recibir una proteína es 1,0. Las calificaciones por encima de 1.0 se nivelan pues todos los aminoácidos en exceso no son utilizados para la síntesis de tejidos, sino que son desaminados y oxidados para ser utilizados en el metabolismo energético (Crim y Munro, 1988; Suárez López y col., 2006).



El valor de digestibilidad de la proteína de arveja referencia, fue el hallado por Gausserés en 1996. Dicha investigación estudió en seres humanos la absorción post pandrial de una proteína de arveja marcada con  $^{15}\text{N}$  y halló que la verdadera absorción gastroileal de las proteínas de arvejas fue de 89.4 +/- 1.1%. Valores similares de digestibilidad fueron hallados en un estudio de características similares para estudiar en humanos la digestibilidad de la proteína de soja (Mariotti y col., 1999).

Los niveles de proteína dietética recomendados han variado con el tiempo. La Conferencia de la FAO en 1955 recomendó como cantidad necesidad mínima de proteína 0.5 g de proteína de buena calidad por kg. de peso. La necesidad proteica mínima para restaurar los tejidos que continuamente se desgastan guarda relación con el tamaño del cuerpo y más concretamente, con las células corporales metabólicamente activas. De aquí que las necesidades proteicas se relacionan con el metabolismo basal y se expresen como mg. de N / kcal. basal (Bender, 1977).

Aproximadamente la tercera parte de la proteína de la dieta media en Reino Unido procede de fuentes vegetales y el resto es de origen animal. El contenido proteico de los frutos secos y de los guisantes y judías secos es muy elevado, aproximadamente igual al de la carne, el pescado o el queso. Esta proporción disminuye cuando las legumbres se ponen en remojo pero, a pesar de ello, continúan siendo una excelente fuente de proteína. En la Tabla I. 12 se presenta el contenido proteico de algunos alimentos de importancia en la dieta (Buss y col., 1985).

Tabla I.12

## Contenido medio en proteínas en algunos alimentos

(g/100 g de porción comestible)			
Leche entera	3.2	Harina blanca	9.4
Ternera	16.6	Pan blanco	8.2
Pollo	19.7	Pan integral	9.0
Judías cocidas	4.8	Copos de maíz	8.6

La calidad nutricional de las proteínas de la arveja fue estudiada por Iqbal A. y colaboradores, en 2005, en referencia a los valores estándar del perfil de aminoácidos para dietas de chicos de 2-5 años (FAO/OMS, 1985). Cada aminoácido en el patrón de referencia fue presumido alcanzar un valor igual a 100. Los valores se expresaron en relación con el patrón de referencia. Dichos investigadores hallaron que excepto el triptófano, los demás aminoácidos se encontraban presentes en buena cantidad en arveja. Dichos resultados se presentan en Tabla I.13.

**Tabla I.13**  
**Score de aminoácidos en arveja**

<b>Aminoácido</b>	<b>Referencia</b>	<b>Score (%)</b>
Histidina	1.9	126
Lisina	5.8	140
Leucina	6.6	112
Isoleucina	2.8	161
Metionina + cistina	2.5	116
Fenilalanina + tirosina	6.3	141
Treonina	3.4	111
<b>Triptofano</b>	<b>1.1</b>	<b>55</b>
Valina	3.5	143
<b>Aminoácido limitante</b>		<b>Triptofano</b>

### **I.4.3 Hidratos de carbono**

Los carbohidratos se consideran dentro del grupo de los nutrientes básicos y siempre han tenido una gran importancia en la alimentación, incluso aquellos no digeribles se consideran de gran interés para una alimentación equilibrada. Constituyen la principal fuente de energía en las dietas de la mayoría de los pueblos del mundo. Además de su valor nutritivo, contribuyen a que los alimentos sean más apetecibles y de aspecto más agradable (Ordoñez y col., 1998).

Existen tres grupos principales de carbohidratos desde el punto de vista nutricional: azúcares, almidones (o féculas), y celulosa y sustancias relacionadas. Todos están constituidos, exclusivamente, por carbono, hidrógeno y oxígeno y sus estructuras químicas están basadas en una unidad común, usualmente glucosa. Los azúcares y almidones son la

principal fuente de energía para el ser humano en todo el mundo y la celulosa es uno de los principales componentes de la fibra dietaria.

Almidones: son los componentes fundamentales de la dieta del ser humano. Están presentes en los cereales, legumbres, papas, etc. Son los materiales de reserva energética de los vegetales, que almacenan en sus tejidos o semillas con objeto de disponer de energía en los momentos críticos, como el de la germinación. Químicamente pertenecen al grupo de los polisacáridos. Están compuestos por un número variable de unidades de glucosa unidas entre sí formando cadenas lineales o ramificadas (amilosa y amilopectina, respectivamente). Se encuentran formando gránulos cuya forma y tamaño es característico de la especie vegetal. En esta forma son insolubles en agua, por lo que en la harina son indigeribles si se comen crudos. Sin embargo, cuando se calientan o se cocinan en presencia de agua, los gránulos de almidón se hinchan y, finalmente gelatinizan (Buss, 1985).

Los azúcares: se caracterizan por su sabor dulce. Pueden ser azúcares sencillos (monosacáridos) o complejos (disacáridos). Además de aportar energía y conferir sabor dulce, los azúcares tienen otras aplicaciones en los alimentos (Buss, 1985).

La celulosa y sustancias relacionadas: pertenecen a un grupo de polisacáridos que proporcionan la estructura rígida y fibrosa a las verduras, hortalizas, frutas y granos de los cereales y a la pared de las células que contienen los gránulos de almidón. Son insolubles en agua y constituyen con la lignina (que no es un carbohidrato) los principales componentes de la fibra dietaria (Buss, 1985). Sus efectos sobre la salud se abordarán en detalle a continuación.

Los carbohidratos más utilizados por el ser humano son el almidón y la sacarosa, por lo que las plantas que los contienen son las más cultivadas y consumidas (Ordoñez y col., 1998).

Los cereales constituyen una importante fuente de hidratos de carbono o glúcidos complejos. Las legumbres son ricas en hidratos de carbono complejos y de absorción lenta y fibras, por lo que la glucosa pasa a la sangre de forma progresiva evitando así un sobreesfuerzo del páncreas en la secreción de insulina (Salvador Castell y Bultó Sagnier, 2001).

#### **I.4.4 Fibras**

La importancia de la fibra dietaria en la alimentación está aumentando debido a sus efectos beneficiosos sobre la salud (Anderson, 1991; Whitehead, 1986). Una dieta rica en fibras puede contribuir a disminuir el riesgo de enfermedades cardíacas, diabetes o cáncer si se acompaña con un estilo de vida saludable.

Dietas altas en fibra basadas en granos enteros de cereales, legumbres, frutas y vegetales, están siendo indicadas en el tratamiento y manejo de varios desórdenes circulatorios y colónicos (Staub, 1983). La fibra dietaria tendría efectos beneficiosos en la reducción de los niveles de colesterol y el riesgo de cáncer de colon (Anderson, 1991; Whitehead, 1986).

Existen dos tipos principales de fibra dietaria. Las fibras insolubles en agua incluyen lignina, celulosas y algunas hemicelulosas, presentes principalmente en el trigo, en la mayoría de granos y vegetales. Las fibras insolubles disminuyen el tiempo de tránsito intestinal, aumentan el bolo fecal, hacen las heces más suaves y retrasan la absorción de glucosa así como la hidrólisis del almidón. Las fibras solubles como las pectinas, gomas y algunas hemicelulosas y polisacáridos de reserva, tienden a aumentar el tiempo de tránsito intestinal. Retrasan el vaciamiento gástrico, hace más lenta la absorción de glucosa y disminuye los niveles de colesterol sérico. La fibra soluble, es casi fermentada completamente en el colon a cadenas cortas de ácidos grasos. Esto inhibiría la síntesis de colesterol hepática y aumenta la depuración de las lipoproteínas de baja densidad (Walker, 1993).

Por su efecto sobre la fisiología digestiva, las fibras dietarias son, sin duda, componentes importantes de la dieta, pero no caben en la definición de nutriente aplicable sólo a aquellas sustancias presentes en la dieta que cumplen alguna función metabólica. Las fibras dietarias son varias moléculas, no una; ninguna de ellas penetra en el organismo para participar como tal en el metabolismo. Como no se trata de un nutriente, no son aplicables los conceptos de requerimiento ni de recomendación nutricional. No obstante y dada su importancia fisiológica, se ha propuesto que la ingestión de fibra dietaria conveniente en adultos es de 30 a 35 g / día, de la cual el 50% debe provenir de granos (hemicelulosa) y otro

50% debe provenir de verduras (pectinas). Esta propuesta es tentativa y tiene bases meramente empíricas, pero es razonable (Badui Dergal, 1999).

#### **I.4.5 Minerales**

Las legumbres como garbanzo, judía, lenteja y arveja fueron estudiadas por Iqbal et al, (2005) para evaluar su calidad nutricional. Los cuatro tipos de legumbres resultaron buenas fuentes de materia mineral, particularmente potasio, fósforo, calcio, cobre, hierro y zinc. Pero la concentración de varios constituyentes minerales no presentó un buen balance nutricional. La suplementación mineral puede ser utilizada para corregir dicho desbalance.

#### **I.4.6 Compuestos bioactivos**

Las legumbres poseen diversos compuestos fenólicos que son considerados antioxidantes naturales y representan un grupo importante de compuestos bioactivos en alimentos, que protegerían contra varias enfermedades como arteriosclerosis y cáncer. Como consecuencia de dicha actividad, la presencia de compuestos fenólicos en alimentos en los últimos años es un foco de interés. Dichos compuestos no sólo actúan como antioxidantes en alimentos sino también como factores protectores del daño oxidativo en el cuerpo humano (Lopez Amorós, 2004).

#### **I.4.7 Efectos de las condiciones del proceso sobre el valor biológico**

La lisina, es el aminoácido limitante en la harina de trigo y su destrucción durante el horneado es un hecho importante desde el punto de vista biológico. Los cambios más importantes, que en este sentido, tienen lugar durante el horneado, se producen en la superficie del alimento. Por lo tanto en las pérdidas de valor nutricional, la relación volumen/superficie juega un papel muy importante (Fellows, 1994).

La cocción determina el hinchamiento y gelatinización en los gránulos de almidón que incluyen los carbohidratos de los cereales, haciendo digerible el almidón.

La tiamina es la vitamina más afectada por el horneado o procesado de los productos derivados de los cereales, ya que es termolábil y se destruye en condiciones alcalinas. La riboflavina y la niacina son más termoestables, por lo que las pérdidas durante el horneado son pequeñas. En cuanto al resto de las vitaminas inestables, el contenido en ácido fólico del trigo es bajo y la vitamina C sólo está presente si se añade como mejorante de la harina antes de elaborar el pan, y posteriormente se destruye durante la cocción en el horno (Buss y col., 1985).

El contenido vitamínico del pan depende también de la intensidad de la fermentación, ya que durante ésta el contenido de vitaminas del grupo B aumenta (Fellows, 1994).

En la elaboración del pan, las levaduras van fermentando gradualmente los azúcares formados en la masa a partir del almidón, degradándolos hasta alcohol y finalmente agua y dióxido de carbono, que se elimina, haciendo aumentar el volumen de la masa del pan. Al añadirse agua a la harina, durante la elaboración de la masa, las gliadinas y las gluteninas se combinan formando el gluten. Durante la cocción, las altas temperaturas a las que son sometidas las piezas de pan destruyen las levaduras, cesando la fermentación. Por otro lado, el gluten retiene el gas y coagula, manteniendo la forma del pan. La pérdida de tiamina durante la cocción del pan es alrededor del 15% (Buss y col., 1985).

## **I.5 PANIFICACIÓN**

### **I.5.1 Pan**

Según el Código Alimentario Argentino en su Capítulo IX Art. 725, “Con la denominación genérica de Pan, se entiende el producto obtenido por la cocción en hornos y a temperatura conveniente de una masa fermentada o no, hecha con harina y agua potable, con o sin el agregado de levadura, con o sin la adición de sal, con o sin la adición de otras sustancias permitidas para esta clase de productos alimenticios”.

### **I.5.2 Generalidades de la elaboración de pan**

La harina es uno de los principales componentes en la elaboración del pan. Es el producto de la molienda del endospermo del grano de trigo limpio e industrialmente puro. El valor panadero de un trigo está representado por las aptitudes de la harina para dar un buen pan en condiciones de trabajo y rendimientos acordes con las de una fabricación normal. Dos grupos importantes de factores influyen en este valor panadero: las características físicas de la masa y sus cualidades fermentativas.

Las características físicas se conocen corrientemente con el término de propiedades plásticas, caracterizadas por el grado de elasticidad, tenacidad y suavidad de la masa. Es el gluten quien comunica a la masa dichas propiedades. Además el almidón influye en la formación de la textura final y desarrollo del pan. Las propiedades fermentativas están ligadas a la cantidad de azúcares preexistentes y a la buena marcha de la amilolisis. El estado de los gránulos de almidón presentes en la harina –su grado de daño- es también un factor importante en la formación de azúcares fermentesibles a partir del almidón. Si la producción de gas es normal, otro factor del valor panadero el cual dependen de las características físicas de la masa es el grado de retención de gas. Son factores importantes el color de la harina, de la miga y corteza del pan, influidos por el tipo de trigo y el proceso de molienda.



Luego de la harina, el agua es el componente más importante de la masa y desempeña un papel principal en el curso de la elaboración. El agua hidrata la harina, hincha los gránulos de almidón y favorece el ablandamiento y alargamiento del gluten, lo que da a la masa las características de plasticidad que permiten su desarrollo y manejo. La presencia del agua es por otra parte, primordial en lo relativo a la formación de un medio húmedo indispensable para la creación y desarrollo de la fermentación alcohólica (Calvel, 1983).

Las sustancias minerales disueltas en el agua representan sólo una pequeña fracción de las sustancias inorgánicas contenidas en los productos horneados, pero sin embargo, su cantidad y calidad tienen a menudo una notable influencia sobre la facilidad de trabajar la masa, sobre su aspecto y sobre la consistencia de los productos terminados.

Pocas sales se encuentran en el agua en una concentración suficiente como para provocar un efecto importante sobre la fermentación de la masa, en particular los cloruros y los sulfatos de metales alcalinos y especialmente el sulfato de calcio, tienen un efecto positivo en la masa reforzando el gluten. El empleo de agua clorada provoca la reducción del tiempo de fermentación y mejora la calidad del pan, especialmente si se emplea en harinas débiles. En definitiva, las características del agua tienen una notable influencia en el desarrollo de las diversas fases del proceso de panificación sobre la calidad del producto final, por lo que es necesario emplear un agua apropiada.

Aunque mucho menos importante que la harina y el agua, la sal es sin embargo uno de los principales elementos de la masa y el pan (Calvel, 1983), aunque en algunas regiones o por razones dietéticas no se utiliza (Quaglia, 1991).

La presencia de sal se manifiesta a lo largo de toda la panificación. En primer lugar, mejora las características plásticas de la masa: consistencia y tenacidad, permitiendo de esta manera aumentar ligeramente el agregado de agua (Calvel, 1983).

Actúa principalmente sobre la formación del gluten, ya que la gliadina, uno de sus dos componentes, tiene menor solubilidad en el agua con sal, lo que da lugar en una masa obtenida con agua salada a la formación de una mayor cantidad de gluten. Además la sal por su propiedad antiséptica actúa también durante la fermentación retardando las fermentaciones

secundarias. La sal favorece además la coloración de la superficie del pan, dando a la corteza una coloración más viva, haciéndola más crujiente y confiriéndole un aroma más intenso, respecto del pan sin sal. Influye también en la duración y estado de conservación del producto, debido a su capacidad de absorber agua. En un ambiente seco reduce la cesión de humedad del producto al aire retrasando el que la corteza se seque y se endurezca y en el pan conservado en un ambiente húmedo, la sal tiende a adquirir la humedad del aire introduciéndola en el producto, ejerciendo un efecto negativo sobre el tiempo de conservación (Quaglia, 1991).

Y además, lo que es más importante, mejora el sabor del pan, sin el cual, sería muy poco atractivo (Calvel, 1983).

Los azúcares que están presentes en la masa del pan y de otros productos horneados son de varios tipos (Quaglia, 1991). Los azúcares presentes en la masa como componentes normales de la harina o bien añadidos o formando parte de otros ingredientes se pueden subdividir en azúcares fermentables y no susceptibles de fermentación. Los últimos tienen una notable importancia tecnológica ya que forman glicoproteína que tiene una función en la formación de la masa y por lo tanto en las características reológicas de la misma. Los azúcares fermentables son directamente la glucosa y la fructosa, ya que la sacarosa se transforma en éstos y la maltosa en glucosa.

La levadura debe tener a su disposición estos azúcares para producir anhídrido carbónico, que sirve para elevar la masa. Los azúcares que se añaden a la masa para elaborar algunos productos horneados, además de la función de conferir un sabor dulce y ser alimento para las levaduras, tienen efecto sobre la propiedad de absorción, sobre el tiempo de desarrollo de la masa y sobre las características organolépticas del producto, esto es sobre el color de la superficie y su aroma.

El color de la superficie del pan se debe a la reacción entre los azúcares y los aminoácidos (reacción de Maillard) y a la caramelización de los azúcares por el calor: según el tipo y la cantidad de los azúcares utilizados se obtiene un color más o menos intenso.

El azúcar actúa también en la formación del aroma (reacción de Maillard). A su vez, también asegura una mayor conservación del producto ya que permite una mejor retención de la humedad, retrasando el proceso de endurecimiento (Quaglia, 1991).

Las materias grasas son una de las sustancias que con más frecuencia se emplean en pastelería y en la elaboración de productos horneados. Su empleo es como mejorante de las características de las masas y como conservante.

El empleo de los lípidos polares extraídos del trigo mejora el volumen del pan, el aspecto de la corteza y aumenta el tiempo de conservación. Estos efectos se deben a la acción emulsionante de los lípidos polares sobre el almidón y las proteínas.

Cuando el almidón se mezcla con agua y se calienta, la amilosa se disuelve y poco a poco, con el enfriamiento, forma un gel; la larga cadena de los ácidos grasos de los lípidos añadidos como emulsionantes se fijan a la hélice de la amilosa, retardando por consiguiente el proceso de retrogradación del almidón.

La formación de estos complejos (clartratos) explica el efecto retardante de los lípidos sobre el endurecimiento del pan y mejora las características de la masa.

En el caso del pan, cuando la harina y el agua se mezclan, se obtiene una masa con características plásticas: las partículas de almidón finamente subdivididas son encapsuladas por la matriz proteica, llamada gluten. Si a la masa se añaden grasas emulsionantes se forma una sutil capa entre las partículas de almidón y la red glutínica, y después el efecto acomplejante de los emulsionantes, transforman la superficie hidrófila de las proteínas en una superficie más lipófila: esta capacidad de los lípidos de acomplejar y por consiguiente de ligar las diferentes mallas del gluten, aumenta simultáneamente la posibilidad de elongamiento, la adición de emulsionantes confiere a la miga una estructura fina y homogénea ya que el gluten, al tener y la posibilidad de elongarse sin romperse, retiene las burbujas de gas evitando que se unan formando burbujas más grandes.

En general, se puede afirmar que mientras los monoglicéridos insaturados mejoran el aspecto y la consistencia de la masa, los saturados permiten un mejor esponjamiento y por

consiguiente un mayor volumen del pan. En conclusión, por las exigencias en la elaboración del pan, es necesario emplear una mezcla de monoglicéridos saturados e insaturados. (Quaglia, 1991).

Se ha observado que el volumen del pan depende fundamentalmente del contenido proteico de la harina, y en especial de las fracciones proteicas que en la fase de amasado dan lugar a la formación del gluten. Además, las harinas reconstituidas con fracciones proteicas enriquecidas en gliadina pero escasas en glutenina tienen un comportamiento diferente en la panificación. Las fracciones ricas en gliadina y escasas en glutenina provocan una reducción apreciable en el tiempo de amasado y de absorción de agua y un aumento de las necesidades de oxidantes.

En general las sustancias oxidantes mejoran la masa, ya que al actuar refuerzan las propiedades mecánicas del gluten y aumentan la capacidad de retención de anhídrido carbónico.

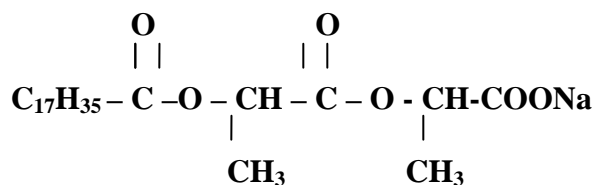
Para analizar como actúa una sustancia oxidante se podría considerar que el gluten está formado por dos fracciones proteicas (gliadina y glutenina), unidas por enlaces químicos de distinta naturaleza, tanto intermoleculares como intramoleculares, que forman una red elástica que puede retener gas. La densidad y solidez de los puentes intra o intercatenarios y la elasticidad de la red que forman dichas proteínas, van a determinar la capacidad que tiene la masa de fermentar o retener el anhídrido carbónico. La presencia de oxidantes favorece la formación de enlaces disulfuros intermoleculares entre proteínas adyacentes, mejorando de esta manera las capacidad de retener gas de la malla de gluten (Quaglia, 1991; Baudi, 1999).

Los emulsificantes, tienen como función estabilizar las mezclas de los líquidos inmiscibles. Estos aditivos reducen la tensión superficial, lo cual provoca que las dos fases logren un contacto más estrecho y se estabilicen (Baudi, 1999). Las acciones que estas sustancias desarrollan en la masa son múltiples (Quaglia, 1991) como emulsionantes, acomplejantes del almidón, en enlaces con las proteínas, permitir mayor elasticidad, estabilizar la espuma, modificar las estructuras cristalinas, impermeabilizante y lubricante. Al interaccionan con las proteínas se ha visto que cuando son adicionados a las masas le otorgan

un elevado hinchamiento que después se corresponderán con el volumen del pan. Esto se debe a una interacción más fuerte con el gluten. Los tensoactivos reemplazan a los lípidos asociados naturalmente con el gluten, formando con éste enlaces más fuertes.

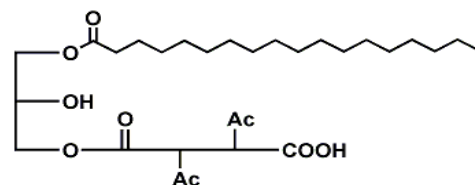
El efecto positivo de los emulsionantes puede comprobarse en la elasticidad y viscosidad del gluten de la harina. Permite conseguir un pan de mayor volumen y con mejor estructura que el de aquellos panes en los que no se ha efectuado la adición.

El endurecimiento del pan es debido a la cristalización del almidón. Los emulsionantes forman complejos insolubles con la amilosa que es la principal responsable del endurecimiento del pan. Los emulsionantes son agentes tensoactivos que se emplean en productos horneados por su capacidad de formar y estabilizar las emulsiones. Ejemplos de emulsionantes son:



Estereail-2-lactilato de sodio

(SSL)



Monoestearato de diacetil tartárico

(DATEM)

Algunas investigaciones en pan elaborado con almidón puro y una pequeña cantidad de azúcar y levadura, se vio que el pan tenía grandes alvéolos en la miga y se endurecía inmediatamente después de enfriarse, pero si a la misma masa se añadía emulsionante la miga tenía una configuración más fina. Esta observación indica que los emulsionantes interaccionan

con el almidón formando con restos de glucosa unos compuestos denominados clartratos que tienen una estructura en espiral y que impiden que el almidón sufra el cambio que se produce en el proceso de endurecimiento (Quaglia, 1991).

Los agentes fermentadores son aquellas sustancias que directamente o indirectamente tienen un efecto de dilatación y elevación o aumento de volumen en las masas destinadas para producir productos horneados (fermentación). El principal agente fermentante es el dióxido de carbono, pero también es importante la acción del vapor de agua, del aire que se incorpora durante la preparación de la masa, que después se dilata durante la cocción en el horno.

Hay distintos tipos de fermentación: química, biológica, física, o debidos a la evaporación y dilatación del agua emulsionada con grasas (Quaglia, 1991).

En la fermentación biológica la fermentación se consigue por fermentación con levaduras (fermentación natural). Para la fermentación de las masas panarias se emplean levaduras del género *Saccharomyces cerevisiae*. Las levaduras al provocar la fermentación transforman los azúcares en alcohol y gas carbónico (Calvel, 1983).

Las enzimas que están presentes en las harinas o en la malta (amilasas) escinden el almidón en maltosa o dextrosa, los cuales a su vez junto con la sacarosa, son transformados por las enzimas presentes en las células de la levadura en glucosa y fructosa que por la acción de otra enzima (la zimasa) se transforman en anhídrido carbónico y alcohol.

Entre los compuestos volátiles están los aldehídos y ácidos volátiles como ácido acético y en pequeñísimas cantidades ácido fórmico (Quaglia, 1991).

### **I.5.3 Uso de harina de arveja en el pan**

El consumo de trigo en forma de pan, provee más nutrientes a la población mundial que ninguna otra fuente simple de alimentos. El pan es particularmente importante como fuente de hidratos de carbono, proteínas y vitaminas B y E. El consumo de pan, particularmente el de panes preparados con harina de granos enteros y con harinas

multigranos, tiende a aumentar en países desarrollados debido a la mayor conciencia nutricional que quiere reducir el consumo de hidratos de carbono simples, grasas y colesterol y aumentar el consumo de hidratos de carbono complejos, fibra dietaria y proteínas vegetales (Peña, 2002).

La popularidad de los productos a base de trigo ha estimulado las investigaciones para encontrar métodos que permitan aprovechar al máximo las disponibilidades de este cereal, mediante la adición de otras harinas. El pan de trigo se enriquece con cantidades pequeñas de nutrientes, tales como vitaminas, minerales y aminoácidos y cantidades más altas de proteínas procedentes de semillas de oleaginosas, leche en polvo y concentrado proteico de pescado. Las pequeñas cantidades de vitaminas y elementos similares que en muchos países se añaden a la harina no influyen su capacidad panificable, pero en el caso de productos proteicos, las mayores cantidades que son necesarias para mejorar sustancialmente su calidad nutritiva sí que la afectan negativamente, sobre todo en lo que concierne al volumen y textura (Bender, 1977).

Hulse en 1974 sostenía que tradicionalmente se ha prestado más atención a la soja que a cualquier otra legumbre o proteína de oleaginosa como suplemento en la proteínas para panes y que existía una necesidad evidente de examinar otras proteínas vegetales que fortificaran satisfactoriamente el pan en los países menos desarrollados.

La harina de arveja es una fuente relativamente barata de proteínas y fácil de producir, la cual no es altamente procesada, es rica en fibras y tiene una proteína relativamente buena en cantidad y calidad (Hannigan, 1979).

Nielsen y colaboradores en 1980 argumentan que se están investigando nuevos usos de arveja en alimentación debido al desarrollo en la producción de harina y concentrados proteicos de arveja. Una de las áreas más promisorias para productos de arvejas, especialmente para grupos de bajos recursos y países en desarrollo, es la producción de pastas enriquecidas con proteínas.

Raild y Klein en 1983 estudiaron los efectos sensoriales de la sustitución de harina de arveja a un 5%, 10 %, y 15%, en panes levados químicamente. Al aumentar el nivel de

sustitución se observó que no se obtenía un producto deseable. Repetsky y Klein, 1981 observaron en panes elaborados con levadura que se podía realizar hasta un 10 % de reemplazo.

Según Wang y col. (2002), el pan blanco es el tipo de pan más consumido. Para alcanzar los requerimientos de fibra dietaria recomendados por las autoridades sanitarias a nivel mundial, el desarrollo de panes con un mayor contenido de fibra dietaria sería la mejor manera de aumentar la ingesta de fibra. Es por esto que estudiaron el efecto de la adición en panes de fibra comercial de arveja. La evaluación de dichos panes reveló que la suplementación con fibras, a pesar de que disminuía el volumen específico del pan, confería suavidad a la miga. Además, la evaluación sensorial mostró que un panel de consumidores calificaron a estos panes enriquecidos con fibras como aceptables.

En el último tiempo la disponibilidad de los nutrientes en arveja así como sus propiedades funcionales beneficiosas han despertado interés y ha aumentado la demanda de esta legumbre en preparaciones de alimentos destinadas a la alimentación geriátrica e infantil (Davidsson y col., 2001).

#### **I.5.4 Ventajas del uso de harina de arveja en panificación**

El pan es un alimento ampliamente difundido. Sin embargo no es completo desde el punto de vista nutricional porque no contiene, en cantidad suficiente, todos los aminoácidos esenciales para la síntesis proteica.

Los cereales son una fuente importante de hidratos de carbono o glúcidos complejos, que son utilizados por el organismo fundamentalmente como fuente de energía. Además otorga proteínas de origen vegetal y vitaminas, sobre todo del grupo B. Dentro del grupo de los cereales se incluyen las harinas y los subproductos que se obtienen a partir de éstas como el pan entre otros.

Actualmente la mayor parte de las harinas utilizadas en la elaboración de panes, pastas, etc., son muy refinadas, es decir, los granos han sido desprovistos de su cascarilla.



Este hecho empobrece, en parte al cereal, sobre todo porque se produce una pérdida casi total de la fibra y de muchos minerales (Salvador Castell y Bultó Sagnier, 2001).

Las harinas de cereales son relativamente bajas en proteínas totales y deficitarias en lisina. Por otro lado, las legumbres son deficientes en metionina, no así los cereales. Estos defectos se pueden superar con las mezclas apropiadas con productos de legumbres, aumentando la calidad de las proteínas de los cereales (Potter, 1980). Así por ejemplo al combinar harina de trigo con harina de arveja se logra complementar sus aminoácidos y se convierte en una proteína más completa y además se obtiene un alimento más rico en fibras (Lappé, 1991).

Las autoridades sanitarias de todo el mundo recomiendan una disminución del consumo de grasas animales y proteínas y un aumento de la ingesta de cereales, la cual es una fuente importante de fibra dietaria, y, en la mayoría de países europeos los cereales constituyen la fuente más importante de fibra dietaria. El pan blanco es el tipo de pan más consumido. Por ello, para alcanzar los requerimientos de fibra dietaria, el desarrollo de panes con un mayor contenido de fibra dietaria debería ser la mejor manera de aumentar la ingesta de fibra (Wang et al, 2002).

La arveja tiene gran importancia nutricional debido a su alto contenido de proteínas, carbohidratos complejos, fibra dietaria, minerales, vitaminas y compuestos antioxidantes (Deshpande, 1992; Urbano et al, 2005 *a* ). Si bien la arveja es ampliamente usada en alimentación animal por sus propiedades nutricionales, el consumo en humanos no se encuentra distribuido ampliamente. Aunque en los últimos años, los beneficios nutricionales y las propiedades funcionales de la arveja han aumentado el interés y demanda de esta legumbre para la preparación de alimentos geriátricos e infantiles (Urbano, 2005 *a*).

Ha sido sugerida como una fuente alternativa de la proteína de soja en países donde ésta no constituye un cultivo nativo o en situaciones en que no puede ser usada la soja por intolerancia o reacciones alérgicas (Urbano y col., 2005 *b*; Davidsson y col., 2001).

La nutrición tiene un impacto importante en la incidencia de las enfermedades y en la salud cardiovascular. Manejar la ingesta dietética de compuestos beneficiosos sería una

manera práctica y económica de disminuir la incidencia y costo de enfermedades cardiovasculares (Gardner, 2001).

El uso de harina de arveja en panificación permite lograr un alimento más completo desde el punto de vista nutricional el cual podría ser de interés para destinarse a los grupos más vulnerables como ser niños, ancianos, embarazadas y personas de menores recursos; a las personas que adoptan una dieta de tipo vegetariana pura y a la población en general que actualmente posee mayor información en materia de nutrición y salud, por lo cual está atenta a los componentes de los alimentos que elige para consumo.

Desde el punto de vista tecnológico, permite ofrecer un producto novedoso en el mercado elaborado a base de recursos existentes, accesibles y no tan utilizados en la región como la harina de arveja.

## **I.6 OBJETIVOS**

### **I.6.1 Generales**

- Utilizar fuentes proteicas complementarias en la elaboración de un producto de consumo masivo.
- Estudiar las posibles mejoras tecnológicas y nutricionales con el uso de procedimientos adecuados y aditivos eficaces.

### **I.6.2 Específicos**

- Desarrollar una metodología apropiada para obtener harina de arveja.
- Estudiar el efecto de la incorporación de distintos niveles de harina de arveja en la elaboración de panes de molde.
- Estudiar el efecto de la inactivación de lipoxigenasa sobre las características sensoriales de los panes de molde.
- Estudiar el efecto de emulsionantes y oxidantes sobre las características generales del pan y particularmente sobre su volumen y vida útil.
- Aplicar modelos estadísticos para la optimización de las condiciones de elaboración del pan de molde.
- Definir una formulación que permita obtener un pan de buena calidad nutricional y sensorialmente aceptable.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### II.1 MATERIAS PRIMAS

Como el objetivo de este trabajo fue obtener un producto accesible a la población en general y fundamentalmente para sectores con necesidades nutricionales, se trabajó con materias primas disponibles en el mercado local.

En la elaboración de panes se utilizó harina de trigo comercial 000, cuyas características químicas fueron: humedad 12.6 %, proteínas 10.30 %, materia grasa 1.62 %, cenizas 0.52 % y gluten húmedo 26.5%. Las propiedades físicas de la masa obtenida con dicha harina fueron: Absorción de agua 59 %, Desarrollo de la masa 1.5 min. Estabilidad 5.4 min., Ablandamiento 30 UB, Pico amilográfico: 590 UB, Alveograma: P/L 1.71, W 203.

Harina obtenida de arveja deshidratada variedad canadiense inactivada y molida según se detalla posteriormente. Su composición fue: humedad 10.6%, proteínas 21.4 %, materia grasa 2.12% y cenizas 3.43 %.

Además se utilizaron los siguientes ingredientes: oleomargarina (P. F.=36 °C), levadura comercial, azúcar, leche entera en polvo, sal, emulsionantes y oxidantes.

## **II.2 MÉTODOS**

### **II.2.1 Obtención de harina de arveja inactivada**

#### **II.2.1.1 Inactivación de la lipoxigenasa de la arveja**

Se desarrolló una técnica de inactivación de la arveja cruda a fin de desactivar la enzima lipoxigenasa productora de aromas y sabores indeseables. La arveja deshidratada enzimáticamente activa fue inactivada por tratamiento térmico a diferentes tiempos (1; 1.5 y 2 minutos) consistente en la inmersión en agua a 100 °C y enfriada inmediatamente después por inmersión en agua a 20 °C, luego secada por circulación forzada de aire a menos de 50 °C.

#### **II.2.1.2 Técnica de molienda**

Las arvejas secas se molieron en planta piloto en molino a martillo con tamiz de retención marca Retsch K. G. (Fig. II.1) hasta el tamaño de partícula que, en ensayos previos, demostró ser el más apropiado para panificación.

Se buscó recuperar un alto porcentaje de fibras insolubles y solubles y obtener un mayor rendimiento.

Fig. II.1

Equipo utilizado en la molienda de arveja a escala piloto



### II.2.1.3 Determinación de la actividad de lipoxigenasa

La determinación de la actividad de lipoxigenasa cuantitativa fue realizada en las muestras sin tratamiento y en las inactivadas por 1, 1.5 y 2 minutos de tratamiento térmico mediante el Método Surrey Modificado (Surrey, 1964). Para la preparación del sustrato se disolvieron 2.5 ml de buffer borato de pH 9 0.05 M junto con 0.125 ml de Tween 20. Luego se agregaron 0.125 ml de Ácido Linoleico dispersando y 0.35 ml de hidróxido de sodio agitando hasta lograr un color traslúcido. Luego se llevó a pH 6.4 con ácido clorhídrico.

Para el extracto enzimático, se extrajo la enzima homogeneizando 10 gramos de harina de arveja con 300 ml de agua destilada a 1 °C, en licuadora durante 1.5 y 1 minutos a velocidad media. Luego se filtró inmediatamente a través de un colador de malla abierta y se utilizó el extracto enzimático en forma inmediata para la mezcla reaccionante. La solución sustrato (27 ml) fue transferida a un vaso de precipitado ubicado en un baño termostatizado a 25 °C. Se aireó mediante una corriente de aire con un agitado continuo durante 2 minutos. La reacción se comenzó por la adición de 3 ml de extracto enzimático recientemente homogeneizado. A los 15 segundos –determinados con un cronómetro auxiliar- se lleva 1 ml de la mezcla reaccionante a un tubo conteniendo 2 ml de alcohol etílico absoluto (blanco). Las alícuotas de 1 ml de la mezcla reaccionante fueron transferidas en tubos de vidrio con 2 ml de alcohol etílico absoluto, a los tiempos 1, 2, 3, 4 y 5 minutos, agitando cuidadosamente. El alcohol etílico absoluto actúa como inhibidor de la reacción. A cada uno de los tubos se le agregaron 7 ml de alcohol etílico al 60%. Se centrifugó a alta velocidad durante 10 minutos. Las muestras fueron transferidas a cubetas de cuarzo, y se leyeron a 234 nm. en Espectrofotómetro Spectronic modelo Génesis, Milton Roy Company, Rochester, USA.

Los resultados se expresaron como unidad de actividad de lipoxigenasa (uA / g. min). La actividad enzimática residual se calculó como el % de la actividad enzimática de la arveja tratada con respecto a la actividad de la arveja cruda.



#### II.2.1.4 Evaluación sensorial por panel entrenado

La evaluación sensorial mediante un panel de seis personas entrenadas se utilizó para apreciar la influencia de la inactivación de la enzima lipoxigenasa sobre las características del pan. Esta metodología ha sido empleada por diversos autores (Wang y col., 2002; Dhingra y col., 2002; Kihlberg 2003 y Mc. Ewan 1999).

Se analizaron nueve muestras de pan elaboradas con distintos porcentajes de harina de arvejas en su formulación (5 %, 10 % y 15 %). A los efectos prácticos se trabajó con la harina de arveja cruda y con tiempos de tratamientos térmicos de 1 y 1.5 minutos. Las muestras se identificaron según lo que se detalla en la Tabla II.1. La evaluación sensorial se realizó en forma individual y por duplicado (Raild y Klein, 1983; Kihlberg y col., 2004), obteniéndose los valores medios del panel para cada atributo y para cada muestra.

Se aplicó Análisis Descriptivo Cuantitativo utilizando escalas no estructuradas, de 10 cm, ancladas en los extremos.

Los atributos analizados sobre rodajas de pan de aproximadamente 1 cm de espesor, fueron: Aroma, Color, Aspecto de la miga, Esponjosidad y Sabor.

Los extremos de las escalas fueron consensuados por los evaluadores. Además se los instruyó acerca de la forma en que debían realizar la evaluación del aspecto y de la esponjosidad.

Para la evaluación del Aspecto de la miga se tuvo en cuenta el número, tamaño y distribución de los alvéolos. Para Esponjosidad se consideró la fuerza requerida para reducir la altura en 25-50 %, es decir, se evaluó el grado de recuperación cuando cesa la presión del dedo.

Con el propósito de lograr consenso del panel respecto de los extremos de las escalas, se realizaron sesiones previas, utilizando pan de molde testigo y pan de molde con 15 % de harina de arvejas. El valor asignado al extremo de calidad inferior fue 1 (uno) mientras que el valor asignado al extremo de calidad superior fue 9 (nueve).

Los atributos sensoriales evaluados y dichos extremos consensuados, fueron:

- *Aroma*: Extremo inferior, aroma a forraje y superior levemente a levadura.
- *Color*: Extremo inferior, blanco amarillento y superior blanco crema.
- *Aspecto de la miga*: Extremo inferior con tamaño y distribución de los alvéolos no homogéneo y extremo superior homogéneo.
- *Esponjosidad*: Extremo inferior con grado nulo de recuperación cuando cesa la presión de los dedos y extremo superior con recuperación total.
- *Sabor*: Extremo inferior, no genuino y muy poco dulce y superior, genuino y levemente dulce.

Para la evaluación de los resultados se utilizó MS-Excel y el soporte estadístico Statgraphic Plus 3.

Los puntajes asignados fueron procesados estadísticamente mediante Análisis de Varianza (ANOVA) al nivel de significación  $P \leq 0,05$ .

Tabla II.1

## Identificación de las muestras y variables independientes

Identificación de las muestras	Harina de Arvejas (%)	Tiempo de Inactivación
15	5	0
110	10	0
115	15	0
25	5	1
210	10	1
215	15	1
35	5	1,5
310	10	1,5
315	15	1,5

## II.2.2 Selección de variables y sus puntos extremos en la formulación de panes

A partir de la formulación propuesta por Osella y col. (2006), presentada en la Tabla II.2, se estudiaron mediante experiencias por triplicado tres diferentes variables a fin de definir sus valores extremos. Se utilizó ANOVA y Método de Rango Múltiple de Duncan. Las variables seleccionadas fueron:

- a. Nivel de suplementación con harina de arveja
- b. Nivel de uso de aditivo mejorador de volumen del pan
- c. Nivel de uso de aditivo mejorador de vida útil del pan

Tabla II.2

**Formulación de panes de moldes**

---

Harina de trigo	300
Harina de arveja	----
Agua	175
Levadura	15
Sal	6
Azúcar	18
Oleomargarina	9
Leche en polvo	6

---

## a) Estudio del nivel de suplementación con harina de arveja

A partir de la fórmula de panes de moldes se estudió el nivel de reemplazo con harina de arveja inactivada a través de tratamiento térmico. Se analizaron diferentes niveles de suplementación: 5, 10, 15 y 20 %, utilizando las formulaciones que se detallan en la Tabla II.3

Para tal fin se realizaron panificaciones, luego se determinó el puntaje a través de un panel de expertos y se midió el volumen específico.

b) Estudio de los aditivos mejoradores de volumen

Para seleccionar los diferentes aditivos se tuvo en cuenta la influencia del oxidante y su concentración, sobre el volumen específico de los panes ( $\text{cm}^3/\text{g}$ ) y el puntaje asignado por el panel de expertos.

Los aditivos oxidantes utilizados fueron ADA en las concentraciones de 50, 100, 150, 200, 250 y 300 ppm y Ácido ascórbico (100, 150, 200, 250 y 300 ppm).

c) Estudio de los aditivos mejoradores de vida útil

Para seleccionar los emulsionantes se tuvo en cuenta la influencia del emulsionante y su concentración sobre el volumen específico de los panes ( $\text{cc}/\text{g}$ ), sobre su vida útil evaluando la evolución de su textura en un tiempo de 7 días y el puntaje total, ambos asignados por el panel de expertos.

Se realizaron ensayos donde se estudiaron el efecto de los emulsionantes estearoil lactilato de sodio –SSL- (0.7, 1, 1.5 y 2 %) y monoglicérido esterificado con diacetil tartárico –DATEM- (0.7, 1 %).

Tabla II.3

## Formulación de panes de molde sustituidos con harina de arveja

Ingredientes (g)	Testigo	Niveles de Sustitución (%)			
		5	10	15	20
Harina de trigo	300	285	270	255	240
Harina de arveja	----	15	30	45	60
Agua	177	177	177	177	177
Levadura	15	15	15	15	15
Sal	6	6	6	6	6
Azúcar	18	18	18	18	18
Oleomargarina	9	9	9	9	9
Leche en polvo	6	6	6	6	6

## II.2.3 Proceso de panificación

Todas las etapas fueron llevadas a cabo en condiciones estandarizadas. Los ingredientes fueron pesados en balanza Ohaus con una precisión de 0,1 g., los aditivos fueron pesados en balanza Sauter, con una precisión de 0,1 mg.

Se mezclaron todos los ingredientes sólidos, con excepción del aditivo oxidante en la amasadora del farinógrafo Do-Corder Brabender con el dispositivo mezclador doble Z a 25 °C y una velocidad de 60 rpm durante un minuto (Tosi y col., 2002).

El agua se acondicionó a una temperatura que permitiera obtener al final del amasado una temperatura de la masa cercana a 24-26 °C. Alcanzada la temperatura, se disolvió el aditivo oxidante en el agua para facilitar su dispersión. Posteriormente, se amasó durante 10 minutos. En todos los casos se utilizó una hidratación de 59 % que corresponde a la absorción

de agua de la harina de trigo (testigo). En las experiencias con harina de arveja la absorción de agua fue mayor pero con bajos valores de estabilidad y altos de ablandamiento que obligaron a utilizar en la panificación la hidratación del testigo, dichos valores se presentan en la Tabla II.4.

La primera fermentación se controló con un medidor de empuje consistente en un cilindro de vidrio (75 mm de altura por 45 mm de diámetro) con un pistón de plástico que se eleva durante la fermentación (Sanchez et al, 2003). En el mismo se colocaron 25 g. de masa y se llevó junto a la masa principal a cámara de fermentación a 27 °C – 75% de humedad relativa (HR). La primera fermentación concluye cuando se duplica el volumen de la masa, lo que ocurre en aproximadamente 40 minutos.

Posteriormente, se dividió la masa en piezas de 240g., las cuales se rebollaron y dejaron descansar por 15 minutos. Se laminó la masa, se armaron las piezas y se colocaron en moldes engrasados.

La segunda fermentación se llevó a cabo en cámara a 27 °C – 75 % HR, controlando con el medidor de empuje con 25 g. de masa hasta cuadruplicar el volumen inicial.

A continuación las piezas se llevaron a cocción en horno eléctrico (Ojalvo S. A., Santa Fe, Argentina) a 210 °C durante 25 minutos. Luego los panes se dejan enfriar a temperatura ambiente durante 30 minutos para su evaluación.

Tabla II.4

## Resultados farinográficos de las mezclas Trigo – Arveja

Parámetros Farinográficos	Testigo	Nivel de sustitución (%)			
		5	10	15	20
Absorción de agua (%)	59	60	61	63	64
Estabilidad (min.)	13,0	10,5	10,5	6,0	3,5
Ablandamiento (UB)	40	50	40	50	60

## II.2.4 Evaluación de la calidad proteica de panes suplementados con harina de arveja

Se evaluó el contenido de lisina disponible de los panes según el método de Carpenter modificado por Booth (1971). Con estos datos se calcularon los valores de *score* químico de los mismos. Se realizaron cálculos de contenido de lisina y de *score* químico a través de información bibliográfica (Suarez López y col., 2006) a efectos de comparar los resultados.

Para el cálculo del *score* químico de cada aminoácido a los diferentes niveles de suplementación se tomaron como valores de referencia los propuestos por la FAO (1981) que detallan el contenido en aminoácidos de los diferentes alimentos y los datos biológicos sobre las proteínas. Como proteína de referencia se tuvo en cuenta los valores recomendados por la FAO/OMS para niños en edad escolar (1985).

Se calculó el *Score* de aminoácidos corregido para la digestibilidad proteica (*Protein Digestibility Corrected Amino Acid Score* - PDCASS). Para hallar el PDCASS se multiplicó el *score* químico por la digestibilidad de la proteína de arveja. El valor de digestibilidad de la proteína de arveja se obtuvo de los valores de FAO, 1989.



## II.2.5 Análisis estadístico

### II.2.5.1 Diseño experimental

El diseño experimental se realizó según la Metodología de Superficies de Respuesta (MSR), que es un conjunto de técnicas matemáticas y estadísticas que resultan útiles para modelar y analizar problemas en los cuales la respuesta de interés es influida por varias variables. Con esto se determinan las condiciones de operación óptimas para un sistema. Permite ver cómo en una determinada región de interés puede un conjunto de variables de control (factores) afectar a la variable de respuesta, además de encontrar los niveles de los factores en los que se optimiza la variable de respuesta (Llovet Verdugo et al 2000).

El objetivo eventual de la MSR consiste en determinar las condiciones de operación óptimas para un sistema, o la región del espacio de los factores en la que se satisfacen las condiciones de operación.

El diseño de superficie de respuesta presenta algunas ventajas como investigar la idoneidad del modelo, permitir la realización de experimentos en bloque, dar una estimación del error interno y asegura simplicidad en los cálculos de parámetros del modelo entre otras ventajas (Montgomery, 1991).

Dado que la naturaleza de la función buscada para cada respuesta es desconocida, ésta puede aproximarse dentro de la región experimental por medio de una función polinómica de segundo grado. Cuando se analiza el efecto de dos factores toma la siguiente forma:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{12} X_1 X_2$$

Donde  $X_i$  son las variables codificadas que se presentan en la Tabla II.5,  $b_0$  es el término independiente;  $b_1$  y  $b_2$  son coeficientes de regresión lineales,  $b_{11}$  y  $b_{22}$  son términos de regresión cuadráticos, y  $b_{12}$  es el término de regresión de la combinación de factores (Montgomery, 1991; Sanchez y col., 2003).

A fin de determinar el efecto de los emulsionantes y oxidantes elegidos mediante las experiencias preliminares, se utilizó un diseño  $2^2$ . Dicho diseño estudia dos factores, cada uno

a dos niveles. Arbitrariamente, los niveles del factor se pueden llamar “inferior” y “superior” (Montgomery, 1991). El diseño experimental fue creado mediante el *software* Statgraphic. El mismo fue de tipo central compuesto rotacional ( $2^2$  + estrellas), en el que se evaluó el efecto de dos factores en dieciséis corridas. Se efectuó en un bloque simple y con ocho puntos centrales. El orden de las experiencias fue al azar para lograr una mayor protección contra los efectos de las variables aleatorias. En la Tabla II.5 se detallan las variables y sus niveles correspondientes.

**Tabla II.5**

**Diseño Central Compuesto: Variables y Niveles**

<b>Variable</b>	<b>Unidad</b>	<b>Niveles de variables codificadas</b>				
		-1.4	-1	0	+1	+1.4
Emulsionante (SSL)	%	0.3	0.5	1.0	1.5	1.7
Oxidante (ADA)	ppm	19	50	125	200	231

Se estudiaron las siguientes respuestas: absorción de agua, estabilidad, ablandamiento, relación elasticidad/extensibilidad, energía alveográfica, consistencia de la masa, *work input*, volumen específico, panel de expertos, textura, humedad y actividad de agua.

### II.2.5.2 Análisis de varianza

El análisis de varianza (ANOVA) fue una herramienta utilizada en dos instancias fundamentales, a saber:

- Para verificar el efecto de la inactivación de la actividad de la lipoxigenasa presente en la arveja sobre las características sensoriales de los panes.
- Para la elección del emulsionante y oxidante más apropiado como aditivo de panificación.

Una vez obtenidos los valores correspondientes a cada estudio, se utilizó la herramienta informática Statgraphic.

En la elección del aditivo emulsionante y oxidante se realizó el ANOVA con la utilización del *Multiple Range Test*, que consiste en un procedimiento de comparación que determina las variables que poseen diferencias estadísticamente significativas.

### II.2.5.3 Verificación de la idoneidad del modelo

La verificación de la idoneidad del modelo fue realizada mediante Test de Hipótesis (Montgomery, 1991; Sanchez et al, 2002).

Las experiencias de verificación se realizaron contrastando las respuestas de “volumen específico” y “puntaje del panel de expertos” obtenidas del modelo con las correspondientes respuestas sextuplicadas del punto óptimo del modelo.

Mediante el uso de Statgraphic, se efectuaron las siguientes pruebas de contrastación: el *T – test*, que toma la hipótesis nula donde la media de la variable elegida es igual a un valor elegido contra la hipótesis alternativa que no es igual a dicho valor; el *Sign test* que contrasta el valor elegido con el de la media en base al recuento del número de valores por encima y por debajo de la media hipotética y el *Signed rank test* que se basa en la comparación del rango promedio de valores que están por encima y por debajo de la media hipotética. Cuando el valor de P de esta prueba es mayor o igual a 0,05, no se puede descartar la hipótesis nula a un

nivel de un 95 % de confianza. Los dos primeros tests son menos sensibles a la presencia de interferencias pero son menos poderosas que el test T si todos los datos provienen de una sola distribución normal.

## **II.2.6 Evaluación de las respuestas del diseño experimental**

### **II.2.6.1 Propiedades físicas de la masa**

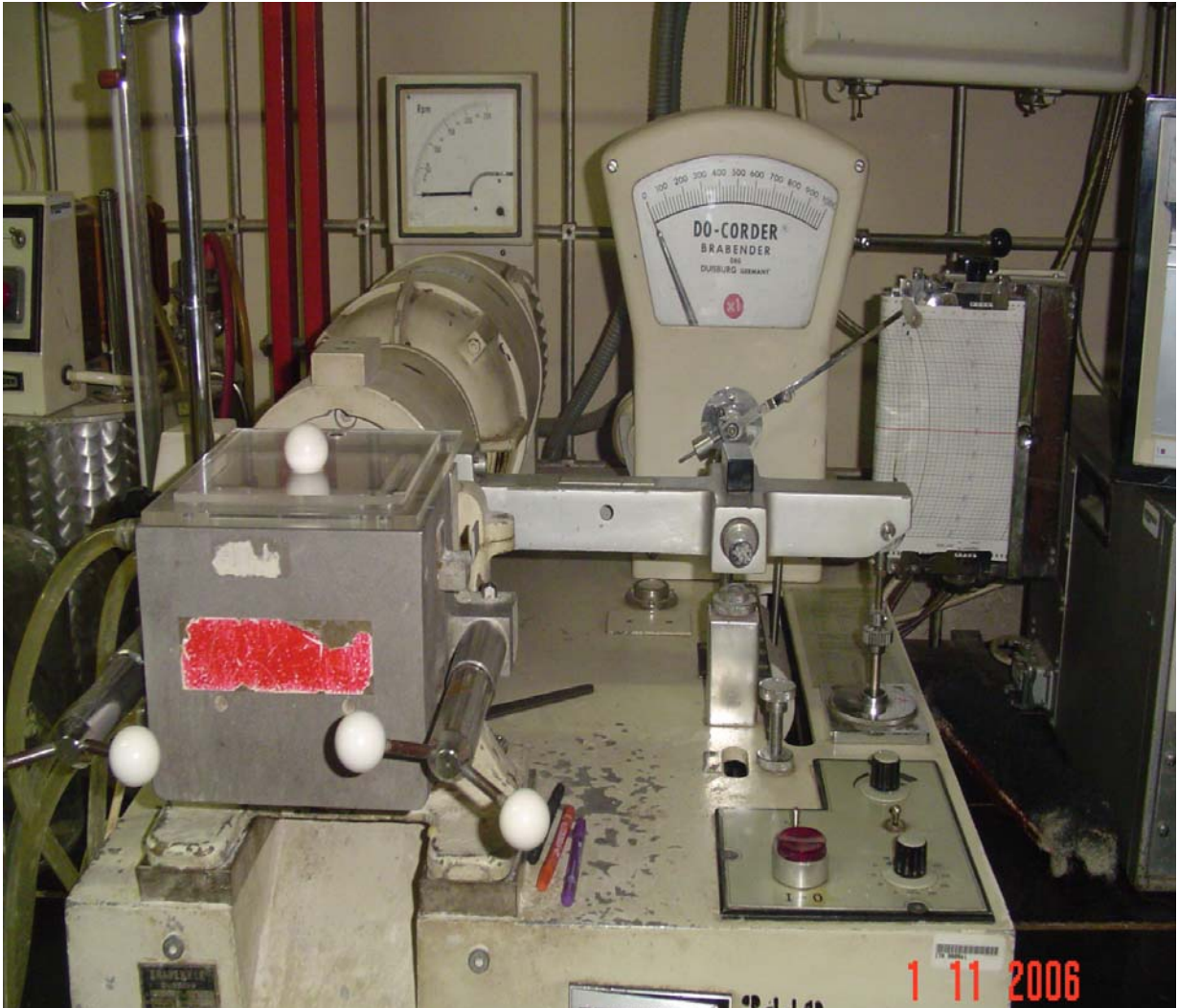
El ensayo farinográfico fue realizado en harina testigo y en mezclas con harina de arveja según método AACC 54 – 21 (1994). Se utilizó el Farinógrafo Brabender (Fig. II.2 , que mide la consistencia de la masa en función del tiempo a una velocidad de 60 rpm y la absorción de agua necesaria para alcanzar las 500 UB con el máximo valor de la curva.

El farinógrafo consta básicamente del equipo propiamente dicho y un recipiente auxiliar que mantiene agua a temperatura constante. Está montado sobre una base y comprende una amasadora de acero inoxidable, accionado por un motor. Para indicar la resistencia ofrecida por la masa tiene un sistema dinamométrico y además un dispositivo registrador. La amasadora tiene una capacidad de 300 g. en la que rotan en direcciones opuestas dos palas en forma de Z.

Los parámetros que se midieron en las determinaciones farinográficas son absorción de agua en %, estabilidad en minutos y ablandamiento en UB (Quaglia, 1991).

Fig. II.2

## Farinógrafo de Brabender



El ensayo alveográfico fue realizado en harina de trigo y mezclas con harina de arveja según método AACC 54-30 (1994). Se utilizó el alveógrafo de Chopin (Fig II.3) que es un aparato que utiliza pequeños discos redondos de masa, que se colocan en una plancha donde se les inyecta aire a presión y se forma una burbuja hasta llegar al punto de rotura.

Las principales partes son un depósito con agua, una ampolla a donde llega el agua que proviene del depósito. Esta ampolla está calibrada en mm. y se puede medir la cantidad de agua necesaria para romper la burbuja. Una placa de soporte que es donde está la masa cuando se ensancha la burbuja.



Para evaluar el gráfico se necesita determinar el área. Las lecturas obtenidas son a) la altura máxima de la curva (P), medida en mm., similar a la resistencia al estiramiento, b) la longitud de la curva (L), medida en ml., correspondiente a la extensibilidad, c) el área bajo la curva (W), correspondiente al área del alveograma. El alveograma muestra una elevada correlación con el contenido proteico de la harina o del grano: es mayor el contenido proteico cuanto más alta es la altura de la curva. Con la masa muy trabajada, una harina para ser considerada buena, debe tener una W comprendida entre 140 y 160 y una relación P/L comprendida entre 0.5 y 0.6 (Quaglia, 1991).

**Fig. II.3**

**Alveógrafo de Chopin**



### **II.2.6.2 Consistencia de la masa panaria**

La consistencia al final del amasado se midió una vez completado el mismo (el tiempo de amasado fue de 10 minutos, a partir del agregado de agua). Las unidades medidas fueron UB. Esta determinación permite visualizar en parte el desarrollo o deterioro que tuvo el gluten por efecto del amasado.

El *work input*, es una medida de la energía impartida a la masa durante el amasado. Fue calculado considerando el área bajo la curva farinográfica. La misma es proporcional a la energía consumida en un determinado intervalo de tiempo. Entonces, un área de 1 cm<sup>2</sup> equivale a 454 J/kg (Bloksma, 1984; Osella y col. 2006).

### **II.2.6.3 Volumen específico de los panes**

El volumen específico (cc/g) de los panes de molde fue determinado a los 30 minutos de retirados del horno, por el método de desplazamiento de semillas (Sanchez y col, 2003).

### **II.2.6.4 Evaluación sensorial por panel de expertos**

Se evaluaron las características sensoriales de los panes a través de un panel compuesto por tres jueces expertos en evaluación de calidad de productos horneados.

Las muestras fueron codificadas y procesadas en forma aleatoria, según secuencia correspondiente al diseño experimental.

#### II.2.6.4.1 Puntaje total

Se asignaron los puntajes máximos que se presentan en la Tabla II.6 (Sanchez y col, 2006) después de una hora de finalizada la cocción. Para las características de cada atributo se tomó como referencia lo propuesto por Pyle (1973), a saber:

Volumen: es el espacio ocupado por la pieza. Generalmente hay una relación ideal entre el peso del pan y el volumen el cual lleva a la textura y granos más deseables. El volumen, expresados en centímetros cúbicos fue determinado por desplazamiento de semillas.

Corteza: debe ser homogénea, lisa, dorada, no contener ampollas ni quebraduras.

Textura de la miga: representa el grado de elasticidad o suavidad. Se determina presionando suavemente contra la superficie de la miga. La sensación producida puede ser descripta como aterciopelada, sedosa, suave, elástica o áspera, desmenuzable, aterronada y pastosa.

Color de la miga: es determinado visualmente en superficies recién cortadas. El color más deseable de miga es un blanco cremoso.

Estructura: se refiere a las características de las celdas presentes en la miga, que se revela al corte. Pueden ser de grano abierto o cerrado. La rebanada de pan puede exhibir un grano abierto uniforme, un grano cerrado uniforme o una combinación de ambos. Además del tamaño, la forma de las celdas individuales también proveen un criterio de evaluación.

Aroma: luego de cortada la pieza, se determina inhalando una porción de pan. Puede tener aroma a trigo, nuez, malta, dulce, amargo, mohoso, rancio, etc.

Sabor: es determinado por el gusto, fundamentalmente se refiere a las sensaciones: amargo, salado, dulce y agrio. También se evalúa aquí las características de masticabilidad del producto.

En las evaluaciones de la calidad comestible del pan, todas las características como textura, aroma, sabor y masticabilidad juegan roles separados y distintivos (Pyle, 1973).



Tabla II.6

**Puntajes máximos asignados a la evaluación sensorial**

Atributo	Puntaje
Volumen	15
Corteza	15
Textura de la miga	15
Color de la miga	10
Estructura	10
Aroma	15
Sabor	20

La calificación final del pan, de acuerdo a la sumatoria de los puntajes asignados, es de Excelente (E): 90-100; Muy bueno (MB): 80-90; Bueno (B): 70-80; Regular (R): 60-70; Malo (M): 50-60 y Muy Malo (MM): 40-50.

**II.2.6.4.2 Puntaje textura de la miga**

Para la evaluación de la textura se tuvo en cuenta la esponjosidad de la miga del pan. A tal efecto se consideró la fuerza requerida para reducir el espesor en aproximadamente el 50 %, evaluando el grado de recuperación cuando cesa la presión de la yema del dedo. El rango varió de 0 a 1 con una calificación equivalente a la que se citó en el párrafo anterior.

Esta especial determinación lleva como finalidad evaluar el efecto que sobre la textura produce el uso de emulsionantes.

### II.2.6.5 Humedad y actividad acuosa

La humedad en panes se determinó el día de su elaboración (día 0). Se utilizó el método AACC (1994), el cual determina el contenido de humedad en base a la pérdida de peso de los panes bajo condiciones específicas.

El procedimiento se realizó en dos etapas, según lo aconsejado para muestras con un contenido mayor al 16 % de humedad.

Se cortaron rodajas de 1 cm. de espesor de cada pan. Se colocaron en recipientes metálicos previamente tarados. Se pesó y se registró el peso de cada muestra. Dichos recipientes se colocaron destapados a 27 ° C durante 48 hs. Se pesaron nuevamente. Se molieron las muestras en molino de laboratorio marca Dalvo MC<sub>1</sub> durante 30 segundos. Se mezclaron cuidadosamente con espátula, se colocó aproximadamente 2 gr de cada muestra, en recipientes tarados y se pesaron. Se llevaron a estufa a 130 ° C durante 60 minutos. Posteriormente fueron colocadas en desecador durante 20 minutos para ser pesadas nuevamente. Se calculó la pérdida de humedad por la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de sólidos totales} = \frac{Y}{X} \times Z$$

X

Donde:

X = peso de la muestra original utilizada para el secado al aire a 27 °C.

Y = peso de la muestra luego de secada al aire a 27 °C

Z = porcentaje de sólidos totales en la muestra molida (100 % - humedad %)

La actividad acuosa de los panes se realizó el día de su elaboración utilizando el higrómetro electrónico digital marca AQUALAB (AOAC, 1995). En este equipo, la muestra es colocada en un recipiente en una cámara sellada que contiene un espejo, un sensor óptico, un ventilador interno y un sensor infrarrojo de temperatura. En el equilibrio la humedad relativa del aire en la cámara es la misma que la actividad acuosa de la muestra. Un enfriador termoeléctrico (Peltier) controla precisamente la temperatura del espejo. Un sensor óptico de reflexión detecta el punto exacto en que aparece la condensación. Un rayo de luz infrarrojo se dirreccióna sobre el espejo y se refleja sobre el foto detector que detecta el cambio de reflexión cuando la condensación ocurre en el espejo. Una termocupla adjuntada al espejo determina la temperatura del punto de roció. Adicionalmente un termómetro infrarrojo mide la temperatura de la superficie de la muestra. Ambos, el punto de roció y la temperatura de la muestra son usados para determinar la actividad

## **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

## **III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

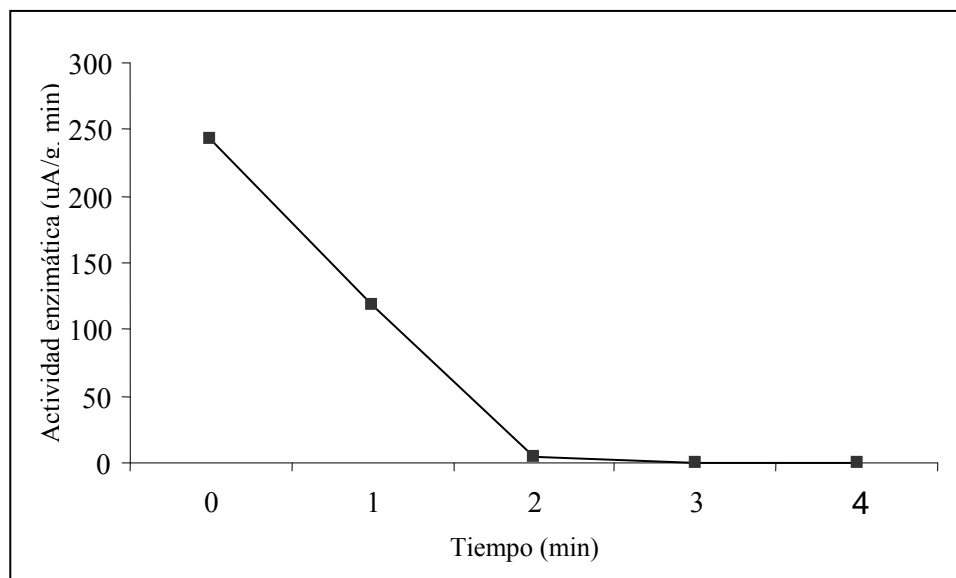
### **III.1 Obtención de la harina de arveja inactivada**

#### **III.1.1 Inactivación de lipoxigenasa en arveja**

Se valoró la actividad enzimática residual en arveja cruda inactivada a los tiempos 0; 1; 1.5 y 2 minutos. En la Fig. III.1 se presenta la evolución de la actividad enzimática a los distintos tratamientos y en Tabla III.1 se detallan los valores obtenidos de actividad enzimática residual. Se observa que un tiempo de inactivación de 2 minutos es suficiente para no obtener actividad enzimática residual y que a 1.5 minutos la actividad enzimática es muy baja, por lo cual se selecciona este valor como extremo para la evaluación sensorial.

**Fig. III.1**

**Efecto de la inactivación sobre la actividad de lipoxigenasa**



**Tabla III.1**

**Efecto del escaldado sobre la actividad enzimática**

<b>Tiempo de inactivación (minutos)</b>	<b>Actividad lipoxigenasa (uA/g. min)</b>	<b>Resultado</b>
0	243	Arveja cruda
1	118	Inactivación media
1.5	5	Inactivación casi total
2	Indetectable	Inactivación total

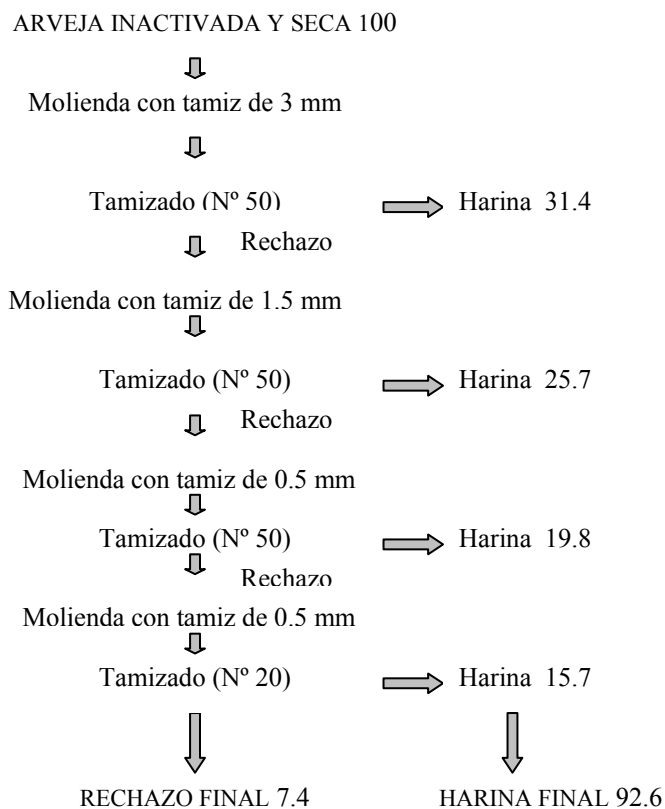
### III.1.2 Técnica de molienda

La tecnología empleada para obtener la harina de arveja consistió en realizar moliendas gruesas, intermedias y finas con tamices de retención de 3; 1.5; 0.5 y 0.5 mm. sucesivamente. Los productos molidos fueron tamizados usando tamiz N° 20. El esquema del proceso de molienda se detalla en la Figura III.2

La técnica realizada permitió obtener una harina con un tamaño de partícula inferior a 840 micras y un rendimiento de un 92.6 %, más un residuo 7.4 % de cáscara que se descartó.

**Figura III.2**

#### Esquema del proceso de molienda de arveja



### III. 1. 3 Evaluación sensorial por panel entrenado

De la evaluación sensorial realizada con el panel de evaluadores entrenados, se calcularon los valores medios obtenidos para cada atributo y en consecuencia para cada muestra, se procesaron estadísticamente los puntajes asignados mediante el Análisis de Variancia (Tabla III.2) y se confeccionaron los respectivos perfiles sensoriales (Figuras III.3, III.4 y III.5).

Analizando en primer lugar el efecto del nivel de incorporación de harina de arveja en la formulación, se aprecia que para las tres condiciones de inactivación las muestras con 5 % presentan los mayores puntajes y que los mismos van disminuyendo al agregar 10 % y 15%. Con la excepción de cuatro puntos casi coincidentes, la mayoría de las diferencias de puntaje por mayor porcentaje son significativas.

El mayor grado de variación de todos los atributos al pasar de 5% a 15% de harina de arveja corresponde a las muestras con 1.5 minutos de inactivación (Fig. III.5), con disminuciones de puntaje entre 4.8 y 6.5 puntos aproximadamente.

Con respecto a la influencia de la inactivación de lipoxigenasa se verifican resultados cambiantes según el porcentaje agregado de harina de arveja:

- Con 5% de reemplazo hay significativos aumentos de puntaje en todos los atributos cuando se comparan la harina cruda y las inactivadas, siendo más marcado este efecto en aroma y sabor (más de 2.75 y 2.20 puntos respectivamente); por el contrario las diferencias entre harinas con 1 y 1.5 minutos de inactivación no son significativas.

- Con 10% aparecen dos comportamientos distintos: a) valores mayores, estadísticamente significativos, para aroma y color con harina inactivada durante un minuto, b) disminución gradual de puntaje, con el tratamiento térmico, para aspecto de miga, esponjosidad y sabor.

- Con 15% se verifican máximos relativos de *score* en todos los atributos (tres de ellos significativamente diferentes) también con la harina inactivada por 1 minuto.



Considerando que en el extremo superior de las respectivas escalas se tiene el puntaje máximo a obtener (correspondiente al pan testigo), se puede concluir que las muestras con 5% de harina de arveja inactivadas (Figuras III.4 y III.5) tienen características similares a dicho pan testigo, con perfiles prácticamente equilibrados (con puntajes entre 7.04 y 8.39).

**Tabla III.2**

**Resultados del Análisis de Variancia para los atributos evaluados**

Tratamientos		Atributos				
		Aroma	Color	Aspecto	Esponjosidad	Sabor
5 %	0'	4.28 <sup>cd</sup>	6.23 <sup>f</sup>	6.83 <sup>e</sup>	6.99 <sup>c</sup>	5.49 <sup>d</sup>
	1'	7.04 <sup>e</sup>	7.59 <sup>g</sup>	7.58 <sup>fg</sup>	7.89 <sup>d</sup>	7.70 <sup>e</sup>
	1,5'	7.15 <sup>e</sup>	8.01 <sup>g</sup>	8.16 <sup>g</sup>	8.39 <sup>d</sup>	7.98 <sup>e</sup>
10 %	0'	3.26 <sup>bc</sup>	4.22 <sup>d</sup>	7.03 <sup>ef</sup>	6.83 <sup>c</sup>	5.19 <sup>cd</sup>
	1'	4.99 <sup>d</sup>	5.16 <sup>e</sup>	5.59 <sup>d</sup>	6.38 <sup>c</sup>	4.40 <sup>bc</sup>
	1,5'	3.48 <sup>c</sup>	2.42 <sup>c</sup>	3.58 <sup>b</sup>	3.75 <sup>a</sup>	4.22 <sup>bc</sup>
15 %	0'	1.85 <sup>a</sup>	1.13 <sup>a</sup>	2.30 <sup>a</sup>	3.82 <sup>a</sup>	2.65 <sup>a</sup>
	1'	3.42 <sup>c</sup>	2.28 <sup>bc</sup>	4.29 <sup>c</sup>	5.04 <sup>b</sup>	3.40 <sup>ab</sup>
	1,5'	2.12 <sup>ab</sup>	1.45 <sup>ab</sup>	2.76 <sup>a</sup>	3.63 <sup>a</sup>	2.72 <sup>a</sup>
F		20.93	76.84	80.09	47.02	26.28

Letras diferentes indican que hay diferencias significativas al nivel  $P \leq 0.05$

Por consiguiente, del estudio de las características sensoriales en los panes evaluados se puede decir que las muestras con menor proporción de harina de arvejas en su formulación,

y con inactivación, son las que presentaron mejores características sensoriales obteniendo, en consecuencia, el mayor *score* para cada atributo evaluado.

**Figura III.3**

**Perfil sensorial para las muestras sustituidas con 5% (◆), 10% (■) y 15% (▲) de harina de arveja Sin Inactivación**

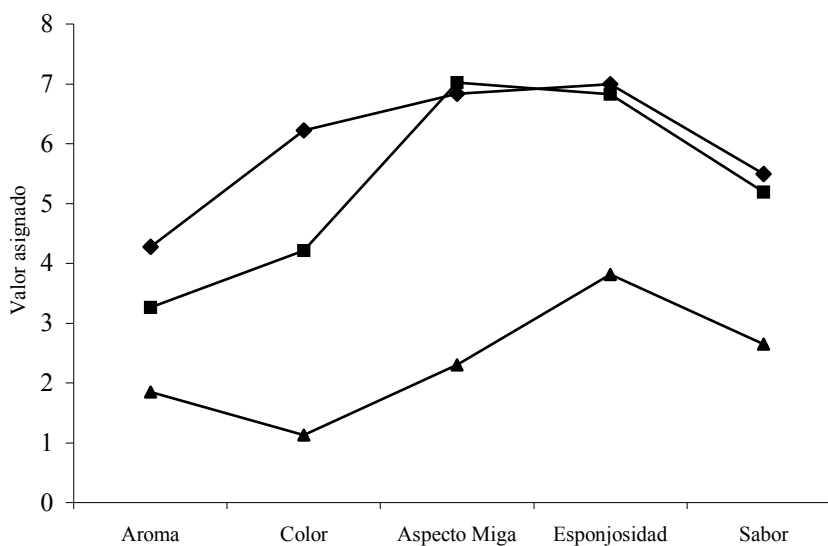


Figura III.4

Perfil sensorial para las muestras sustituidas con 5% (◆), 10% (■) y 15% (▲) de harina de arveja Con 1 min. de Inactivación

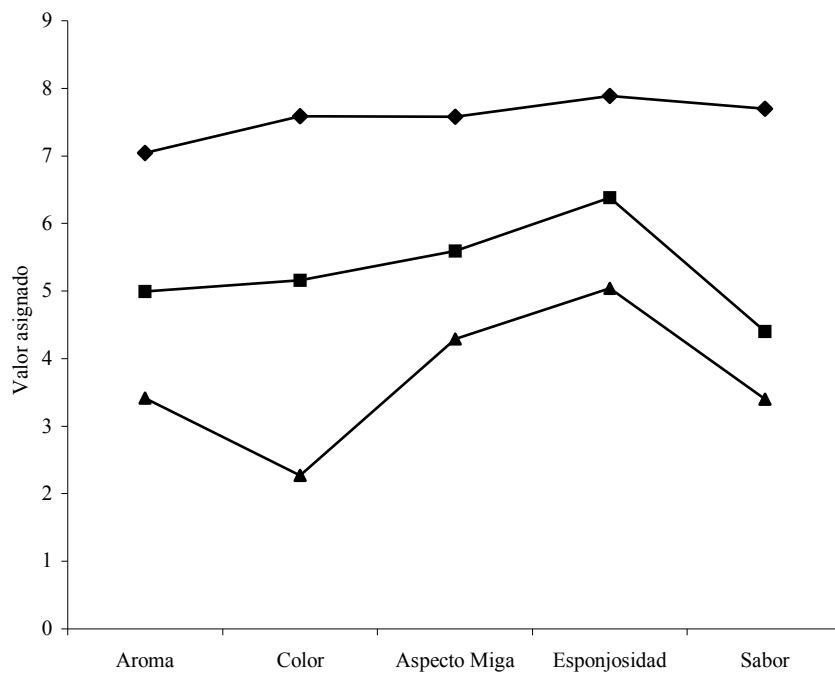
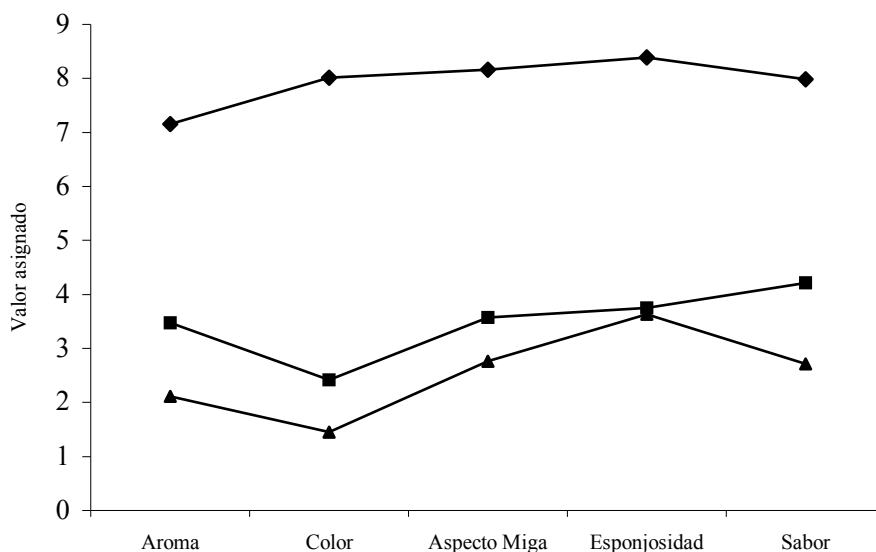


Figura III.5

Perfil sensorial para las muestras sustituidas con 5% (◆), 10% (■) y 15% (▲) de harina de arveja Con 1,5 min. de Inactivación



Se observa que el incremento del porcentaje de harina de arveja determina fundamentalmente mayor calidad proteica del pan pero genera una disminución de sus atributos sensoriales.

Como conclusión y de acuerdo a lo analizado previamente se puede establecer que el tratamiento térmico de un minuto es el más conveniente para el desarrollo de las siguientes etapas de este trabajo de tesis.

## III.2 Selección de variables y sus puntos extremos para la formulación de panes

### III.2.1 Nivel de suplementación con harina de arveja

El efecto de la incorporación de harina de arveja inactivada durante un minuto, en la formulación de panes, demuestra que a medida que se aumenta el nivel de suplementación, se observa una disminución en el puntaje total asignado a los panes.

Las muestras con 5% de arveja son las que obtienen mejores puntajes y los mismos disminuyen con el nivel de suplementación, según se detalla en la Tabla III.3. Dichos resultados se condicen con lo manifestado por Raidl y Klein (1983) quienes compararon el efecto de la suplementación de panes con harina de arveja y soja y encontraron mayor influencia en la variación de las características sensoriales de los panes suplementados con harina de arveja con respecto a los suplementados con harina de soja, fundamentalmente en el sabor y aroma.

Teniendo en cuenta estos resultados, el nivel de suplementación elegido en función de lograr en los panes aceptabilidad del consumidor además de buen valor nutricional, fue del 10 % de harina de arveja.

**Tabla III.3**

#### **Volumen específico y evaluación sensorial de panes con harina de arvejas**

	<b>Testigo</b>	<b>5%</b>	<b>10%</b>	<b>15%</b>	<b>20%</b>
Vol. específico (cc/g)	4,29	4,38	4,39	3,95	3,50
Puntaje total	80 <sup>a</sup>	76 <sup>b</sup>	73 <sup>c</sup>	69 <sup>d</sup>	65 <sup>e</sup>

Letras diferentes indican que hay diferencia significativa a nivel de  $P \leq 0,05$

### **III.2.2 Estudio de los aditivos mejoradores de volumen**

El resultado del estudio de aditivos oxidantes sobre los panes se presenta en la Tabla III.4, y se grafica en las Fig. III.6 y III.7. Allí se aprecian los valores de volumen específico y puntaje total de los panes. Del análisis de comparación de los valores medios a través del test de Duncan se concluye que existe diferencia significativa entre los oxidantes utilizados.

A partir de lo cual se plantea el uso preferencial de ADA debido a que ha presentado mejor comportamiento que el ácido ascórbico particularmente en volumen específico y puntaje total determinado por evaluadores expertos.

En consecuencia, se decide seleccionar ADA en las concentraciones extremas de 50 y 200 ppm porque fue el oxidante con el cual se obtuvieron los mejores resultados.

Tabla III.4

Efecto de aditivos oxidantes sobre las características de los panes

Oxidante	Volumen específico (cc/g)	Puntaje total
<b>ADA (ppm)</b>		
50	3,94	75,8
100	3,53	73,8
150	3,76	74,4
200	3,41	74,1
250	3,26	73,8
300	3,18	73,5
<b>Valor medio</b>	<b>3,51<sup>a</sup></b>	<b>74.15<sup>a</sup></b>
<b>Ácido Ascórbico</b>		
100	2,99	72,5
150	2,96	72,9
200	2,85	72,3
250	2,53	71,1
300	2,74	71,2
<b>Valor medio</b>	<b>2,81<sup>b</sup></b>	<b>72,00<sup>b</sup></b>

Letras diferentes indican que hay diferencia significativa a nivel de  $P \leq 0,05$

Fig. III.6

Efecto de los oxidantes sobre el volumen específico de los panes

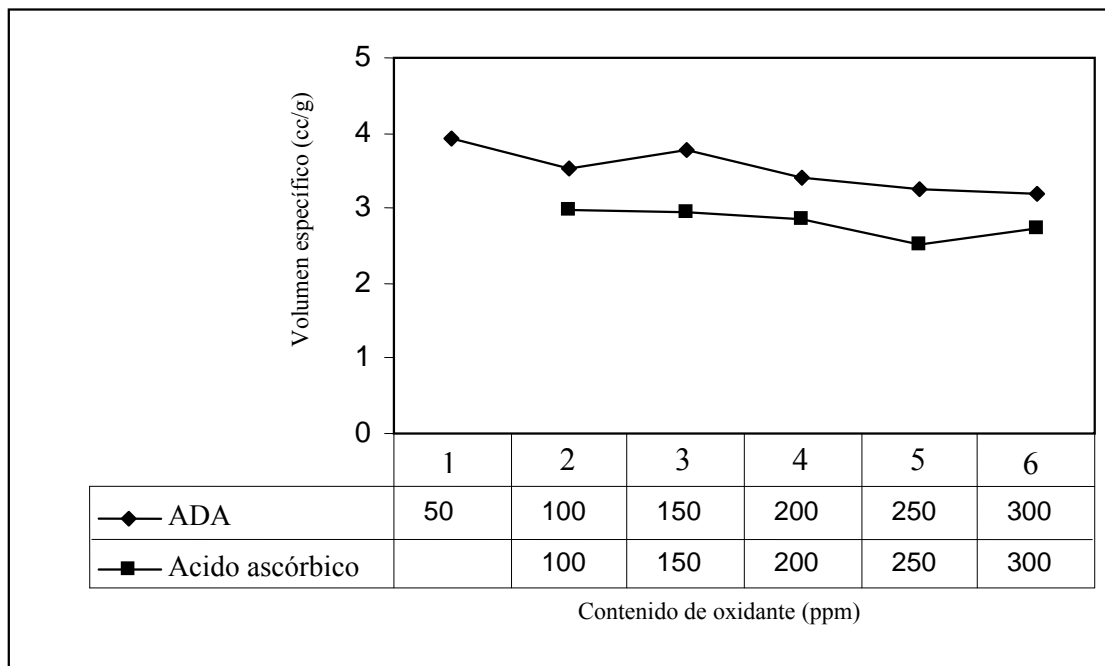
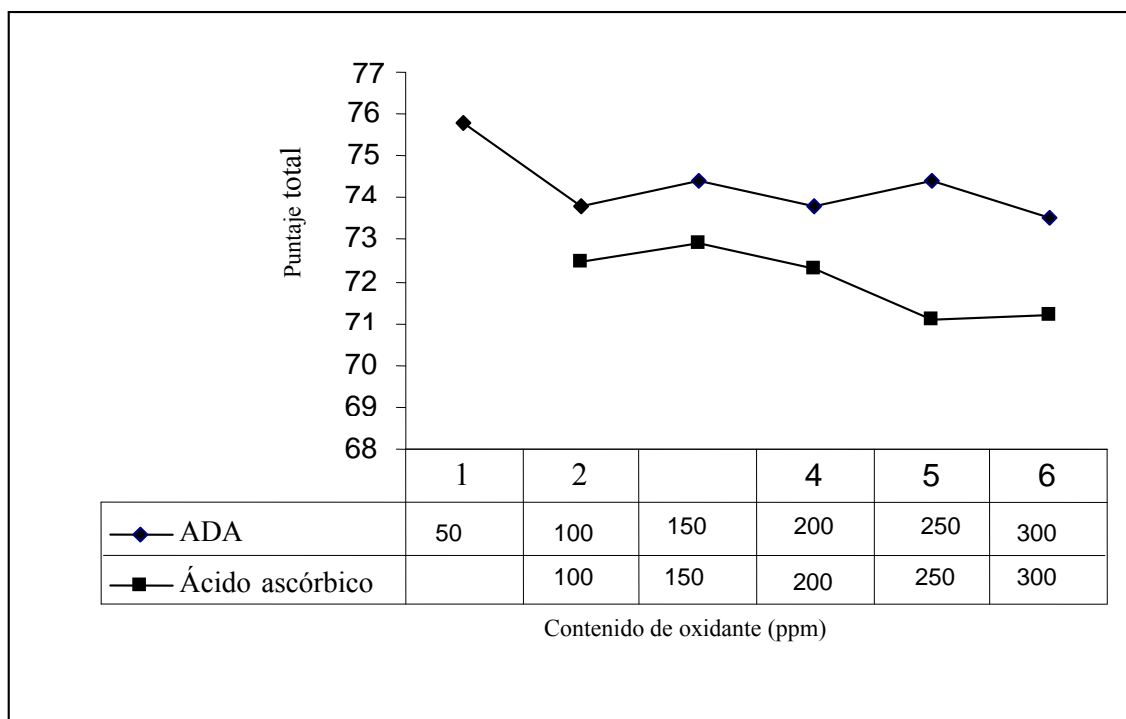


Figura III.7

Efecto de los oxidantes sobre el puntaje de los panes





### III.2.3 Estudio de los aditivos mejoradores de vida útil

En la Tabla III. 5 se detalla el efecto que sobre el volumen específico de los panes y el puntaje otorgado producen los distintos emulsionantes evaluados. En la Fig. III.8 se observa su efecto sobre el volumen específico. En la Tabla III. 6 se detallan los resultados del estudio realizado para analizar su influencia sobre la textura, en la Fig. III.9 su resultado sobre el puntaje por panel de expertos.

**Tabla III.5**

**Efecto de aditivos emulsionantes sobre las características de los panes**

<b>Emulsionante</b>	<b>Volumen específico (cc/g)</b>	<b>Puntaje total</b>
<b>DATEM (%)</b>		
0,7	3,44	74,5
1,0	3,48	74,5
<b>Valor medio</b>	<b>3.46<sup>b</sup></b>	<b>74.5<sup>b</sup></b>
<b>SSL (%)</b>		
0,7	3,38	78,0
1,0	3,88	78,5
1,5	4,57	78,5
2,0	4,59	79,0
<b>Valor medio</b>	<b>4.27<sup>a</sup></b>	<b>78.5<sup>a</sup></b>

Letras diferentes indican que hay diferencia significativa a nivel de  $P \leq 0,05$

Tabla III.6

Efecto de los emulsionantes sobre la textura de los panes

	SSL (%)		DATEM (%)	
	0,7	1,0	0,7	1,0
Día 0	85 (MB)	95 (E)	70 (B)	70 (B)
Día 1	80 (B)	90 (E)	60 (R)	60 (R)
Día 2	75 (B)	85 (MB)	55 (M)	55 (M)
Día 3	70 (R) *	89 (B) *	50 (MM)	50 (MM)
Día 6	60 (R) *	70 (B) *	40 (MM)	40 (MM)
Día 7	55 (M)	65 (R)	30 (MM)	30 (MM)

\* Desgrana

Fig. III.8

Efecto de los emulsionantes sobre el volumen específico de los panes

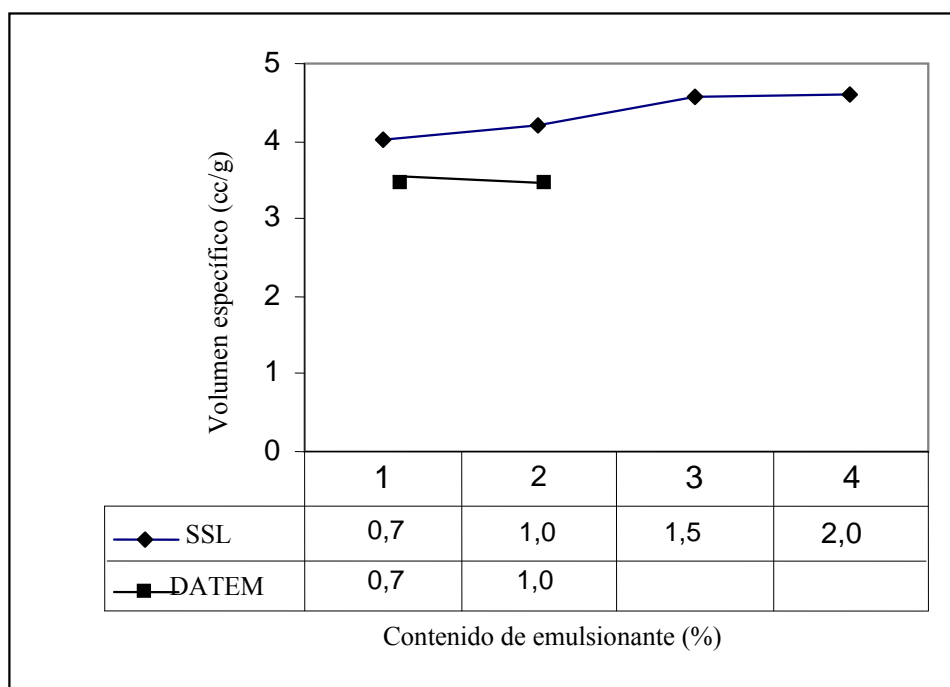
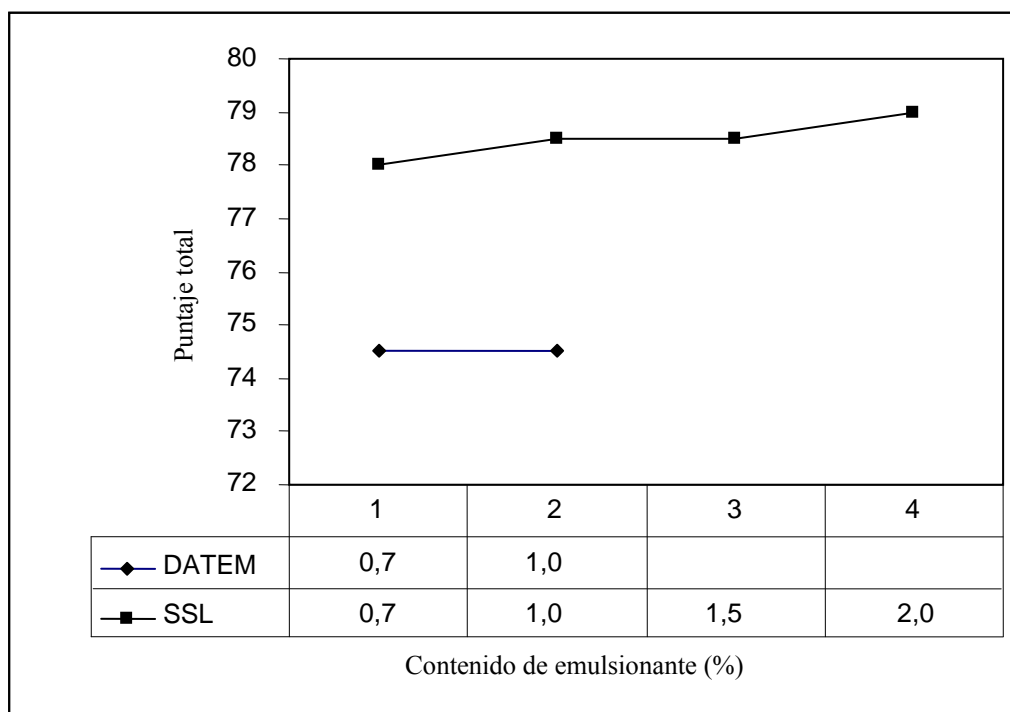


Figura III.9

Efecto de los emulsionantes sobre el puntaje total de los panes



Del análisis de varianza, el valor de  $P \leq 0.05$  y el *Multipe Range Test* nos indicaron que existe diferencia significativa de la media de volumen específico y de puntaje total entre un emulsionante y el otro, en un nivel de confianza de 95%, (Tabla III.5).

A su vez el SSL demostró tener efectos más positivos sobre las características generales de los panes y fundamentalmente sobre la vida útil, por lo cual resulta el emulsionante de elección para su posterior estudio en combinación con un agente oxidante. Para tal fin se utiliza en el diseño experimental, SSL en las concentraciones extremas de 0,5 y 1,5 % habiéndose observado que con el uso de valores superiores a 1,5 % no se producen mejoras de volumen y de puntaje.

### III.3 Evaluación de la calidad proteica de panes suplementados con harina de arveja

De la determinación del contenido proteico (g/100 gr. harina) de las diferentes mezclas de harinas, los resultados obtenidos fueron los que se detallan en la Tabla III.7. En las Tablas III.8 y III.9 se detallan los valores obtenidos por cálculo utilizando información bibliográfica, respecto a contenido de lisina y *score* químico de las distintas mezclas. Nuestros resultados respecto a la determinación de lisina disponible y al cálculo de *score* químico se muestran en la Tabla III.10 y Fig. III.10.

**Tabla III.7**

#### Mejoramiento proteico en mezclas suplementadas

<b>Muestra</b>	<b>Proteínas ( g/ 100 gr. harina)</b>	<b>Incremento proteico (%)</b>
Testigo	10.3	---
5 %	10.9	5.8
10 %	11.4	10.7
15 %	12.0	16.5

**Tabla III.8**  
**Efecto de la suplementación con harina de arveja sobre el contenido de aminoácidos**

	FAO*	Trigo**	Arveja	5%	10%	15%
	(g/100 g prot.)					
Histidina	1,90	2,275	2,28	2,27	2,275	2,28
Leucina	4,10	7,710	6,80	7,62	7,540	7,80
Isoleucina	2,80	3,990	4,27	4,02	4,040	4,06
Lisina	4,40	2,280	7,52	2,87	3,250	3,77
Azufrados	2,20	4,390	2,03	4,16	3,950	3,95
Treonina	2,80	2,940	4,06	3,05	3,150	3,37
Fenilalanina + tirosina	2,20	7,870	7,33	7,82	7,770	8,07
Triptofano	0,90	1,170				
Valina	2,50	4,520	4,70	4,53	4,560	4,77

**Tabla III.9**  
**Efecto de la suplementación con harina de arveja sobre el *score* químico\***

	Trigo**	Arveja	5%	10%	15%
Histidina	120	120	120	120	125
Leucina	186	155	184	182	188
Isoleucina	143	153	144	144	145
Lisina	52	171	65	74	86
Azufrados	200	92	189	180	180
Treonina	105	145	109	113	120
Fenilalanina + tirosina	358	333	356	353	358
Triptofano	131				
Valina	181	188	181	181	191

\*FAO (1981). \*\*Correspondiente a harina de 70-80 % extracción.

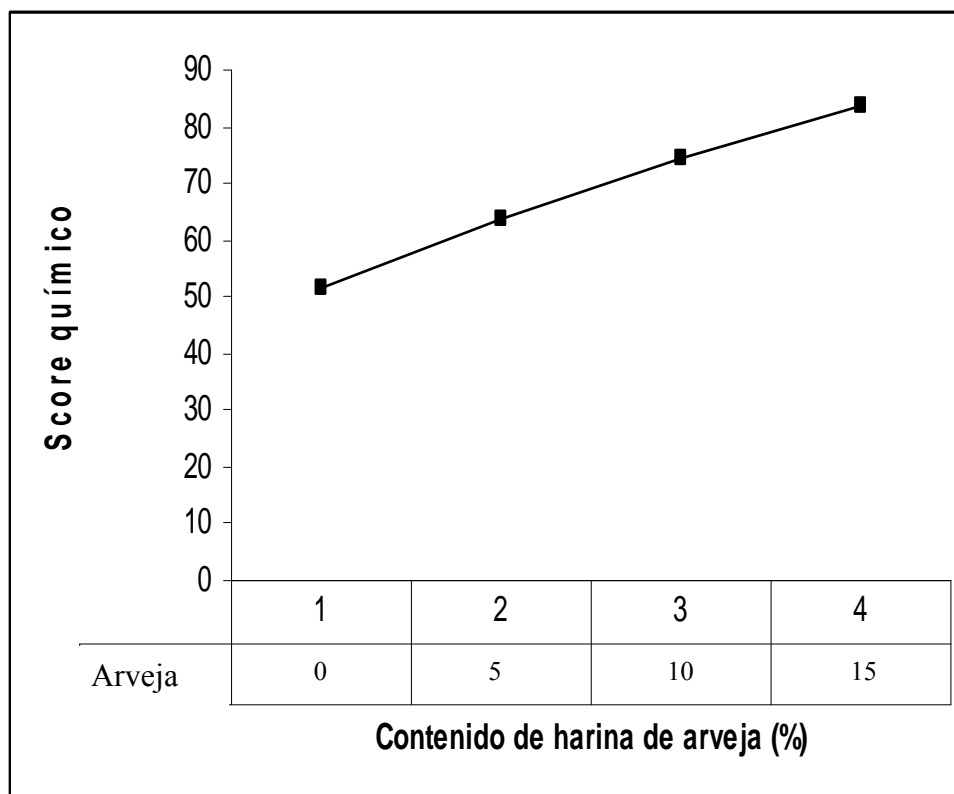
Tabla III.10

Mejoramiento en el contenido de lisina de las mezclas

Muestra		Lisina total (g / 100 g. harina)
Trigo	Arveja	--
100	--	0.235
95	5	0.304
90	10	0.372
85	15	0.441

Figura III.10

Efecto de la suplementación con harina de arveja sobre el *score* químico de las mezclas



El aumento del contenido de proteínas es relativamente de escasa magnitud, ya que crece aproximadamente entre 6 y 16, 5 % para los niveles de 5 y 15% de sustitución con harina de arvejas. En cambio, el contenido de lisina aumenta en proporción más importante ya que va desde 23 hasta 88% para los mismos niveles de reemplazo, al igual que el score químico que también presenta un marcado aumento, desde 22 hasta 62% con la lisina como limitante.

El PDCAAS se calculó para el primer aminoácido limitante. Para la harina de trigo, lisina y para harina de arveja aminoácidos azufrados, resultando los valores que se presentan en la Tabla III.11 donde se observa que en la mezcla de harinas correspondiente a un 10 % de suplementación se obtienen valores que son similares a los presentados por Suarez et al en 2006.

**Tabla III.11**

**Estudio del *score* de aminoácidos corregido por digestibilidad proteica**

<b>Alimento</b>	<b>Score %</b>	<b>PDCAAS %</b>	<b>Aminoácido limitante</b>
Harina de trigo	52	50	Lisina
Harina de arvejas 5%	64	50	Lisina
Harina de arvejas 10 %	74	58	Lisina
Harina de arvejas 15 %	84	66	Lisina
Harina de arveja	92	72	Azufrados

### III.4 Evaluación de las respuestas del diseño experimental

Los factores experimentales utilizados como variables fueron SSL ( $X_1$ ) y ADA ( $X_2$ ), se evaluaron 12 respuestas en 16 corridas realizadas al azar en un bloque. Se realizaron 8 puntos centrales con error de un grado de libertad de 10.

En la Tabla III.12 se muestran los valores obtenidos para cada respuesta:  $Y_1$  = absorción de agua;  $Y_2$  = estabilidad;  $Y_3$  = ablandamiento;  $Y_4$  = p/l;  $Y_5$  = energía W;  $Y_6$  = consistencia de la masa al final del amasado;  $Y_7$  = *work input*;  $Y_8$  = volumen específico;  $Y_9$  = puntaje total;  $Y_{10}$  = puntaje textura;  $Y_{11}$  = humedad;  $Y_{12}$  = actividad acuosa.



Tabla III.12

Factores evaluados en diseño experimental y sus respuestas

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>	Y <sub>6</sub>	Y <sub>7</sub>	Y <sub>8</sub>	Y <sub>9</sub>	Y <sub>10</sub>	Y <sub>11</sub>	Y <sub>12</sub>
1	0	0	60.5	4.0	30	3.0	153	500	39.4	4.2	78	0.75	36.3	0.961
2	1	1	60.3	2.0	25	3.6	228	490	40.7	3.5	73	0.70	36.9	0.958
3	0	0	60.0	12.5	35	3.2	152	490	39.6	3.9	79	0.80	36.4	0.961
4	1	-1	60.4	5.0	40	2.7	157	470	35.8	4.4	82	0.85	35.6	0.957
5	1.4	0	60.2	2.5	40	4.2	181	470	38.3	3.9	81	0.90	36.2	0.957
6	0	0	60.0	6.5	40	3.5	165	500	38.9	3.9	80	0.80	36.5	0.962
7	0	0	60.3	5.5	45	3.7	161	530	40.2	4.0	82	0.85	35.9	0.959
8	0	0	59.9	5.0	50	3.0	165	550	40.9	3.9	81	0.80	36.0	0.960
9	0	0	59.8	6.0	25	3.3	156	550	39.9	4.1	83	0.85	36.3	0.961
10	0	-1.4	61.0	3.5	55	2.5	123	480	35.0	4.0	80	0.80	35.4	0.959
11	0	0	60.2	5.7	40	3.0	159	500	39.5	4.2	78	0.80	36.4	0.962
12	0	0	60.6	6.5	50	3.2	152	520	40.7	3.9	76	0.85	36.0	0.960
13	-1	-1	60.7	13.5	45	2.4	138	480	35.8	3.9	72	0.65	35.5	0.954
14	-1	1	59.8	6.0	20	4.2	185	610	42.7	3.5	72	0.65	37.4	0.965
15	-1.4	0	60.1	14.3	35	2.5	93	510	42.0	4.4	75	0.75	36.5	0.960
16	0	1.4	60.2	3.0	40	3.7	193	580	42.0	3.4	67	0.70	37.0	0.961

### **III.4.1 Propiedades físicas de la masa**

#### **III.4.1.1 Absorción de agua**

La capacidad de absorción de agua es la aptitud de soportar adiciones más o menos elevadas de agua. Esta noción es muy importante, ya que ella condiciona el rendimiento del pan de una harina dada. En trigo la absorción de agua aumenta al aumentar el contenido proteico y la calidad del gluten, en cambio en mezclas de harina de trigo con fuentes proteicas la absorción aumenta sólo a expensas del contenido proteico de dicha mezcla.

El Análisis de Varianza (ANOVA) para Absorción de agua se presenta en la Tabla III.13. Dicho análisis parte la variable absorción de agua en dos piezas diferentes para cada uno de los efectos. Entonces, estudia la significancia estadística para cada efecto por comparación de la media cuadrática contra un estimado del error experimental. Se puede observar que para el ADA el valor de P es inferior a 0.05, lo cual indica que es significativo.

En las Fig. III.11 y III.12 correspondientes a las Superficie de respuestas y Curvas de contornos para Absorción de agua respectivamente, se puede observar el comportamiento de la masa en función de los diferentes aditivos. A bajos niveles de ADA se observan los mayores valores de absorción de agua, siendo aún superiores a niveles de SSL bajos. El efecto combinado de ambos aditivos favorece una absorción de agua intermedia. De las Curvas de contornos se puede observar que la misma es mayor a niveles de SSL menores a 0.7 % con niveles de ADA inferiores a 60 ppm.

Se observó que los valores de absorción de agua, obtenidos como respuesta del diseño experimental, no permitían un buen comportamiento de la masa para panificación. Esto ocurría como consecuencia de la presencia de materia grasa en la formulación. En consecuencia, se adoptó un valor de hidratación constante de 59 % que en las experiencias previas mostró ser apropiado para panificar.

Tabla III.13

Análisis de varianza para Absorción de agua

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P
A: SSL	0.015	1	0.0146	0.18	0.687
B: ADA	0.568	1	0.568	6.87	0.034
AA	0.005	1	0.005	0.06	0.813
AB	0.160	1	0.160	1.94	0.207
BB	0.320	1	0.320	3.87	0.090
<i>Lack of fit</i>	0.0138	3	0.046	3.87	0.981
Error total	1.66	7			

Coefficiente de determinación ( $r^2$ ): 64.302 %

Fig. III.11

Superficie de respuestas para Absorción de agua

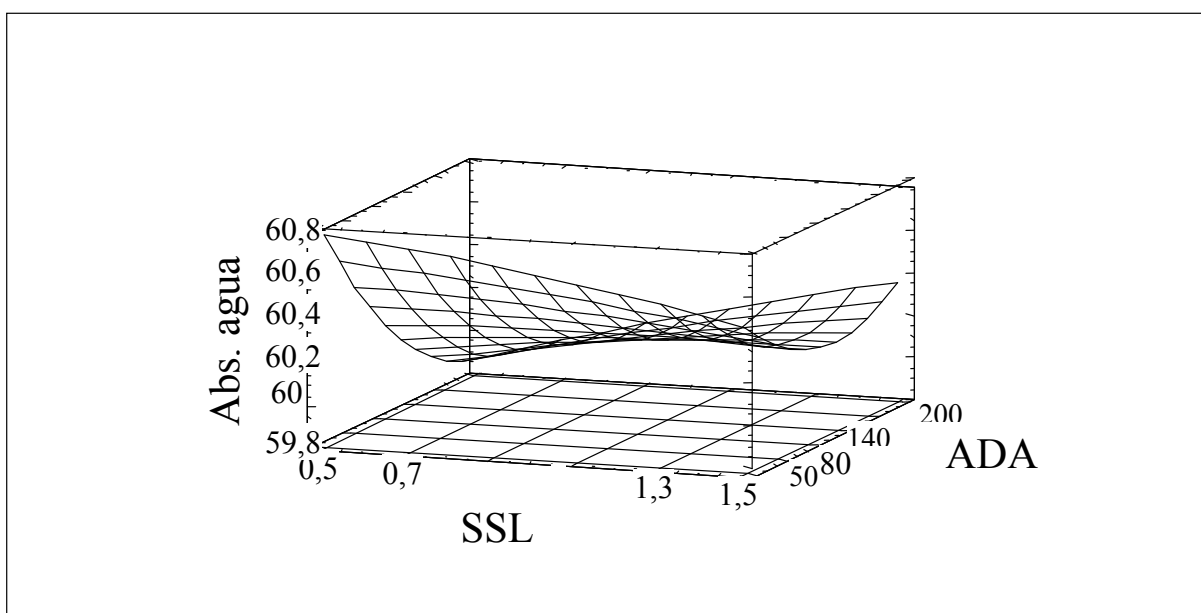
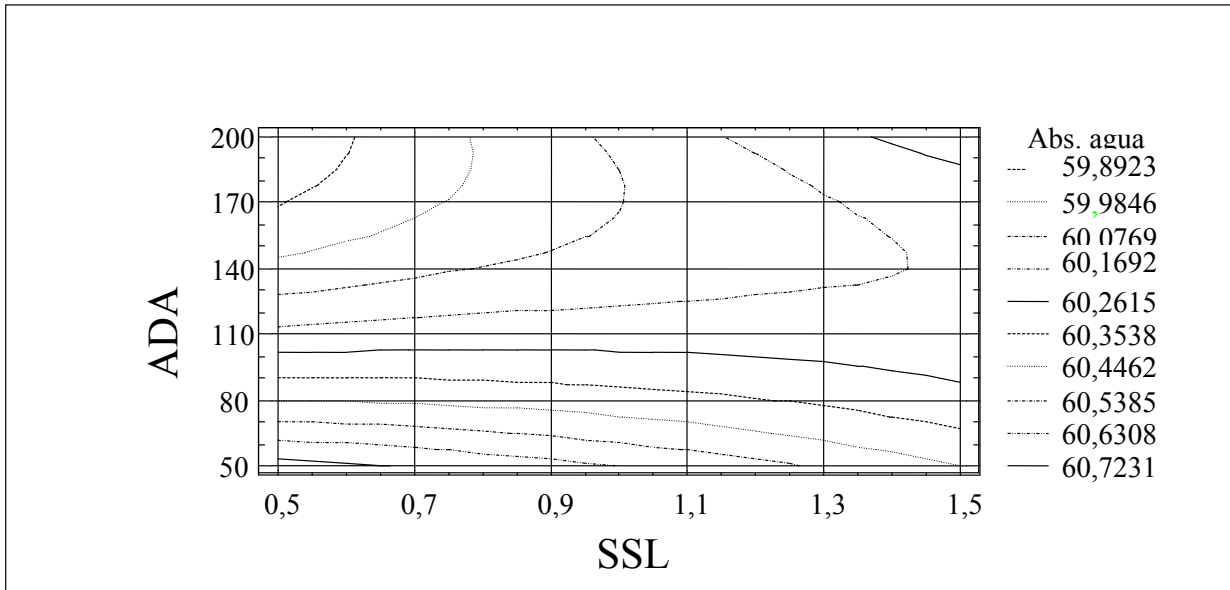


Fig. III.12

Curvas de contornos para Absorción de agua



#### III.4.1.2. Estabilidad

El análisis de varianza para la Estabilidad se presenta en la Tabla III.14. La tabla ANOVA parte la variabilidad en estabilidad en piezas separadas para cada uno de los efectos. Entonces analiza la significancia estadística para cada efecto comparando la media cuadrática contra un error experimental estimado. En este caso, el efecto SSL tiene un valor de P menor a 0.05, lo que indica que es significativamente diferente. El valor P mayor a 0.05 en el *Lack of fit test* indica que el modelo utilizado es apropiado.

Tabla III.14

## Análisis de varianza para Estabilidad

Fuente	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P
A: SSL	106.491	1	106.491	16.07	0.00
B: ADA	15.699	1	15.699	2.37	0.16
AA	10.928	1	10.928	1.65	0.24
AB	5.063	1	5.063	0.76	0.41
BB	15.820	1	15.820	2.39	0.166
<i>Lack of fit</i>	15.460	3	5.153	0.78	0.54
Error total	46.379	7	6.626		

Coefficiente de determinación ( $r^2$ ): 71.35 %

Por medio de las curvas de superficie de respuestas, presentada en la Fig. III.13, se puede analizar el comportamiento de la variable Estabilidad en función de los distintos aditivos y sus niveles. Se puede señalar que el SSL influye marcadamente en la misma, observando que a niveles altos de ADA la Estabilidad presenta una notable disminución con el aumento de SSL. En cambio con el aumento de ADA, se observa una modificación suave de los valores de Estabilidad.

En la Fig. III. 14 se presenta la variación de la Estabilidad en función de la variación de niveles de ADA y SSL analizado por medio de las curvas de contornos. Como se puede observar en la gráfica, la Estabilidad es mayor a relativamente bajos valores de ADA y SSL. El valor máximo de Estabilidad corresponde a valores de SSL de 0.5 % y 100 ppm de ADA. Por lo que se puede inferir que la mayor influencia sobre este aspecto la presenta el SSL, que disminuye indudablemente la estabilidad de la masa.

Fig. III.13

Superficie de respuestas para Estabilidad

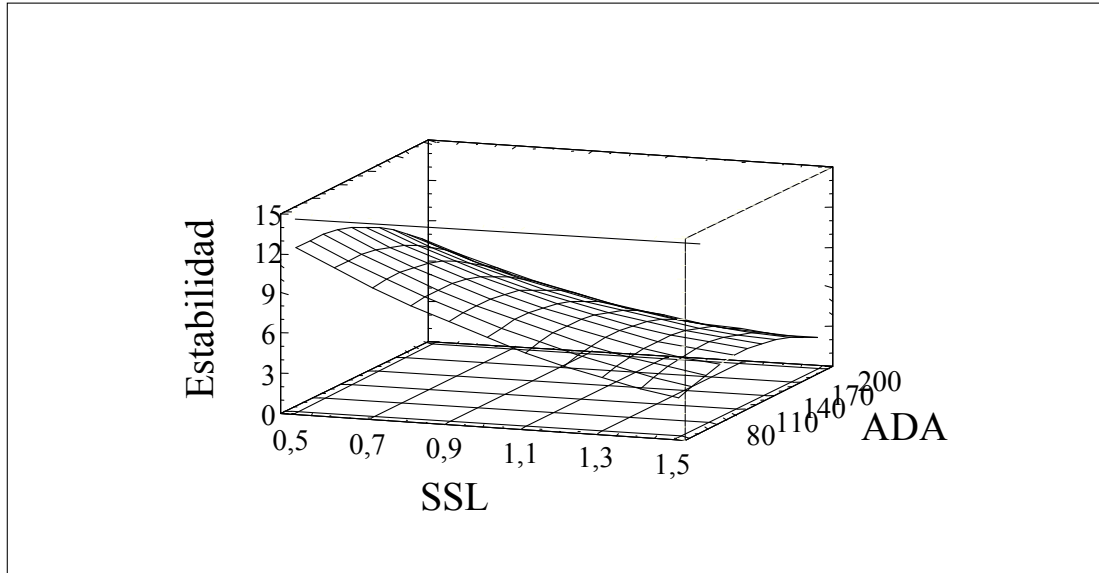
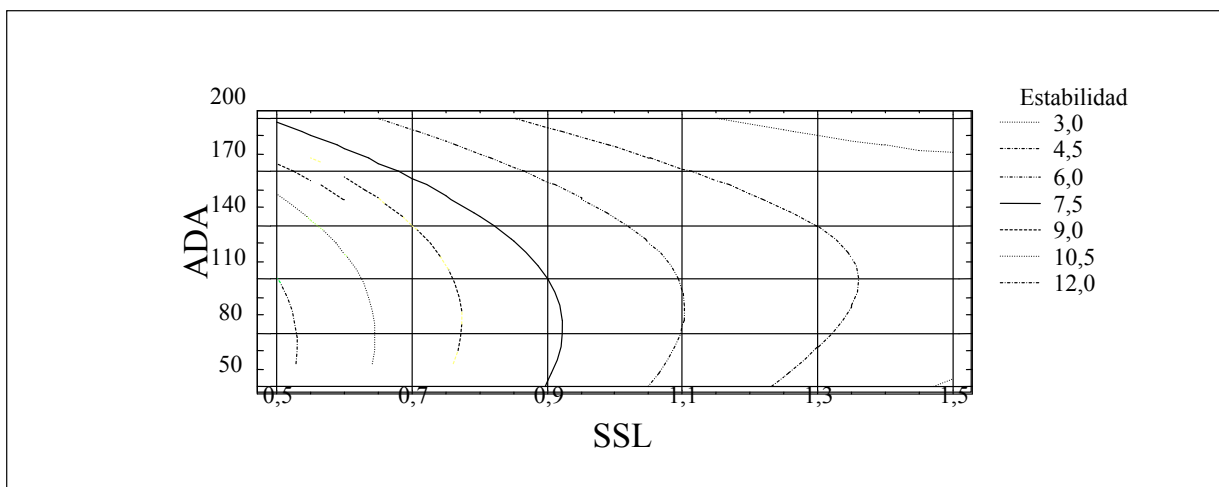


Fig. III.14

Curvas de contornos para Estabilidad



### III.4.1.3 Ablandamiento

Se efectuó el análisis de varianza (ANOVA), que se basa en la comparación de la variabilidad media que hay entre los grupos con la que hay dentro de los grupos (Montes, 2004). Este análisis fue utilizado para determinar el significado estadístico de los diferentes efectos. Los valores obtenidos se presentan en la Tabla III. 15.

Mediante el ANOVA se evaluó la significancia estadística de cada efecto en comparación con la media cuadrática contra un error experimental estimado. En este análisis, el ADA es el único que tiene valor de P menor a 0.05, por lo que es el que tiene mayor influencia sobre el ablandamiento.

El valor de P mayor a 0.05 en el *Lack of fit test* indica que el modelo utilizado es el adecuado para describir los datos observados.

**Tabla III. 15**

#### **Análisis de Varianza para Ablandamiento**

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grado de libertad (GL)</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
A: SSL	6.250	1	6.250	0.08	0.790
B: ADA	468.382	1	468.382	5.73	0.048
AA	94.531	1	94.531	1.16	0.318
AB	25.000	1	25.000	0.31	0.597
BB	19.531	1	19.531	0.24	0.639
<i>Lack of fit</i>	250.369	3	83.456	1.02	0.439
Error Total	571.875	7	81.694		

Coefficiente de determinación ( $r^2$ ): 42.74 %

Mediante la metodología de superficie de respuestas, cuya gráfica se observa en la Fig. III.15 se observó el comportamiento del Ablandamiento a diferentes niveles de aditivos. Se puede inferir que al ir aumentando el nivel de ADA disminuye progresivamente el ablandamiento de la masa. El nivel SSL no influye tan notoriamente, siendo el ablandamiento menor en los valores inferiores de SSL

Las curvas de contornos que se muestran en la Fig. III.16, en ellas se puede observar el comportamiento del Ablandamiento a diferentes niveles de aditivos. Se nota que los mayores valores del mismo se presentan en los menores niveles de ADA (50 ppm) y de SSL comprendidos entre 0.6 y 1.2 %. Por otro lado, con el mayor agregado de ADA se produce un menor ablandamiento, presentando sus valores mínimos para un nivel mayor a 180 ppm de ADA y menor a 0.6 % de SSL. Por lo que se induce que el agregado de ADA logra otorgarle a la masa un menor grado de ablandamiento y el agregado de SSL resulta en sentido inverso. El fortalecimiento de la masa producido por el agregado de ADA beneficia las características plásticas, lo cual es deseable desde el punto de vista tecnológico y sensorial. Una masa con alto grado de ablandamiento puede presentar problemas durante los procesos de amasado, fermentación u horneado. En cuanto a los efectos sobre el producto de panificación, el menor ablandamiento se traduce en panes de mayor volumen, a la vez que puede enmascarar algunos defectos de las piezas de panificación (Calvel, 1983).



Fig. III. 15

Superficie de respuesta para Ablandamiento

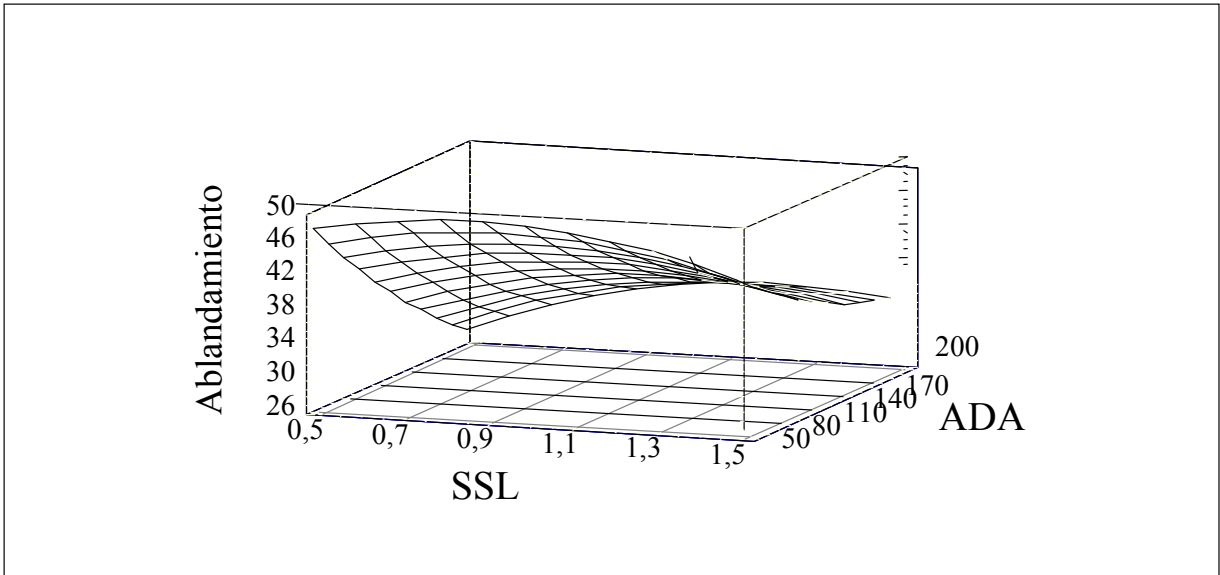
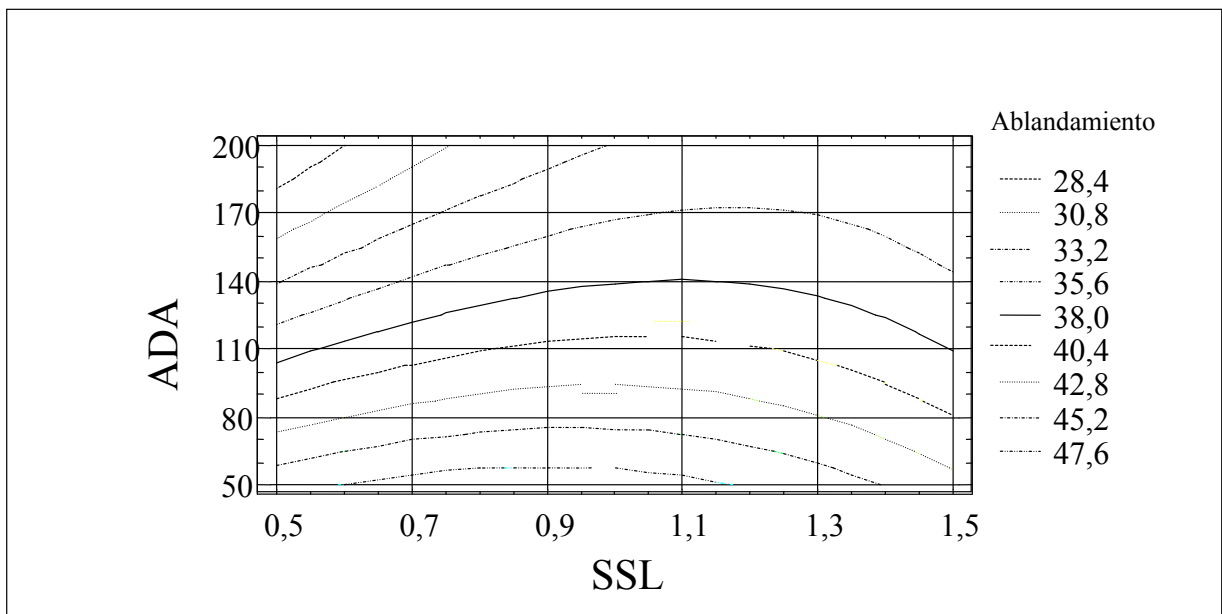


Fig. III.16

Curvas de contorno para Ablandamiento



#### III.4.1.4 Relación elasticidad/extensibilidad en el alveógrafo (P/L)

La Tabla III.16 muestra el análisis de varianza para P/L. Se observa que tanto para SSL como para ADA el valor de P es menor a 0.05, por lo que se infiere que ambos tienen influencia significativa en la relación P/L. Además, el *Lack o fit test* presenta un valor de P mayor a 0.05 lo que indica que el modelo elegido ha sido adecuado para este estudio.

En las Fig. III.17 y III.18, correspondientes a las gráficas de superficie de respuesta y de curvas de contornos respectivamente, se puede observar el efecto de los diferentes aditivos y sus concentraciones sobre la relación P/L. Del análisis de los valores obtenidos en el ensayo se observa que la relación P/L es máxima a valores superiores de ADA y de SSL. Se puede entender dicho análisis a partir de que el ADA actúa aumentando la resistencia a la deformación, a la vez que el SSL disminuyendo el L, actúa como *shortening*. Por lo tanto, a mayores niveles de dichos aditivos aumenta P/L. De las curvas de contornos se puede inferir que los mayores valores se encuentran a valores de ADA superiores a 170 ppm y de SSL cercanos a 1,5 %.

El efecto del ADA observado sobre el índice P/L coincide con lo sostenido por Ribotta en 1999, quien indica que el ADA y otros oxidantes incrementan dicha relación de equilibrio al acrecentar la tenacidad y reducir la extensibilidad.

Tabla III. 16

## Análisis de Varianza para P/L

Fuente	Suma de cuadrados	Grado de libertad	Media cuadrática	F	P
A: SSL	0.554	1	0.553	8.36	0.023
B: ADA	2.355	1	2.354	35.56	0.001
AA	0.024	1	0.024	0.36	0.56
AB	0.203	1	0.203	3.06	0.124
BB	0.029	1	0.029	0.44	0.527
<i>Lack of fit</i>	1.054	3	0.351	5.31	0.032
Error Total	4.682	7	0.066		

Coefficiente de determinación ( $r^2$ ): 67.58 %

Se debe tener en cuenta que el comportamiento viscoelástico de la masa tiene algún grado de relación con el volumen del pan. Una harina bien balanceada en resistencia a la deformación (P) y extensibilidad (L) produce un pan con un máximo de volumen y con una estructura interna bien proporcionada (Quaglia, 1991).

Fig. III. 17

Superficie de respuestas Relación Elasticidad/Extensibilidad (P/L)

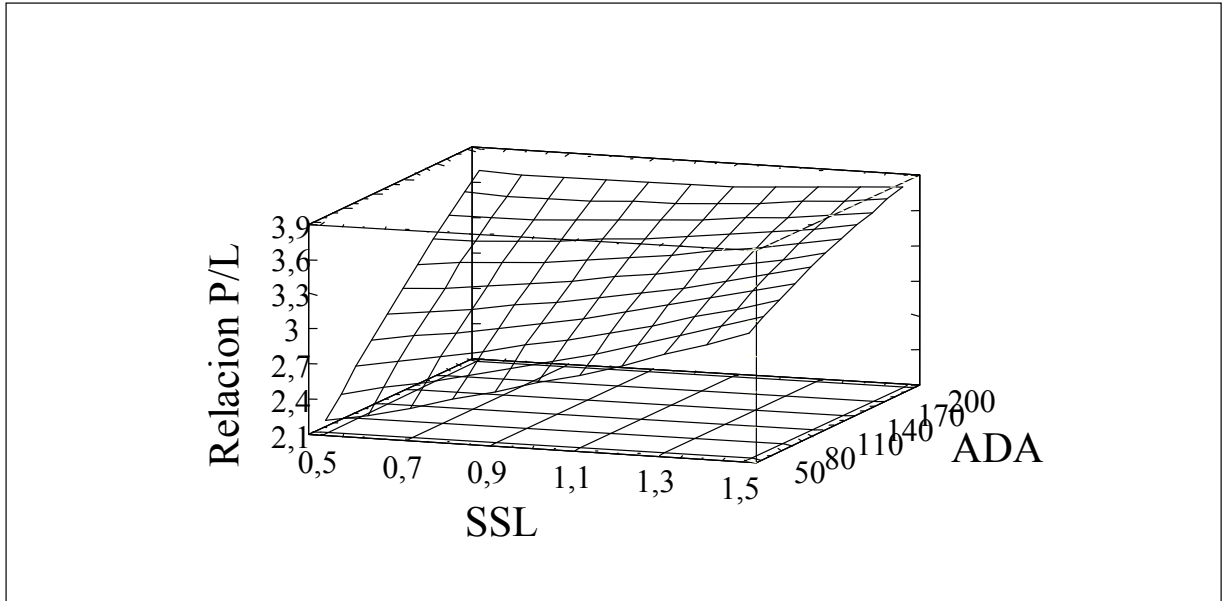
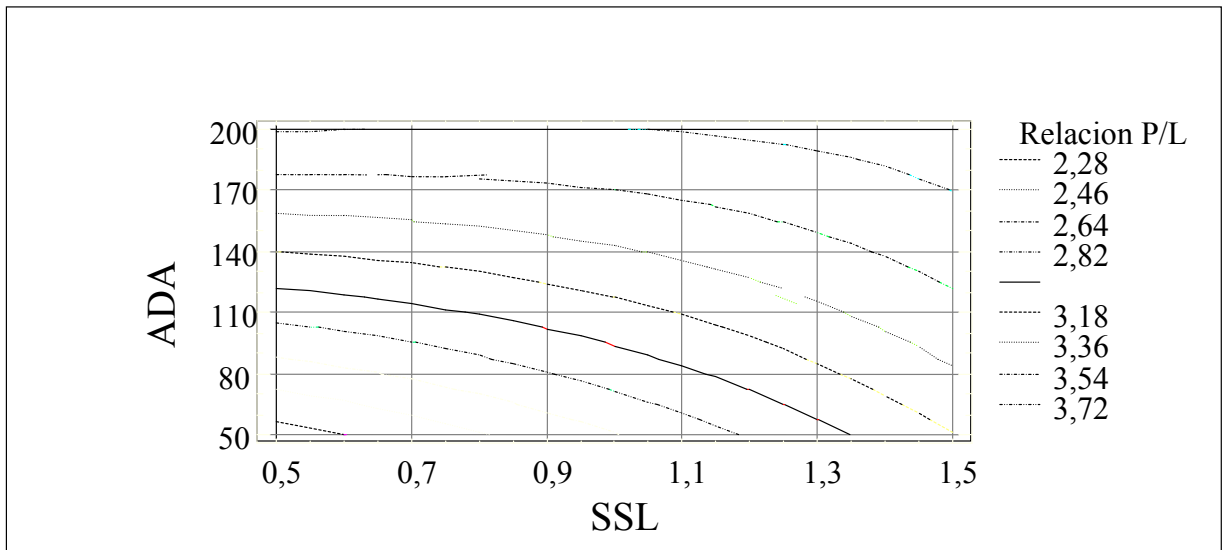


Fig. III. 18

Curvas de contornos Relación Elasticidad/Extensibilidad (P/L)



### III.4.1.5 Energía alveográfica (W)

En la elaboración de productos horneados, previa fermentación, la masa debe estar bien trabajada y para asegurar un buen comportamiento debe tener una Energía alveográfica (W) comprendida entre 180 y 200 (Quaglia, 1991). A continuación, en la Tablas III. 17 se brinda un detalle del análisis de varianza para W.

La influencia, a nivel tendencias, de los diferentes aditivos ensayados sobre W se muestra en las Fig. III.19 y III.20 correspondientes a la gráfica de superficie de respuestas y curvas de contornos respectivamente. Se puede observar que la energía alveográfica aumenta a medida que aumenta el contenido de ADA y de SSL si bien este último no influye tan notoriamente como el ADA. Los valores deseables de W se encuentran en niveles de SSL comprendidos entre 1.0 a 1.5 % con un contenido de ADA mayor a 160 ppm.

**Tabla III. 17**

**Análisis de varianza para W**

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Grado de libertad (GL)</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
A: SSL	4445.49	1	4343.49	145.63	0.001
B: ADA	5885.85	1	5885.85	197.25	0.001
AA	75.03	1	75.03	2.51	0.157
AB	144.00	1	144.00	4.83	0.064
BB	442.53	1	442.53	14.83	0.006
<i>Lack of fit</i>	2273.16	3	757.72	25.39	0.001
Error	13374.90	7	29.84		

Coefficiente de determinación ( $r^2$ ): 81.44 %

Fig. III. 19

Superficie de respuestas para W

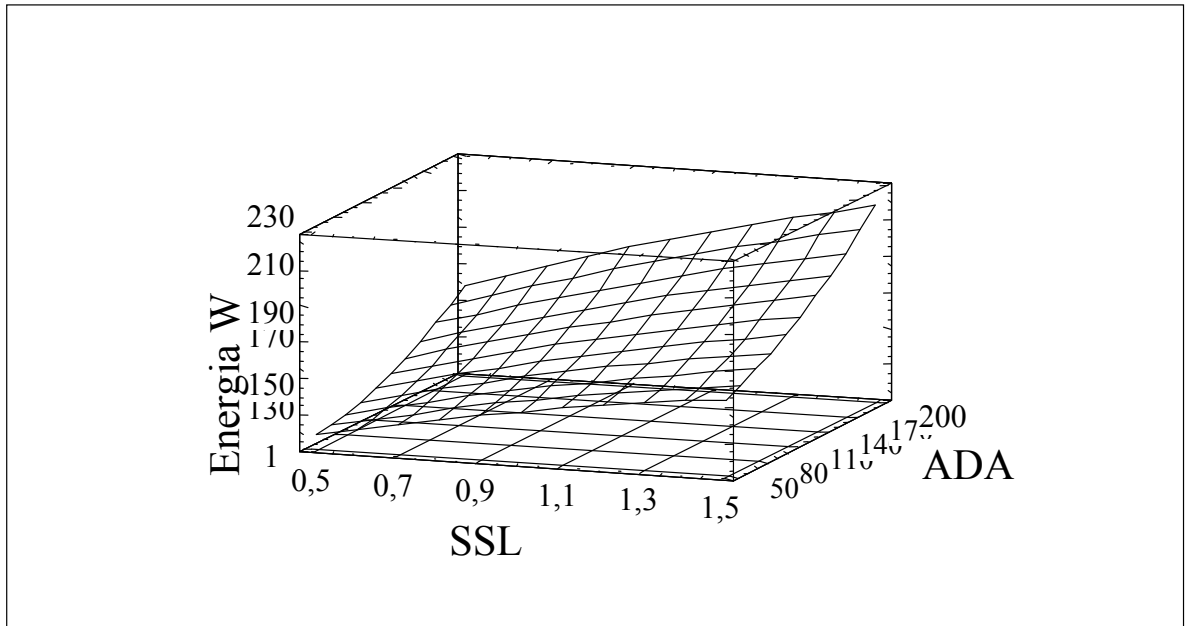
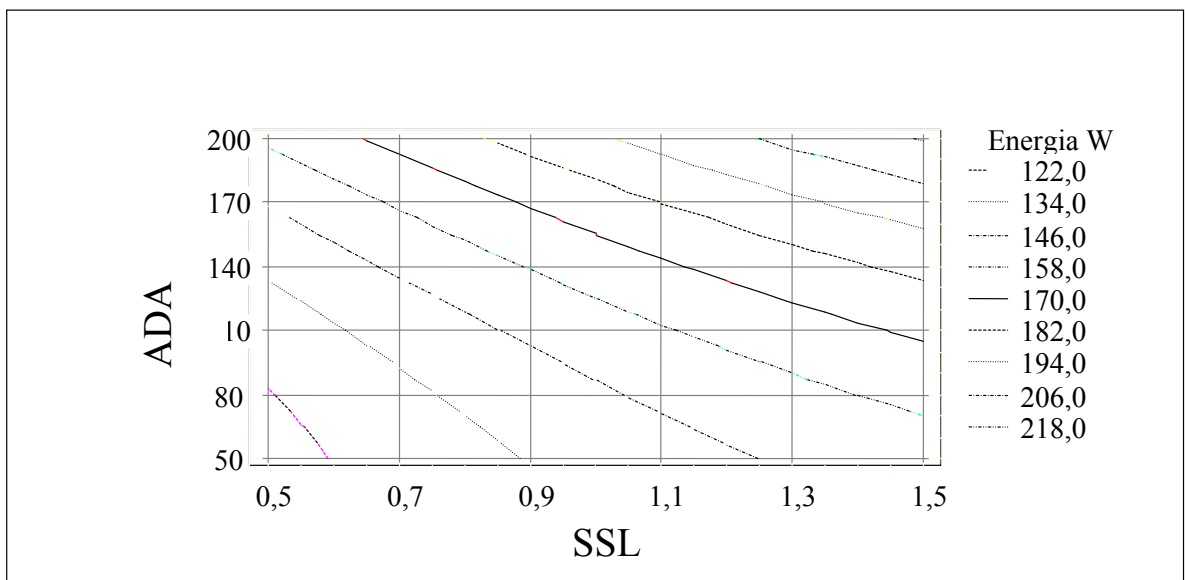


Fig. III.20

Curvas de contornos para W



### III.4.2 Consistencia de la masa panaria

#### III.4.2.1 Consistencia al final del amasado

En la Tabla III.18 se detalla el análisis de varianza ANOVA, realizado para la consistencia de la masa. En este caso, SSL y ADA presentan un valor de P menor a 0.05, lo cual indica que presentan diferencias significativas a un nivel de confianza de 95%.

Del valor del *lack of fit test*, cuyo P es mayor o igual a 0.05, se acepta que el modelo es el apropiado para observar los datos correspondientes.

**Tabla III.18**

**Efectos estimados para Consistencia de la masa**

<b>Fuente</b>	<b>Suma de cuadrados</b>	<b>Gl</b>	<b>Media cuadrática</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
A: SSL	4350.96	1	4350.96	7.71	0.0274
B: ADA	10615.80	1	10615.80	18.81	0.0034
AA	1378.11	1	1378.11	2.44	0.1621
AB	3025.00	1	3025.00	5.36	0.0538
BB	378.12	1	378.12	0.67	0.4400
<i>Lack of fit</i>	3950.00	3	231.91	0.41	0.7503
Error total		7	564.29		

Coefficiente de determinación ( $r^2$ ): 80.96 %

La Fig. III. 21 corresponde al comportamiento de la consistencia de la masa al final del amasado en función de los diferentes aditivos y sus niveles, mediante la gráfica de superficie de respuestas. De dicho estudio se puede inferir que el nivel de ADA influye aumentando la

consistencia de la masa especialmente a bajos niveles de SSL Además, se puede observar en la Fig. III.22, correspondiente a las curvas de contornos, la variación en la consistencia de la masa con los diferentes aditivos y sus niveles. Los valores superiores de consistencia de la masa corresponden a niveles de SSL menores a 0.7 % y a un contenido de ADA cercano a 200 ppm.

Fig. III.21

Superficie de respuestas para Consistencia de la masa

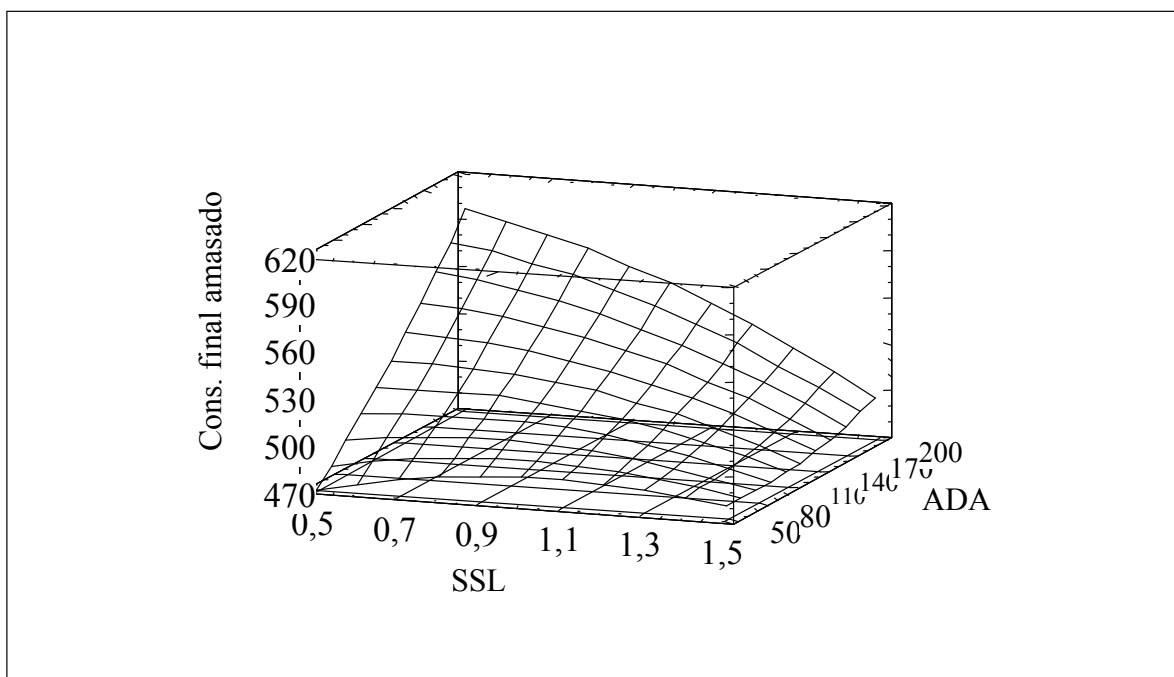
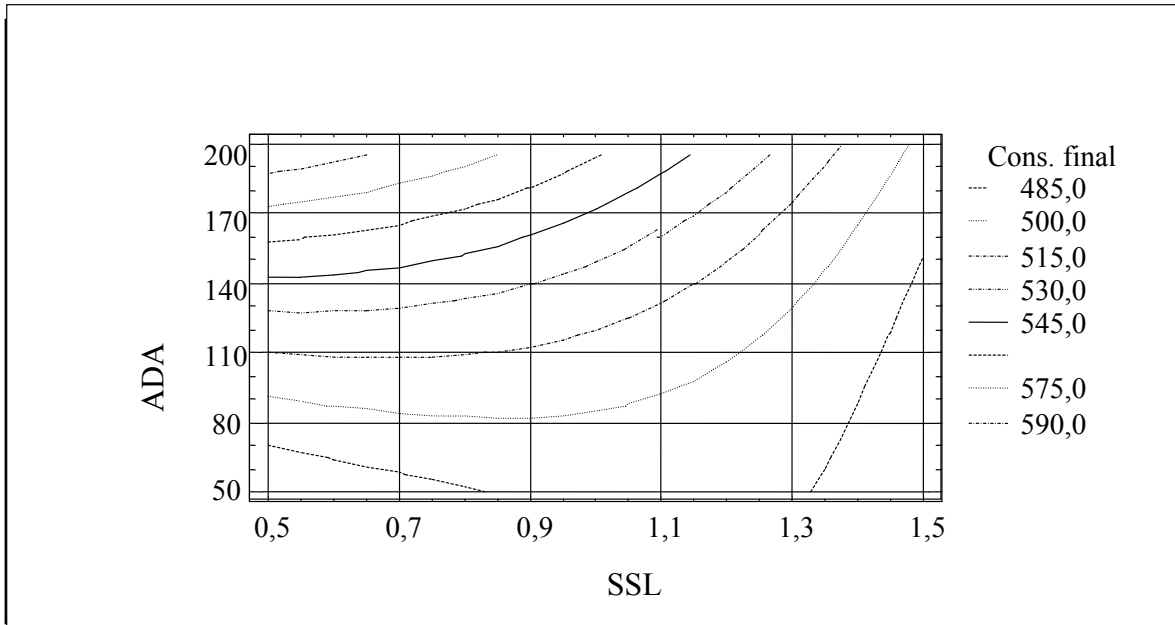




Fig. III. 22

## Curvas de contornos para Consistencia de la masa



## III.4.2.2 Work input

El análisis de varianza, ANOVA, correspondiente a la Tabla. III.19, parte la variable *work input* en piezas separadas para cada efecto. Entonces, analiza la significancia estadística de cada efecto por comparación de la media cuadrática contra un estimado del error experimental. En este caso, se obtuvo tanto para SSL como ADA niveles de P menores a 0.05, lo que indica que ambos poseen influencia significativa sobre el *work input*. El valor del *lack of fit test* mayor a 0.05 muestra que el modelo elegido para este análisis es apropiado.

Tabla III.19

Análisis de varianza para *work input*

	Suma de cuadrados	GI	Media cuadrática	F	P
A: SSL	6.5388	1	6.5388	14.18	0.0070
B: ADA	58.8585	1	58.8585	127.61	0.0000
AA	0.0012	1	0.0015	0.00	0.9599
AB	1.0000	1	1.0000	2.17	0.1844
BB	5.6113	1	5.6113	12.17	0.0102
<i>Lack of fit</i>	2.4189	3	0.8063	1.75	0.2442
Error total	3.2288	7	0.4613		

Coefficiente de determinación ( $r^2$ ): 92.73 %

En la Fig. III.23 se presenta el gráfico de superficie de respuestas para la variable *work input*. Se puede observar en la misma, que la energía impartida sobre la masa es mayor a niveles bajos de SSL, aumentando en relación con el agregado de ADA.

Mediante las curvas de contornos, correspondientes a la Fig. III.24, se puede estimar que los valores superiores para *work input* se encuentran a niveles de ADA mayores a 190 ppm y de SSL inferiores a 0.6 %.

Esta determinación resulta de utilidad para conocer el consumo de energía de nuestro sistema experimental pero no marca tendencias respecto de la calidad del producto a obtener. Osella y col. (2007) encontraron que valores de *work input* alrededor de 40 KJoules/kg de masa daban muy buenos resultados tecnológicos cuando partían de harinas de valores alveográficos  $W \geq 250$  y  $P/L \approx 1$ . En cambio, para valores de  $W \leq 250$  no se lograron correlacionar los resultados de *work input* con el comportamiento tecnológico.

Fig. III.23

Superficie de respuestas para *Work input*

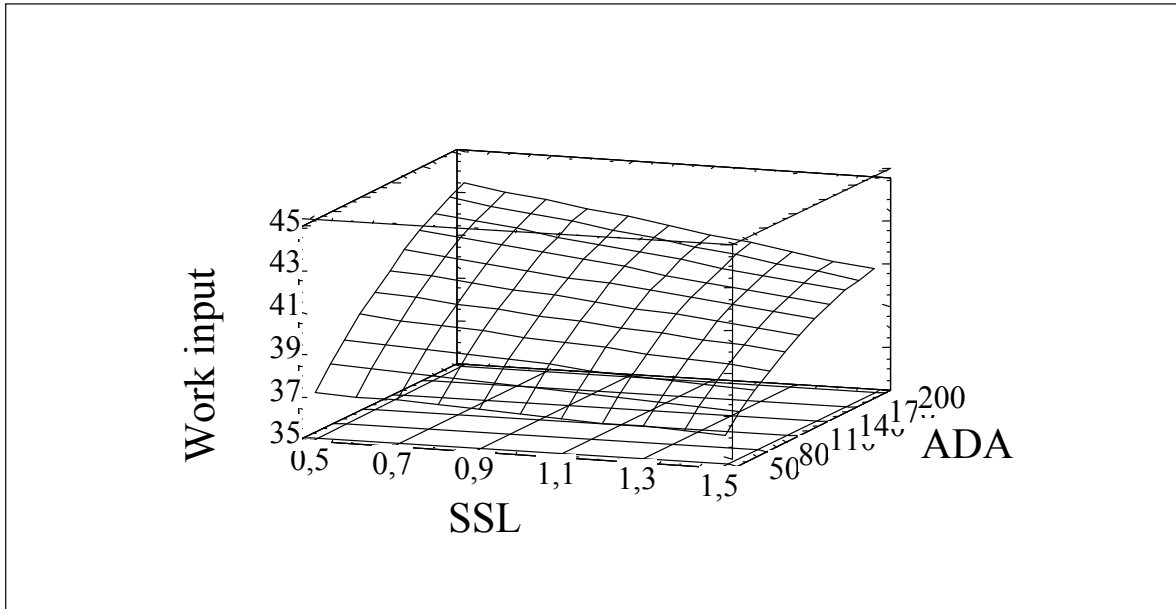
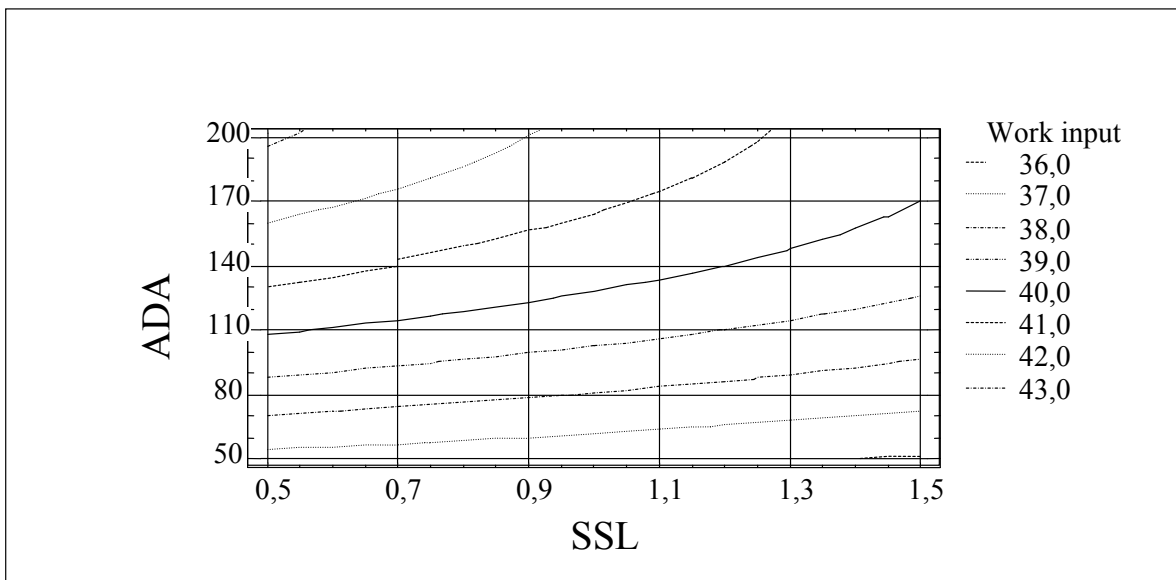


Fig. III.24

Curvas de contornos para *Work input*



### III.4.3 Volumen específico de los panes

El análisis de varianza ANOVA, presentado en la Tabla III.20 muestra la significancia estadística para cada efecto por comparación con la media cuadrática contra el error experimental estimado. El estudio del P indica en este caso que el ADA es quien tiene influencia significativa sobre el volumen específico. El valor de P del *lack of fit test* es superior a 0.05, lo que indica que el modelo elegido es apropiado para estudiar dichos efectos.

**Tabla III.20**

**Análisis de varianza para Volumen específico**

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P
A: SSL	0.005	1	0.032	1.75	0.228
B: ADA	0.577	1	0.427	23.22	0.002
AA	0.015	1	0.005	0.27	0.618
AB	0.063	1	0.010	0.54	0.485
BB	0.263	1	0.320	17.40	0.004
<i>Lack of fit</i>	0.228	3	0.056	3.03	0.103
Error total	0.1288	7	0.018		

Coefficiente de determinación ( $r^2$ ): 72.14 %

Mediante la metodología de superficie de respuesta para volumen específico, mostrada en la Fig. III.25, se puede observar que la mayor influencia sobre el mismo la produce el nivel de agregado de ADA. Hay un leve crecimiento de la respuesta para los valores bajos de ADA y luego una brusca disminución para los valores altos. Se manifiesta un verdadero aumento de la elasticidad de la masa fruto de la acción oxidante del ADA, pero esta acción resulta excesiva a partir de 110 ppm. Para el caso del SSL si bien se observa un aumento en el volumen específico con el aumento de aditivo, dicha influencia no es tan significativa como

en el caso de ADA. Del análisis de las curvas de contornos para volumen específico, mostrado en la Fig. III.26, se puede observar que el mejor volumen específico se observa en valores de ADA comprendidos entre 65 y 110 ppm y de SSL inferiores a 0.65 %.

La acción del ADA, a niveles de 200 ppm, sobre el volumen específico no guarda relación con lo planteado por Ribotta y col. en 1999, quien sostiene que en panes elaborados con harina de trigo produce un efecto favorecedor sobre el volumen. A su vez, el efecto beneficioso observado sobre el volumen específico de la acción conjunta de oxidante y surfactante coincide con lo planteado por Nemeth en 1996.

**Fig. III.25**

**Superficie de respuestas para Volumen específico**

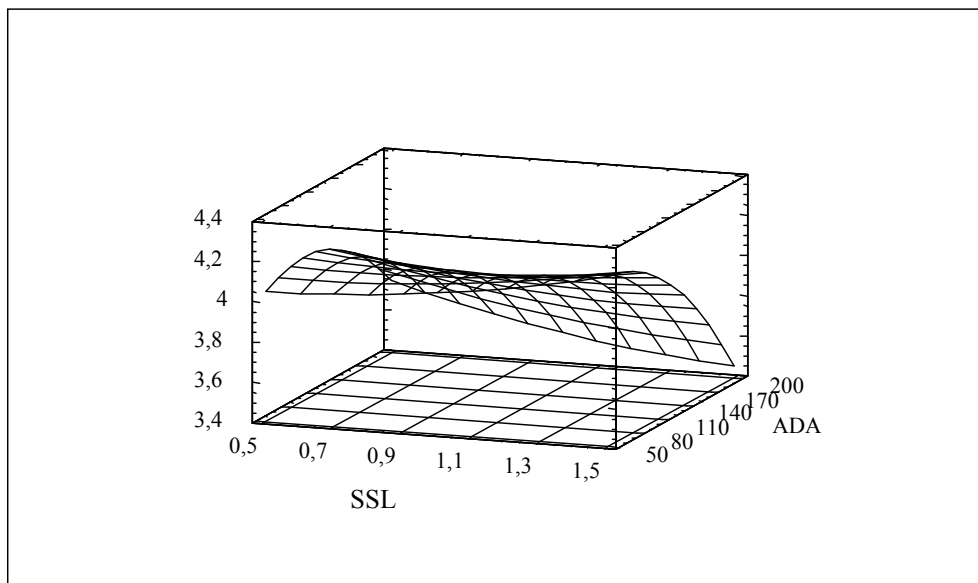
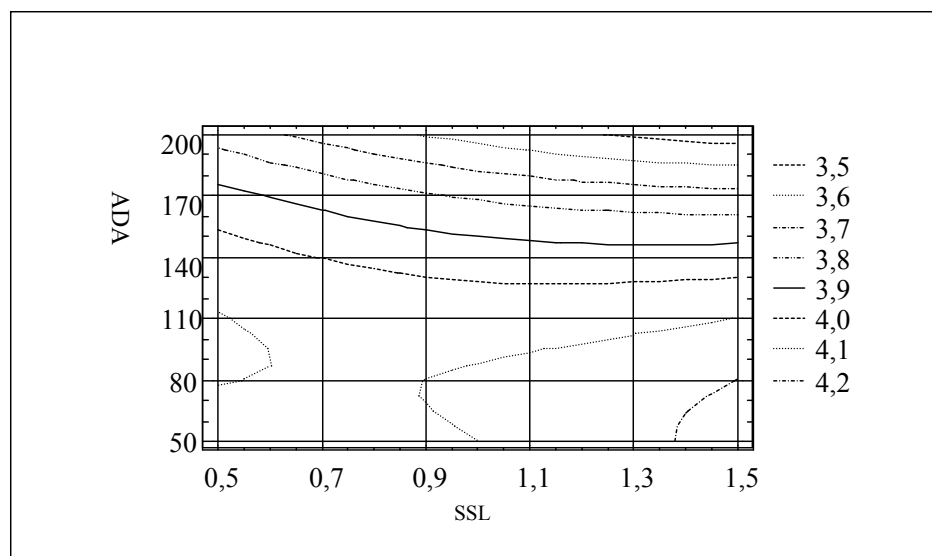


Fig. III.26

## Curvas de contornos para Volumen específico



### III.4.4 Evaluación sensorial

#### III.4.4.1 Puntaje total

Se realizó el análisis de varianza para el puntaje total por expertos, expuesto en la Tabla III.21. La tabla ANOVA estudia la significancia estadística de cada efecto mediante la comparación de la media cuadrática contra el error experimental. En este caso, los dos efectos estudiados tienen valores de P menores a 0.05 lo que indica que ambos influyen sobre el puntaje de los panes evaluados. El valor P del *lack of fit test* indica que el modelo elegido es apropiado para estudiar dichos efectos.

Tabla III.21

## Análisis de varianza para Puntaje total

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P
A: SSL	47.460	1	47.460	8.77	0.021
B: ADA	93.741	1	93.741	17.33	0.004
AA	9.031	1	9.031	1.67	0.237
AB	20.250	1	20.250	3.74	0.094
BB	87.781	1	87.781	16.22	0.005
<i>Lack of fit</i>	13.800	3	4.599	0.85	0.509
Error total	37.875	7	5.410		

Coefficiente de determinación ( $r^2$ ): 92.73 %

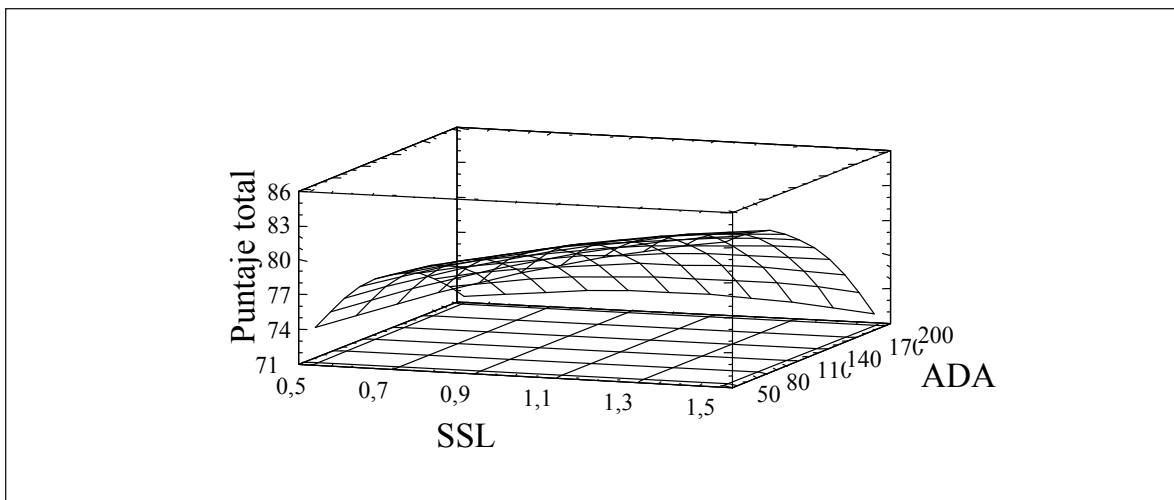
La figura III.27 muestra la variación del Puntaje total por panel de expertos, con los diferentes aditivos presentado en curvas de Superficie de respuesta. El aumento en el nivel de emulsionante produce un efecto beneficioso en las características de los panes, un comportamiento variable se observa con el ADA, con el que a bajos e intermedios niveles favorece las características de los panes, y a niveles superiores a 90 ppm produce un efecto negativo. Mediante el análisis de las curvas de contornos, presentadas en la Fig. III.28 se puede observar que los panes con características sensoriales óptimas corresponden a aquellos con un nivel de SSL superior a 1.4 % y de valores de ADA menores a 90 ppm.

Se podría inferir que estos hallazgos guardan cierta relación con lo propuesto por Ribotta y col. en 1999, quienes sostienen que el uso de ADA tiene un efecto similar al del bromato de potasio produciendo un incremento en el volumen de la masa durante la fermentación y logrando panes con alvéolos de mayor tamaño. Se suman a este hecho los hallazgos de Farvili y col. en 1994, quienes demuestran el mejoramiento de la suavidad y capacidad de corte que generan los emulsificantes. Evidentemente la modificación de estas

características físicas de los panes es detectada por los panelistas en su análisis de las propiedades sensoriales del pan.

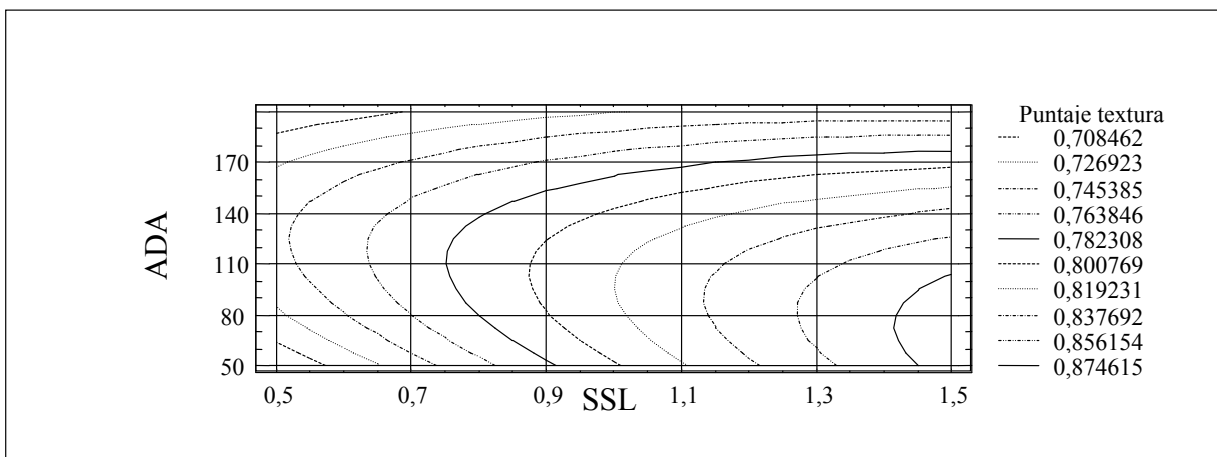
**Fig. III.27**

**Superficie de respuestas de Puntaje total**



**Fig. III.28**

**Curvas de contorno para Puntaje total**





#### II.4.4.2 Puntaje textura de la miga

En la tabla III.22 se muestra el análisis de varianza ANOVA. Se puede observar que los efectos ADA y SSL presentan valores de P menores a 0.05, lo que implica que tienen influencia significativa sobre la textura de la miga. El valor del P del *lack of fit test* al ser mayor a 0.05, indica que este modelo es apropiado para estudiar los efectos que producen dichos aditivos sobre la textura.

Tabla III.22

#### Análisis de varianza para Puntaje por textura

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P
A: SSL	0.0267	1	0.027	21.36	0.0024
B: ADA	0.0106	1	0.011	8.49	0.023
AA	0.0013	1	0.001	1.00	0.351
AB	0.0200	1	0.006	4.50	0.072
BB	0.0114	1	0.020	16.00	0.005
<i>Lack of fit</i>	0.1144	3	0.004	3.05	0.104
Error total	0.0088	7	0.001		

Coefficiente de determinación ( $r^2$ ): 76.07 %

La figura III.29 es la que corresponde a la gráfica de superficie de respuesta de Puntaje por textura. Se puede observar en la misma que la textura se beneficia con el agregado de SSL a bajos valores de ADA, en cambio el efecto del ADA presenta en la gráfica una curvatura con máximo en valores intermedios. Mediante el estudio de las curvas de contornos para la textura, correspondiente a la Figura III.30, se puede inducir que los valores óptimos se encuentran a niveles de ADA menores a 110 ppm y mayores a 1.40 % de SSL. Esto nos

indicaría el grado de precaución que se debe tener para evitar el uso excesivo de ADA ya que podría provocar alteraciones indeseables en la esponjosidad de la miga.

Fig. III.29

Superficie de respuestas de Puntaje por textura

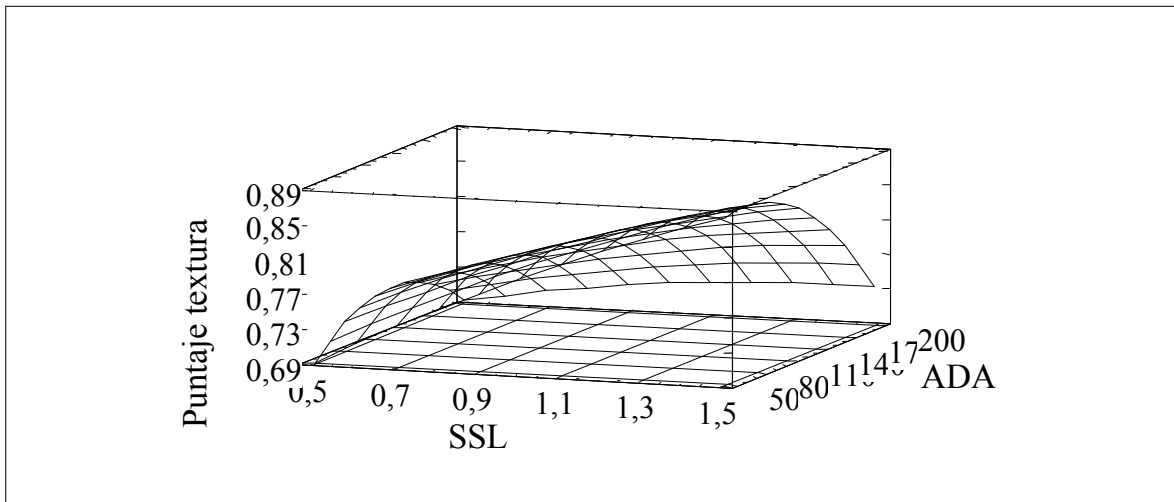
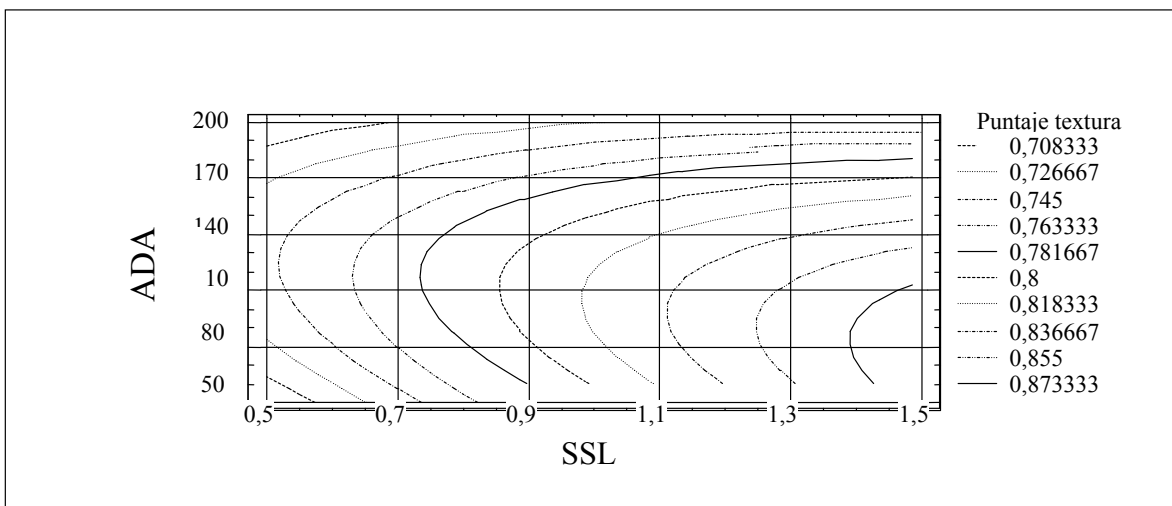


Fig. III.30

Curvas de contornos de Puntaje por textura



### III.4.5 Humedad y actividad acuosa

Del análisis de la tabla ANOVA, detallado en la Tabla III.23, como el valor de P correspondiente al efecto ADA, es menor que 0.05, indica que dicho aditivo influye significativamente en la humedad de los panes. El valor del P del *lack of fit test* es superior a 0.05, lo que indica que este modelo es apropiado para estudiar la influencia de los aditivos sobre la humedad de los panes.

La gráfica de superficie de respuestas, presentada en la Fig. III.31, y las curvas de contornos correspondientes a la Fig. 32 permiten observar que la humedad no varía significativamente a los diferentes niveles de SSL, pero se ve favorecida con el agregado de ADA. De la Fig. 32 podemos señalar que la humedad es máxima a niveles de ADA mayores a 190 ppm con valores de SSL comprendidos entre 0.5 y 0.6 %. Este es un aporte positivo que realiza el ADA en el sentido de que a mayores valores de humedad se obtiene un mejoramiento de la frescura de la miga.

En la Tabla III.24 se detalla el análisis de varianza ANOVA para actividad de agua. En este caso se observa que las dos variables tienen valores de P inferiores a 0.05, lo cual indica que influyen significativamente en la actividad de agua de los panes. El valor de P del *lack of fit test*, mayor a 0.05, indica que el modelo utilizado es el apropiado para el análisis.

Tabla III.23

Análisis de varianza para Humedad

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P
A: SSL	0.085	1	0.085	1.67	0.237
B: ADA	3.730	1	3.730	73.55	0.001
AA	0.053	1	0.053	1.04	0.342
AB	0.090	1	0.090	1.77	0.225
BB	0.001	1	0.001	0.01	0.940
<i>Lack of fit</i>	0.121	3	0.040	0.80	0.534
Error total	0.355	7	0.050		

Coefficiente de determinación ( $r^2$ ): 89.26 %

Fig. III.31

Superficie de respuestas de Humedad

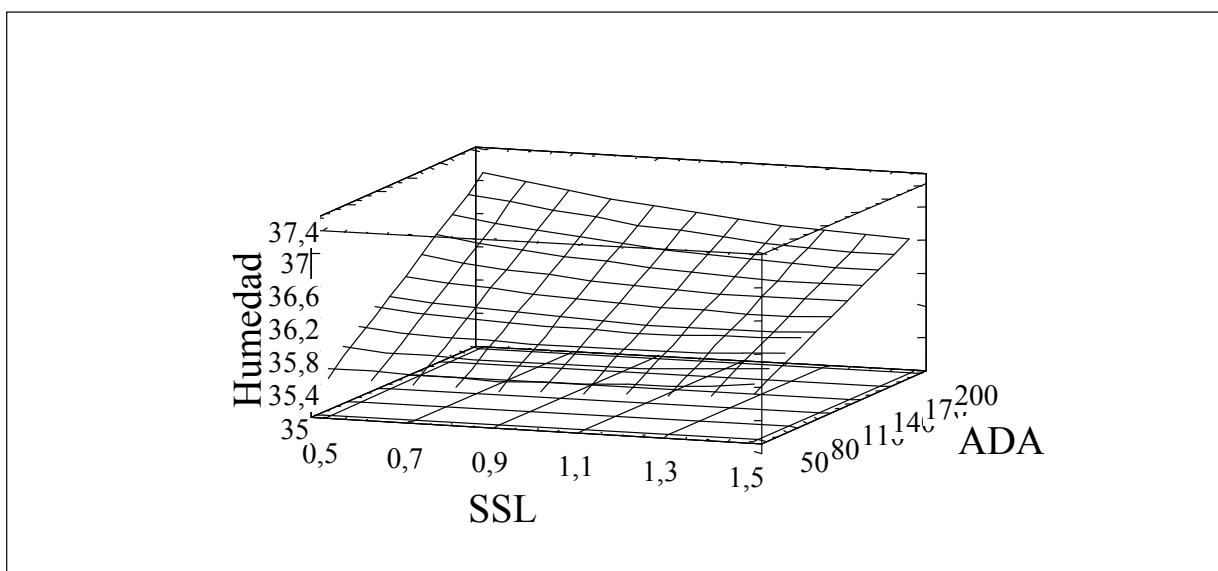


Fig. III.32

Curvas de contornos de Humedad

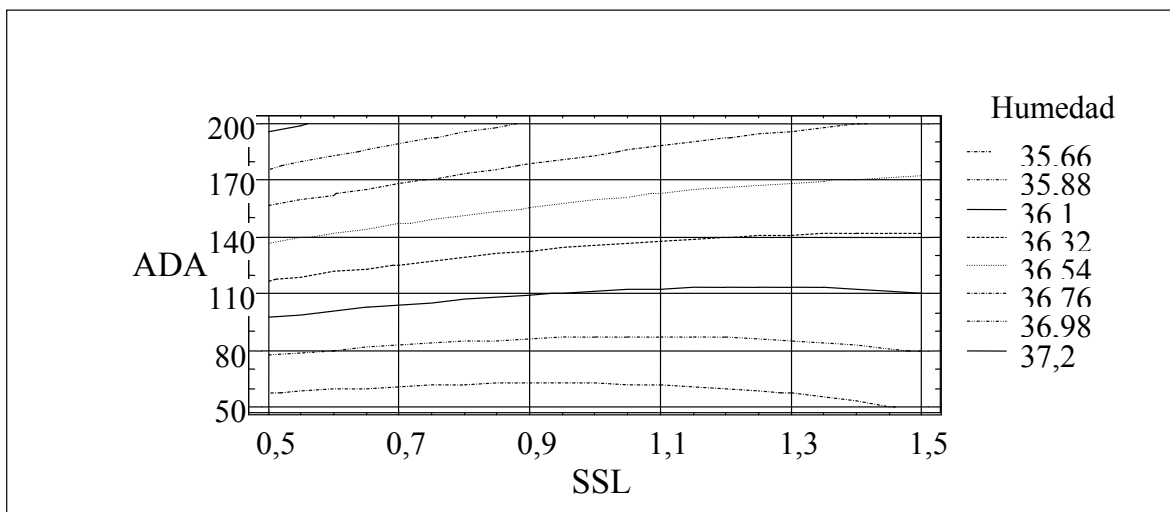


Tabla III. 24

Análisis de varianza para Actividad acuosa

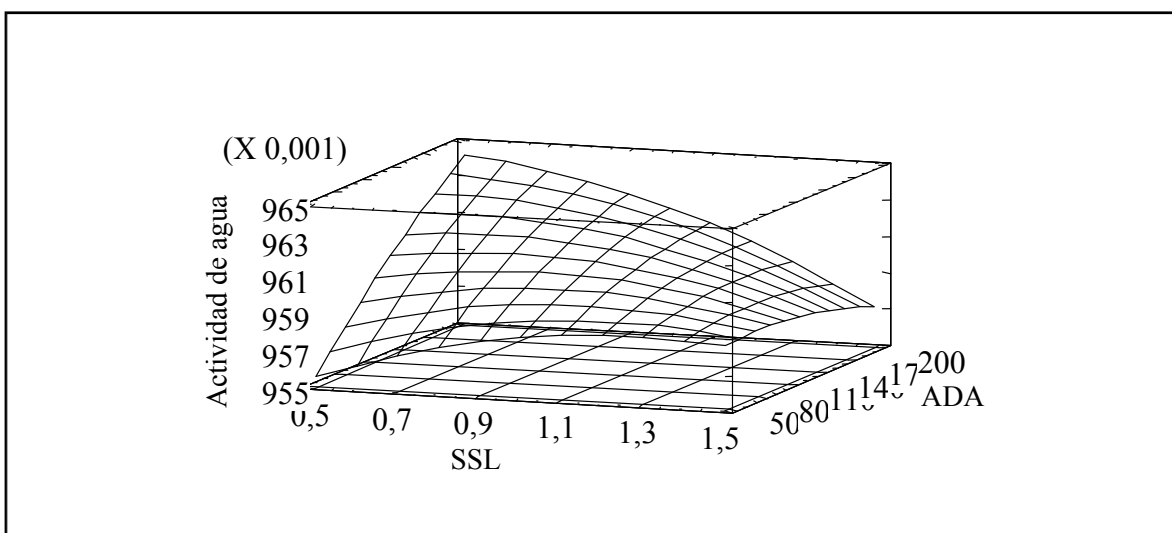
	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	P
A: SSL	0.001	1	0.001	7.93	0.026
B: ADA	0.001	1	0.001	25.65	0.002
AA	0.001	1	0.001	12.86	0.009
AB	0.001	1	0.001	23.33	0.002
BB	0.001	1	0.001	2.36	0.168
<i>Lack o fit test</i>	0.001	3	0.001	3.62	0.073
Error total	0.001	7	0.001		

Coefficiente de determinación ( $r^2$ ): 80.15 %

En la Fig. III.33 y III.34 se puede observar, por medio del estudio de la superficie de respuesta y de las curvas de contornos, el comportamiento de la actividad acuosa con los diferentes aditivos y sus niveles. Los mayores valores de actividad acuosa corresponden a valores de ADA mayores a 190 ppm y a valores de SSL comprendidos entre 0.5 - 0.8 %. Por lo tanto, la actividad acuosa es aumentada por el ADA en forma evidente a bajos valores de SSL, en cambio a valores de SSL por encima del 0.9 % tiene sólo un efecto moderado.

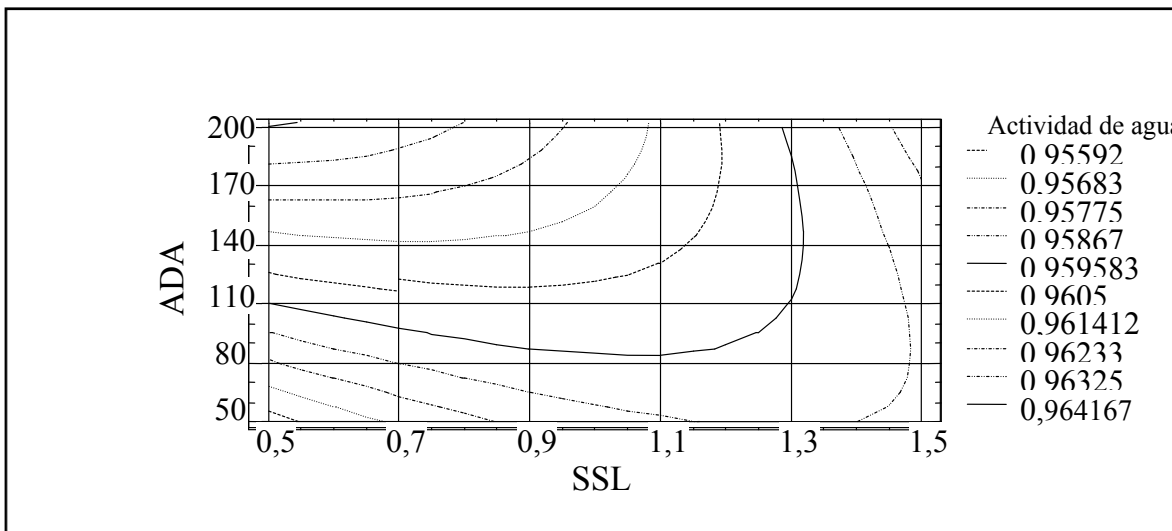
**Fig. III.33**

**Superficie de respuestas para Actividad de agua**



**Fig. III.34**

**Curvas de contornos para Actividad de agua**



### III.5 Verificación de la idoneidad del modelo

Se realizó la verificación de la idoneidad del modelo utilizando una condición experimental de compromiso. Para este fin se consideraron los aportes negativos y positivos de las variables sobre las distintas respuestas. Utilizando harina de arveja inactivada durante 1.0 minuto, en un reemplazo del 10 %, los niveles empleados de las variables fueron: SSL 1.2 % y ADA 55 ppm. Las respuestas a considerar fueron el volumen específico y el puntaje total.

El modelo se confirmó contrastando la hipótesis de que la media de volumen específico (4.365 cm<sup>3</sup>/g) es igual a la propuesta por el modelo (4.22 cm<sup>3</sup>/g). Para seis corridas de panes se obtuvieron los siguientes valores de volumen específico (cm<sup>3</sup>/g): 4.52; 4.57; 4.25; 4.37; 4.2; 4.28. Siendo  $\bar{X} = 4.365$ .

Según el *T – test*, el valor de  $t = 2.35479$  y  $P = 0.065$ . Como  $P \geq 0.05$  no se puede rechazar la hipótesis nula a un nivel de confianza de 95%.

Del análisis de *Sign test*, se observa que si se considera que la media de volumen específico no es igual a 4.22 se obtiene 1 valor debajo de la media hipotética y 5 por encima de la misma. Siendo  $P = 0.220671$ , ( $\geq 0.05$ ), no se puede descartar la hipótesis de nulidad a un nivel de confianza del 95%.

El tercer *test* que se realizó fue el *Signed rank test*. Esta prueba compara el ordenamiento promedio de valores por encima y por debajo de la media hipotética de 4.22. Se obtuvo 1 valor por debajo y 4 valores por encima de la misma. El valor de  $P = 0.0591717$  indica que no se puede descartar la hipótesis nula para un alfa de 0.05.

En la verificación a través del puntaje total, se contrasta con el valor del modelo (81.4 puntos). Se obtuvieron los siguientes valores de puntajes: 81.6; 81.7; 78.2; 80.4; 78.1 y 79.3.  $\bar{X} = 79.9$ .

El *T – test* para los valores de  $t = - 2.31574$  y  $p = 0.0684166$  resulta que no se debe descartar la hipótesis para un alfa = 0.05.

El *Sign – test* resulta 4 valores por debajo de la media y 2 por encima de la misma. Para un  $P = 0.683088$ , no se debe descartar la hipótesis nula para un  $\alpha = 0.05$ .

Según el *Signed rank test*, para un promedio de valores de 1.5 por encima de la media y 4.5 por debajo y un valor de  $p = 0.142213$  resulta que no se debe descartar la hipótesis nula para un  $\alpha$  de 0.05.

En la Tabla III. 25 se presentan los coeficientes de regresión de los polinomios que responden a la ecuación planteada para analizar el efecto los dos factores sobre las diferentes respuestas:

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2 + b_{12} X_1 X_2$$

Siendo  $X_i$  las variables codificadas,  $b_0$  el término independiente,  $b_1$  y  $b_2$  los coeficientes de regresión lineales,  $b_{11}$  y  $b_{22}$  los términos de regresión cuadráticos y  $b_{12}$  el término de regresión de la combinación de factores.



Tabla III.25 Coeficientes de regresión de los polinomios<sup>a</sup>

	Respuestas											
	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Y <sub>5</sub>	Y <sub>6</sub>	Y <sub>7</sub>	Y <sub>8</sub>	Y <sub>9</sub>	Y <sub>10</sub>	Y <sub>11</sub>	Y <sub>12</sub>
b <sub>0</sub>	61.643	20.613	49.284	1,105	94.465	378.36	33.132	3.767	59.508	0.444	35.140	0.945
b <sub>1</sub>	-0.381	-20.397	20.934	0.841	51.113	150.024	-0.041	0.015	20.871	0.341	-0.356	0.017
b <sub>11</sub>	-0.100	4.675	-13.750	0.217	-12.250	-52.500	-0.050	0.175	-4.250	-0.050	0.325	-0.005
b <sub>12</sub>	4,E-6	0.030	0.067	-0.006	0.160	-0.733	-0.013	-0.003	-0.060	9,E-6	1,E-6	-1,E-7
b <sub>2</sub>	-0.018	0.014	-0.238	0.016	-0.129	0.913	0.087	0.008	0.162	3,E-3	0.013	1,E-4
b <sub>22</sub>	5,E-4	-3,E-4	3,E-4	-1,E-5	1,E-3	1,E-3	-1,E-4	-4,E-3	-6,E-4	-0.001	-0.004	-7,E-5

<sup>a</sup>Y<sub>1</sub> = absorción de agua; Y<sub>2</sub> = estabilidad; Y<sub>3</sub> = ablandamiento; Y<sub>4</sub> = p/l; Y<sub>5</sub> = energía W; Y<sub>6</sub> = consistencia de la masa al final del amasado; Y<sub>7</sub> = *work input*; Y<sub>8</sub> = volumen específico; Y<sub>9</sub> = puntaje total; Y<sub>10</sub> = puntaje textura; Y<sub>11</sub> = humedad; Y<sub>12</sub> = actividad acuosa.

En consecuencia, se debe considerar que el modelo utilizado es apropiado para las condiciones experimentales desarrolladas.

## **CONCLUSIONES**

## IV. CONCLUSIONES

- Se ha desarrollado una formulación de panes de molde que permitirá disponer de un alimento de buena calidad sensorial y mejorado valor nutricional, utilizando fuentes proteicas complementarias. Este alimento puede ser destinado a consumo generalizado o particularmente para aquel sector de la población que requiera un aporte nutritivo especial en su dieta.
- Se ha logrado obtener una metodología apropiada para elaborar harina de arveja apta para panificación.
- Del estudio del efecto de la incorporación de distintos niveles de harina de arveja en la formulación del pan de molde se observó que altos porcentajes de reemplazo con dicha harina van en detrimento del volumen específico y de los atributos sensoriales del pan encontrando que un nivel de 10 % resulta sensorialmente aceptable.
- Respecto a la inactivación de la enzima lipoxigenasa se observó que el tratamiento térmico favorece la evaluación sensorial del pan pero su efecto depende del nivel de agregado de harina de arveja en la formulación. Los panes que presentan mayores aptitudes sensoriales corresponden a aquellos de un 5 % de harina de arveja inactivada a 1.0 y 1.5 minutos, a la vez que los panes que tuvieron mejor respuesta correspondieron a aquellos con 5 % de reemplazo y 1,5 minuto de tratamiento térmico. No obstante, considerando una situación de compromiso

entre la mejora nutricional y el deterioro tecnológico, se adoptó el nivel de sustitución del 10 % con tratamiento térmico de 1 minuto para la continuidad de este trabajo.

- Del estudio del efecto de los emulsionantes y oxidantes sobre las características generales del pan y particularmente sobre su volumen y vida útil se determinó que el ADA en un nivel de 55 ppm resultó el oxidante que otorga mejores características sensoriales y tecnológicas a los panes. Valores altos de ADA producen también valores altos de *work input* pero bajos de volumen específico. Indicando esto, que ese aumento de elasticidad de la masa resulta, en algún momento, excesivo para nuestro sistema alimentario, no permitiendo un adecuado proceso de crecimiento de la estructura alveolar. En cuanto al uso de emulsionantes, el SSL al 1.2%, confirió mejores características sensoriales, tecnológicas y de vida útil a los panes elaborados.

- Desde el punto de vista nutricional, se logró un producto de mayor valor nutritivo, con buen contenido de nutrientes en general y de compuestos bioactivos. En particular en lo que respecta al aporte proteico, se logró mejorar el contenido total y su valor biológico. Se obtuvo un incremento en las proteínas totales de un 10.7 %, un aumento de 58 % en lisina y el score químico se incrementó en un 22.4 % en comparación con los panes elaborados sin harina de arveja.

- Resumiendo, surge que el pan considerado óptimo en este estudio, es aquel suplementado con 10 % de harina de arvejas, inactivado térmicamente durante 1,0 minuto y aditivado con 1.2 % de SSL y 55 ppm de ADA.

## **BIBLIOGRAFÍA**

## VI. BIBLIOGRAFÍA

1. ALI-KAHN, S.T. (1993). Seed hull content in field pea. *Can. J. Plant Sci.*, 73: 611-613.
2. AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMIST (1994). American Association of Cereal Chemist Approved Methods of the AACC. 8<sup>th</sup>. Edic. St Paul MN. AACC. USA.
3. ANDERSON, J.W. (1991). Lipid responses of hypercholesterolemic men to oat-bran and wheat-bran intake. *American Journal of Clinic Nutrition*, 54: 678-683, citado por Wang J., 2002.
4. BADUI DELGAR, S.; BOURGES RODRIGUEZ, H.; ANZALDÚA MORALES, A. (1999). Proteínas. Capítulo 3 del libro *Química de los Alimentos*. Edit. Pearson. México.
5. BARRET, D.M.; THEERAKULKAIT, C. (1995). Quality indicators in blanched, frozen, stored vegetables. *Food Technology*, 49: 62-65.

6. BEN-AZIZ, A.; GROSSMAN, S.; ASCARELLI, I; BUDOUISKI, P. (1971). Carotene blanching activities of lipoxygenase and heme proteins as studied by a direct spectrophotometric methods. *Phytochemistry*, 10: 1445.
7. BENDER, A. E. (1977). *Nutrición y alimentos dietéticos*. Cap. 2 y 7. Segunda Edición. Publicado por Edit. Acribia. Zaragoza. España.
8. BLANCO, A. (1992). *Química Biológica*. Cap.5. Edit. El Ateneo. Buenos Aires. Argentina.
9. BLOKSMA, A. H. (1984). *The Farinograph Handbook (third Edition)*. Compiled and Edited by Bert L. D'Appolonia & Wallace H. Kunerth. pp 7-12.
10. BOLSA DE CEREALES DE BS. AS. (2003). *Anuario estadístico 2002-2003*. Bs. As.
11. BOOTH, V. H. (1971) Problems in the determination of FDNB – available lysine. *J. Food Sci.* 41: 816 – 820.
12. BUSS, D.; TYLER, H.; BARBER, S.; CRAWLEY, H. (1985). “Manual de Nutrición” Cap. 1-5 y 11. Edit. Acribia. Zaragoza. España.
13. CALVEL, R. (1983). *La Panadería Moderna*. Cap. 1,2 y 3. Publicado por Editorial Américalee SRL. Segunda Edición. Buenos Aires. Cap. 6. Edit. Acribia. Zaragoza (España).
14. CHEFTEL, J. C.; CUQ, J. L.; LORIENT, D. (1989). “Proteínas Alimentarias”. Edit. Acribia. Zaragoza. España.
15. CIMMYT. (1996). *CIMMYT 1995-96 World wheat facts and trends: understanding global trends in the use of wheat diversity and international flows of wheat genetic resources*. México, DF.
16. CLERA Cámara de Legumbres de la República Argentina (2005). *Revista Digital* N° 35 disponible on line en <http://www.clera.com.ar/index2.html>.

17. CRIM, M. C.; MUNRO, H. N. (1988). Proteínas en conocimientos actuales en nutrición. Tomo I. Universidad de Chile INTA. Chile.
18. CURTIS, B. C. (2002). Wheat in the world. Capítulo del libro on line Bread Wheat. FAO Plant Production and Protection Series. Disponible en [www.fao.org/docrep/006/y4011e/y4011e00.htm](http://www.fao.org/docrep/006/y4011e/y4011e00.htm). ISBN 92-5-104809-6.
19. DAPRON, R.; BEAUX, Y. (1969). Sur l'oxidation des acides gras essentiels par la lipoxigenasa in panification et la formation de composés volatils intervenant dans l'arome du pain. C.R. Acad. Sci. 268: 258-260.
20. DAPRON, R.; BEAUX, Y.; CORMIER, M.; GEFFROY, J.; ADRIAN J. (1974). Repercussions de l'action de la lipoxigenasa en panification. Destruction des acides gras essentiels a l'etale des carotenoides et de tocopherols, alternation du gout du pain. Am technol. Agric. 23: 353-365.
21. DAVIDSSON, L.; DIMITRIOU, T.; WALCZYK, T.; HURRELL, R.F. (2001). Iron absorption from experimental infant formulas based on pea-protein isolate: the effect of phytic acid and ascorbic acid. British Journal of Nutrition 85: 59-63.
22. DESHPANDE, S. S. (1992). Food legumes in human nutrition: a personal perspective. Reviews in Food Science and Nutrition 32: 13 –19.
23. DHINGRA, S.; SUDESH, J. (2002). Organoleptic and nutritional evaluation of wheat breads supplemented with soybean and barley flour. Food Chemistry 77 (4): 479-488.
24. DOMENE, S. M. A.; OLIVEIRA, A.C. (1993). The use of nitrogen-15 labeling for the assessment of leguminous protein digestibility. Journal of Nutritional Science and Vitaminology 39: 47-53.
25. ERMETICE DE ALMEIDA COSTA, G.; DA SILVA, K.; MACHADO REIS, S. M. P.; COSTA DE OLIVEIRA, A. (2004). Chemical composition, dietary fiber and resistant starch contents of raw and clogged pea, common bean, chickpea and lentil



- legumes. Food Chemistry. Article in Press, Corrected Prof. doi:10.1016/j.foodchem.2004.11.020.
26. ETTIENNNE, J. J.; DUBOIS, M. (1974). Repercussions d l' action de la lipoxigenasa de la feve sur les caractéristiques de la pate et du pain. Ann Technol. Agric. 23: 335-351.
  27. FAO (1981). Aminoacid content of foods and biological data on proteins. Tercera Ed. Por el Servicio de Ciencia y Política de la Alimentación, Dirección de Nutrición, FAO.
  28. FAO (1990). Human energy requirements: a manual for planners and nutritionists. Oxford. UK.
  29. FAO (1996). Declaración de Roma sobre la seguridad Alimentaria Mundial y Plan de Acción de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación. Roma. Italia.
  30. FAO (2001). FAO Statistics Database. Disponible on line en [www.fao.org](http://www.fao.org).
  31. FAO/WHO (1973). Energy and protein requeriments. Report of a joint FAO/WHO ad hoc expert Committee. World Health Organization Techn. Rep. n° 522, WHO. Geneva.
  32. FAO/WHO/UNU (1985) Energy and protein requirements. Report of a joint FAO/WHU/UNU Expert Consultation. WHO Tech. Rep. Ser. N° 724. Geneva. WHO.
  33. FARVILI, N.; WALKER, C. E.; QAROONI, J. (1994) Effects of Emulsifiers on Pita Bread Quality. Journal of Cereal Science 21: 301 – 308. USA.
  34. FELLOWS P. (1994). Tecnología del procesado de los alimentos: Principios y Prácticas. Edit. Acribia. Zaragoza, España.
  35. FINISH COMPOSITION DATABASE FINELI (2009). National Public Health Institute of Finland. Nutrition Unit. <http://fineli.fi/food.php?foodid=371&lang=en>

36. FLAKE, K. (2005). Quaterly International Trade Report. Wheat. World Situation and Outlook. Disponible en [www.fas.usda.gov/grain/highlights/2005/08-05/3Q\\_Wheat\\_ITR05.pdf](http://www.fas.usda.gov/grain/highlights/2005/08-05/3Q_Wheat_ITR05.pdf).
37. FORMICA, J. V.; REGELSON, W. (1995). Review of the biology of quercetin and related bioflavonoids. *Food and Chemical Toxicology* 33, 1061, citado por Lopez-Amorós et al, 2004.
38. GARDENER, H. W. (1980). Lipid enzymes: Lipases, Lipoxygenases and hydroperoxidases, en *Autoxidation in Foods and Biological Systems*, Ed. Simic M. G. y Karel M. Plenum Press. New York.
39. GARDNER, H. W. (1988). Lipoxygenases pathways in cereals. In Pomeranza y Ed. *Advances in cereal science and technology*. 9: 161-215, Am Assoc Cereal Chem.
40. GARDNER, H. W. (2001). The role of plant-based diets in the treatment and prevention of coronary artery disease. *Coronary Artery Disease*, 12: 553-559.
41. GARROTE, R. L.; SILVA, E. R.; BERTONE, R. A. (2001). Kinetics Parameters for thermal inactivation of cut green beans lipoxygenase calculated using unsteady-state methods. *International Journal of Food Science and Technology* 36: 377 – 385.
42. GARROTE, R. L.; SILVA, E.R.; BERTONE, R.A.; ROA, R.D. (2003). Predicting the end point of a blanching process. *Lebensm.-Wiss.u. Technol.* 37 (2004) 309-315.
43. GATEL, F. (1994). Calidad proteica de las legumbres para los animales no rumiantes. Una revisión de los trabajos impresos. *Ciencia y tecnología de la alimentación animal*. 45: 317-348.
44. GAUSSERÉS, N.; MAHÉ, S.; BENAMOUZIG, R.; LUENGO, C.; FERRIERRE, F.; RAUTUREAU, J.; TOMÉ, D. (1997). (<sup>15</sup> N) Labeled Pea Flour Protein Nitrogen Exhibits Good Ileal Digestibility and Postprandial Retention in Humans. *The Journal of Nutrition* 127; 1160-1165.

45. HANKEY, G. J.; EIKELBOOM, J. W. (1999). Homocysteine and vascular disease. *The lancet* 354, 407-413.
46. HANNIGAN, K. J. (1979). Flour from peas. *Food Engineering Intl.* 4 (2): 22.
47. HULSE, J. H. (1974). Protein Enrichment of Bread and Baked Products. *New Protein foods. Food Science and Technology.* New York.
48. ILDIS (2000). BISBY, F.A.; ZARUCCHI, J.L.; SCHRIRE, B.D.; ROSKOV, Y.R.; WHITE, R.J. ILDIS World Database of Legumes, edition 5. Disponible on line en [www.ildis.org](http://www.ildis.org).
49. IQBAL, A.; KHALIL, I. Q.; ATEEQ, N.; SAYYAR KHAN, M. (2005). Nutritional quality of important food legumes. *Food Chem.* Article in Press. Doi:10.1016/j.foodchem.2005.05.011.
50. IZQUIERDO, J.; DE LA RIVA, G. (2000). Plant biotechnology and food security in Latin America and the Caribbean. *Electronic Journal of Biotechnology* [on line]. 15 Abril de 2000, Vol. 3 N° 1. Disponible en <http://www.ejb.ucv.cl/content/vol3/issue1/full/1/index.html>. ISSN: 0717-3458.
51. JENKINS, D. J. A.; WOLEVER, T. M. S.; VENKETESHWER RAO, A. (1996). Effect of blood lipids of very high intakes of fiber in diets low in saturated fat and cholesterol. *N. Engl. J. Med.* 329: 21.
52. JOVANOVIĆ, S. V.; STEENKEN, S.; HARA, Y.; SIMIĆ, M.G. (1996). Reduction potential of flavonoid and model phenoxyl radicals. Which ring in flavonoids is responsible for anti – oxidant activity? *Journal of Chemical Society* 2, 2497-2504.
53. KALBRENER, J. E.; WARNER, K.; ELDILIDGE, A. C. (1974). Flavors derived from linoleic and linolenic acid hydroperoxides. *Cereal Chem.*, 60: 208.

54. KASARDA, D. D.; NIMMO, C. C.; KOHLER, G. O. (1978). Proteins and the amino acid composition of wheat fractions. Capítulo 6 del libro *Wheat Chemistry and Technology*. Pomeranz Y. Editor. AACC. Minesota. USA.
55. KIHLEBERG, I.; JOHANSSON, L.; KOHLER, A.; RISVIK, E. (2004). Sensory qualities of whole wheat pan bread influence of farming system, milling and baking technique. *Journal of Cereal Science*. 39: 67- 84.
56. KING, D. L.; KLEIN, B. P. (1987). Effect of flavonoids and related compounds on soybean lipoxygenase-1 activity, *Journal of Food Science* 52 (1) 200-221.
57. KLEIN, B. P.; KING, D.; GROSSMAN, S. (1985). Co oxidation reactions of lipoxygenase in plant systems *Free Radical Biol. And Med.* 1: 39.
58. KRUGER J. E., REED G. (1998). *Enzymes and colour in wheat: Chemistry and Technology* Vol. Pomeranz, Y; A.M. Assoc. Cereal Chem. St Paul MN. USA.
59. KUPULAINEN, K. T.; SALONEN, J. T. (1996). *Natural Antioxidant and Food Quality in Atherosclerosis and cancer Prevention*. The Royal Society of Chemistry. Cambridge.
60. LAPPÉ, F. M. (1991). *Diet for a Small Planet*. 20 th Aniv. Ed. Ballantine Books, New York.
61. LATHAM, M. C. (2002). *Nutrición humana en el mundo en desarrollo*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Colección FAO: Alimentación y nutrición N ° 29. Roma.
62. LIENER, T. E. (1983). *Química y bioquímica de las leguminosas*. Componentes tóxicos en las leguminosas. Págs. 217-258. Edward Arnold Publishers Limited. Londres. Citado por Racz.
63. LLOVET VERDUGO, J.; DELGADO CRESPO, D.; MARTÍNEZ VALERO, J. (2000). *Statgraphics Plus 4*. Edic. Anaya Multimedia.

64. LÓPEZ-AMORÓS, M. L.; HERNÁNDEZ, T.; ESTRELLA, I. (2004). Effect of germination on legume phenolic compounds and their antioxidant activity. *Journal of Food Composition and Analysis*.
65. MARIOTTI, F.; MAHÉ, S. L.; BENAMOUZIG, R.; LUENGO, C.; DARÉ, S.; GAUDICHON, C.; TOMÉ, D. (1999). Nutritional Value of (<sup>15</sup> N) – Soy Protein Isolate Assessed from Ileal Digestibility and Postprandial Protein Utilization in Humans. *Journal of Nutrition* 129: 1992-1997.
66. MARQUARDT, R. R.; BELL, J. M. (1988). Futuro potencial de las leguminosas para su empleo en la alimentación animal. *Cultivos Mundiales. Leguminosas Alimenticias de la temporada fresca*. Kluwer Academic Publishers.
67. MC LEAN, L. A.; SOSULSKI, F. W.; YOUNG, C. G. (1974). Efecto del nitrógeno y la humedad en la producción y las proteínas de las arvejas comunes. *Can J. Plant Sci.* 54: 301-305.
68. MC. EWAN, J. (1999). Comparison of sensory panels: a ring trial. *Food Quality and Preference*. 10 (3): 161-171.
69. MILLER, R. A.; HOSENEY, R. C. (1997). Factors in hard wheat flour responsible for reduced cookie spread. *Cereal Chemistry*, 74: 330-335.
70. MONTGOMERY, D. C. (1991). Diseño y Análisis de Experimentos. Métodos y Diseños de Superficie de Respuesta 467-485. Grupo Editorial Iberoamericana. México.
71. MUEHLBAUER, F. J. (1993). Food and Grain Legumes. P 256-265. In J. Janick y J.E. Simon (Eds.) *New crops*. Wiley, Nueva York. Disponible on line en [www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/V2-256.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/proceedings1993/V2-256.html) .
72. MURCIA, M. A.; LOPEZ-AYERRA, B.; GARCIA-CARMONA, F. (1999). Effect of processing methods and different blanching times on brócoli proximate composition and fatty acids. *Lebensmittel-Wissenschaft und –Technologie* 32, 238-243.

73. NEMETH, L. J.; PAULLEY, F. G.; PRESTON, K. R. (1996). Effects of ingredients and processing conditions on the frozen dough bread quality of a Canada Western Red Spring wheat flour during prolonged storage. *Food Research International*, 29 (7), pp 609-616.
74. NEWMAN, R. K.; ORE, K.C.; ABBOT, J.; NEWMAN, W. (1998). Fiber Enrichment of Baked Products with a Barley Milling Fraction. *Cereal Food World* Vol. 43 (1): 23-25.
75. NICOLAS, J.; DAPRON, R. (1983). Lipoxygenase and some related enzymes in breadmaking. In *lipids in Cereal technology*. Barnes P.J. ed Academic Press, London, 213-236.
76. NIELSEN, M. A.; SUMMER, A. K. L; WHALLEY, L. L. (1980). Fortification of Pasta with Pea Flour and Air-Classified Pea Protein Concentrate. *Cereal Chemistry* 57 (3): 203-206.
77. OELKE, E. A.; OPLINGER, E. S.; HANSON, C.V.; DAVIS, D.W.; PUTNAM, D. H.; FULLER, E. L.; ROSEN, C. J. (1991). Dry Field Pea en *Alternative Field Crops Manual*. Disponible on line en [www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/drypea.html](http://www.hort.purdue.edu/newcrop/afcm/drypea.html).
78. ONEMA, S. (2001). La seguridad alimentaria en los hogares. FAO RLC.
79. ORDOÑEZ, J. A.; CAMBERO, M. I.; FERNÁNDEZ, L.; GARCÍA, M. L.; GARCÍA DE FERNANDO, G.; DE LA HOZ, L.; SELGAS, M. D. (1998). *Tecnología de Alimentos*. Vol. I. Cap. 2-6. Edit. Síntesis. Madrid.
80. OSELLA, C. A.; SANCHEZ, H. D.; DE LA TORRE, M. A. (2007). Effect of dough water content and mixing conditions on energy imparted to dough and bread quality. *Cereal Food World*. 52 (2): 70–73.
81. PARDÓ, L.; CERVERA, P. (2003). Alimentaciones vegetarianas en la infancia y adolescencia. *Revista Pediátrica Integral* VII (5): 364-372. Sociedad española de pediatría.

82. PEÑA, R. J. (2002). Wheat for bread and other foods en Bread Wheat. Improvement and Production. Curtis, B. C.; Rajaram, S.; Gómez Macpherson, H. Edit. Disponible en <http://www.fao.org//d.ocrep/006/y4011e/y4011e00.htm>.
83. PEREZ, R. S. (2005). Optimización de una fórmula para elaborar galletitas dulces enriquecidas en proteínas de consumo potencial en comedores escolares. Tesis para la obtención del grado de Magíster en Cs. y Tecnología de Alimentos UNL. Santa Fe.
84. PEREZ-HIDALGO, M. A.; GUERRERA-HERNANDEZ, E.; GARCIA-VILLANOVA, B. (1997). Dietary Fiber in Three Raw Legumes and Processing Effect on Chick Peas by an Enzymatic-Gravimetric Method Journal of Food Composition and analysis 10: 66-72.
85. POMERANZ, J. (1988). Wheat Chemistry and Technology. AACC. USA.
86. POMERANZ, Y. (1980). Cereals and Cereal Products. Capítulo 6 del libro Quality Control for the food industry. 3° Edic. Vol. 2 Applications. Edit. Por Kramer A y Bernard A. Avi Publishing Company. Connecticut. USA.
87. POTTER, N. (1980). Bread Producing Operations 27-29. Cereal Grains, Legumes and Oilseed 505-513 Some Principles of Baking 521-541. Food Science Third Edition. Avi Publishing Company, Westport, Connecticut.
88. PYLER, E. J. (1973). Baking Science and Technology. Siebel Publishing Company, Chicago EEUU p 891-895.
89. QUAGLIA, G. (1991). El trigo. Capítulo 1 del libro “Ciencia y tecnología de la panificación”. Publicado por Edit Acribia. Zaragoza. España.
90. RACZ, V. J. (1997). Composición Nutricional de la Arveja forrajera. Guía de la Industria Forrajera. Pulse Canadá. 2° Edic. Editado por Hickling D., Publicado por el Instituto Canadiense Internacional de Granos.

91. RAIDL, M. A.; KLEIN, B. P. (1983). Effects of Soy Field Pea Flour Substitution on Physical and Sensory Characteristics of Chemically Leavened Quick Breads. *Cereal Chem.* 60 (5) pp 367-370.
92. REBOUCHE, C. J. (1992). Carnitine function and requirements during the life cycle. *FASEB J.* 6, 3379-3386.
93. REDDY, M. R.; SATHE, S. K.; SALUNKLE, D. K. (1982). Investigación avanzada de los alimentos, 28:1-92.
94. REGLAMENTACIONES SOBRE EL COMERCIO DE GRANOS. Cámara Gremial de Cereales de La Bolsa de Comercio, Bs. As.
95. REPETSKY, J. A.; KLEIN, B.P. (1981). Partial replacement of wheat flour with yellow field pea flour in white pan bread. *J. Food Sci.* 47:326.
96. RHONE-POULENE (1993). *Nutrición Animal. Guía para la nutrición.* Rhodimed. Sexta Edición.
97. RIBOTTA, P.; MORCILLO, M.; LEÓN, A. (1999). Efecto de distintos oxidantes sobre la calidad de panes elaborados por el método tradicional argentino. *Agriscientia* 16: 3-10.
98. ROMERO, R.; ZÚNICA, L. (1996). *Estadística (Proyecto PIE) Cap. 8 y 9.* SPUPV.
99. SALVADOR CASTELL, G.; BULTÓ SAGNIER, L. (2001). *Larrouse de la dietética y la nutrición. Cap. 2.* Edit. Spes. Barcelona. España.
100. SANCHEZ, H. D.; OSELLA, C. A.; DE LA TORRE, M. A. (2002). Optimization of Gluten – free bread prepared from cornstarch, rice flour and cassava starch. *Journal of food science* vol. 67, (1): 416-419.
101. SANCHEZ, H. D.; OSELLA, C. A.; DE LA TORRE, M. A. (2003). Use of Response Surface methodology to optimize gluten – free bread fortified with soy flour and dry milk. *Food Sci Tech Int.* 2004, 10 (1): 0005-5.



102. SECRETARÍA DE AGRICULTURA, GANADERÍA, PESCA Y ALIMENTOS. (2007). Estimaciones agrícolas. Arveja. Argentina.
103. SHELLENBERGER, J. A (1978). Production and Utilization of Wheat. Wheat Chemistry and Technology. Editado por Pomeranz Y. AACC. Minesota. USA.
104. SLINKARD, A. E. (1997). Producción de Arvejas en Canadá, Arvejas Canadienses. Guía de la Industria Forrajera. Pulse Canadá. 2° Edic. Editado por Hickling D., Publicado por el Instituto Canadiense Internacional de Granos.
105. SLUIMER, P. (2005). Principles of bread making. Functionality of Raw Materials and Process steps. AACC. Minesota. EEUU.
106. SMARTT, J. (1990). Pulses of the classical world, p. 190-198. In: R.J. Summerfield and E.H. Ellis (Eds.). Grain legumes: evaluation and genetic resources. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
107. SOSULSKI, F.W.; WU, K. K. (1988). High - Fiber Breads Containing Field Pea Hulls, Wheat, Corn and Wil Oat Brans. Cereal Chem. 65 (3): 186-191.
108. STAUB, H.W.; MARDONES, B.; SHAH, N. (1983). Modern dietary fiber product development and nutrient bioavailability. Dietary fiber. Birch G.G. and Parker K.J. editors. Applied Science Publishers. New York. USA.
109. SUAREZ LOPEZ, M. M.; KIZLANSKY, A.; LÓPEZ, L. B (2006). Evaluación de la calidad de las proteínas en los alimentos calculando el escore de aminoácidos corregido por digestibilidad. Nutrición Hospitalaria, 21: 47-51.
110. SURREY, K. (1964). Exspectrophotometric method for determination of lipoxidase activity. Plant Physiology 39: 65-70.
111. TONÉ-POULENE (1993). Nutrición Animal. Guía para la Nutrición Rhodimet. Sexta Edición.

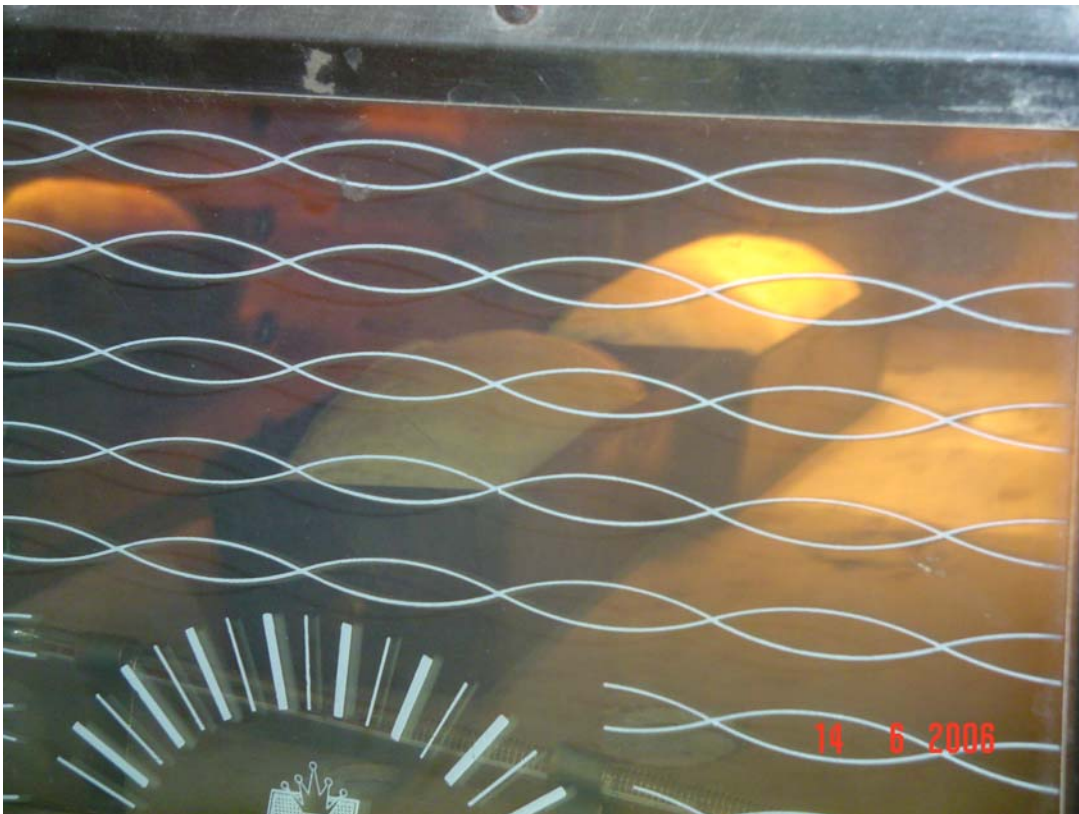
112. TOSI, E. A.; RÉ, E. D.; MASCIARELLI, R.; SANCHEZ, H. D.; OSELLA, C. A. y DE LA TORRE, M. A. (2002). Whole and Defatted Hyperproteic Amaranth Flours Tested as Wheat Flour Supplementation in Mold Breads. *Lebensm.* 35: 472-475.
113. URBANO, G.; ARANDA, P.; VILCHEZ, A.; ARANDA, C.; CABRERA, L.; PORRES, J. M.; LÓPEZ-JURADO, M. (2005 b). Effects of germination on the composition and nutritive value of proteins in *Pisum sativum*, L. *Food Chemistry*. Vol. 93 (4): 671-679.
114. URBANO, G.; LÓPEZ JURADO M.; FREJNAGEL, S.I.; GOMEZ-VILLALBA, E.; PORRES, J.M.; FRIAS, J.; VIDAL-VALVERDE, C.; ARANDA, P. (2005 a). Nutritional assessment of raw and germinated pea protein and carbohydrate by in vitro and in vivo techniques. *Nutrition*. 21(2): 230-239.
115. USDA (1998). Wheat production up sharply, global stocks building in 1997/1998. *Wheat Yearbook*, Economic Research Service/ USDA. pp 14-15.
116. WALKER, A. R. P. (1993). Does the dietary fiber hypothesis really “work”? *Cereal Food World* 38 (3) 128-133.
117. WANG, J.; ROSELL, C. M.; BENEDITO DE BARBER, C. (2002). Effect of the addition of different fibers on wheat dough performance and bread quality. *Food Chemistry* 79: 221-226.
118. WEEGELS, P. L.; HAMER, R. J.; SCHOFIELD, J. D. (1996). Critical review: functional properties of wheat glutenin. *J. Cereal Science*. Vol. 23 p 1-18.
119. WHITAKEN (1991). Lipoxigenases. Robinson DS, Eskin N.A.M. (Eds.) *Oxidative enzymes in foods*. 175-215, Elsevier App., Sci London.
120. WHITEHEAD, R. H. (1986). Effect of short chain fatty acids on a new human colon carcinoma cell line (LIM 1215). *Gut*, 27: 1457-1463.

121. WILLIAMS, D. C.; LIIM M.H. CHEN, A. O.; PANGBORN, R. M.; WHITAKER J. R. L. (1986). Blanching of vegetables for freezing – which indicator enzyme to choose. *Food Technology* 40: 130-140.
122. YALUNGO, Y. (2006). Informe sobre la campaña triguera 2004-2005. Publicado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos República Argentina. Disponible en Internet en <http://www.sagpya.mecon.gov.ar>.
123. YALUNGO, Y. (2007). Informe sobre la campaña triguera 2006. Publicado por la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos República Argentina. Disponible en Internet en <http://www.sagpya.mecon.gov.ar>.
124. ZWART, F. J.; SLOW, S.; PAYNE, R. J.; LEVER, M.; GEORGE, P. M.; GERRARD, J. A.; CHAMBERS, S. T. (2003). Glycine betaine and glycine betaine analogues in commons foods. *Food chemistry* 83: 197-204.

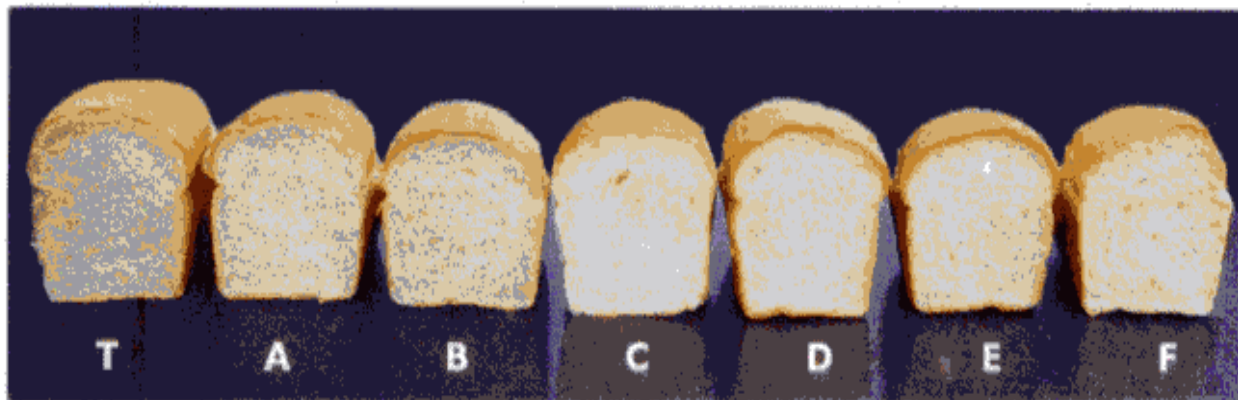
**ANEXO**

## IV. ANEXO

### IV.1. Fermentación de los panes



#### IV.2. Panes realizados para el estudio del efecto de la inactivación de la enzima lipoxigenasa sobre las características sensoriales



**T** : Testigo

**A** : Arveja 5% - Sin tratamiento

**B** : Arveja 5% - 1 minuto

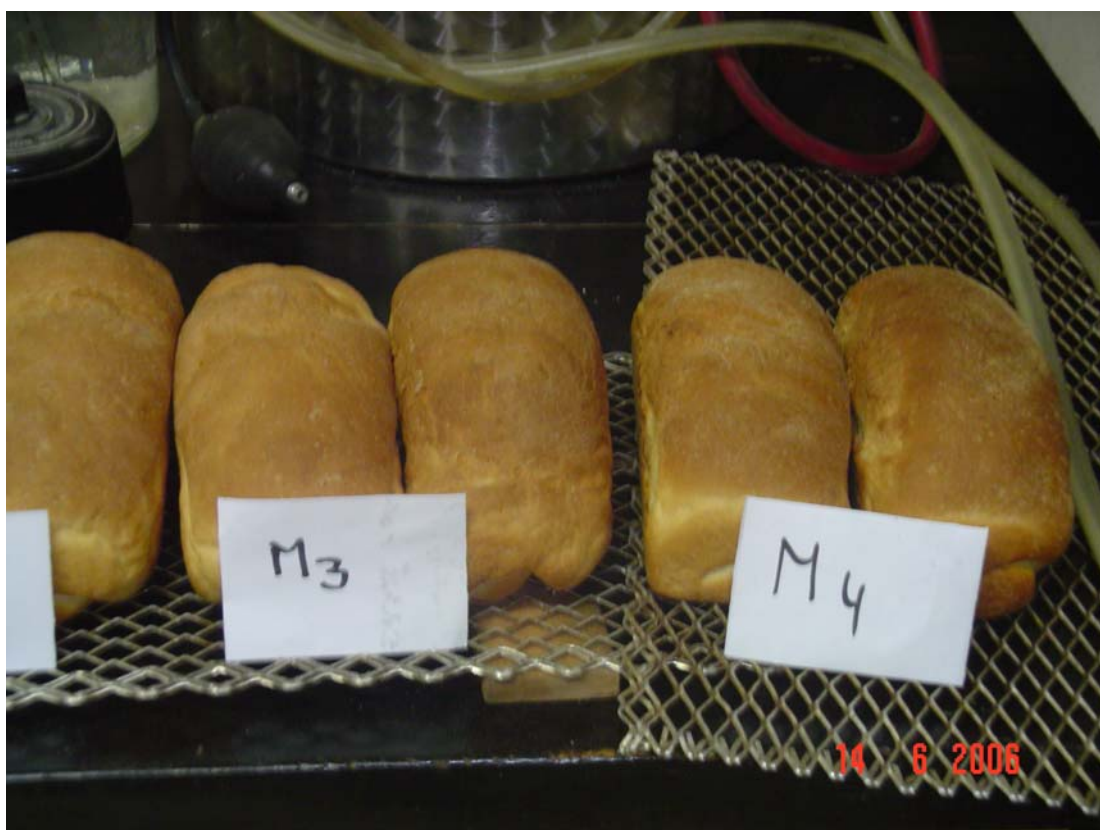
**C** : Arveja 5% - 1.5 minutos

**D** : Arveja 15% - Sin tratamiento

**E** : Arveja 15% - 1 minuto

**F** : Arveja 15% - 1.5 minutos

### IV.3. Panes de experiencias finales









**V.4. Pan óptimo (10% harina de arveja con aditivos) en comparación con testigo (10 % harina de arveja sin aditivos)**

