



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL LITORAL**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA 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** ·

**“OBTENCIÓN Y FORMULACIÓN DE UNA BEBIDA EN  
BASE DE GRANOS DE AMARANTO”**

Autor:

**Ing. Edgar Mario Soteras**

Director:

**Dr. Carlos R. Carrara**

Codirector:

**Ing. Oscar Andrich**

Jurados:

**Dra. Roxana Andrea Verdini**

**Dra. Maria Laura Olivares**

**Ing. Carlos Meinardi**

**Realizada en el Instituto de Tecnología de Alimentos-FIQ-UNL**

**-2011-**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Quiero agradecer a la Facultad de Ingeniería y Ciencias Económico Sociales (UNSL) por el apoyo económico brindado, en especial a la Ing. Myriam Grzona por toda su atención y sostén, y a la Facultad de Ingeniería Química (UNL), en particular a mi director Dr. Carlos R. Carrara y mi codirector Ing. Oscar Andrich, quienes con su paciencia y ayuda, contribuyeron en el desarrollo de esta tesis.*

*Además deseo expresar mi profundo agradecimiento a mis familiares, novia y amigos quienes me acompañaron, contuvieron y ayudaron en todo momento incondicionalmente, a todos ellos muchas gracias.*

---

**ÍNDICE**

<b>RESUMEN.....</b>	<b>XV</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Aspectos generales.....	2
1.2. Aspectos relevantes de los componentes del Amaranto.....	5
1.1.1. Fracción amilácea.....	5
1.1.2. Composición proteica.....	6
1.1.3. Fracción lipídica.....	10
1.1.4. Otros compuestos presentes en la semillas de amaranto.....	12
1.1.4.1. Compuestos antioxidantes.....	12
1.1.4.2. Otros Carbohidratos.....	14
1.1.4.3. Contenido de minerales y vitaminas.....	15
1.1.4.4. Componentes antinutricionales .....	16
1.3. Productos líquidos en base a semillas.....	17
1.3.1. Leche de soja.....	19
1.3.2. Métodos de obtención de Leche de soja.....	22
1.3.2. Elaboración de Leche de Amaranto, antecedentes. ....	26
1.4. Aspectos sensoriales de las bebidas.....	27
1.4.1. Tipos de pruebas usadas en el análisis sensorial.....	29
1.4.2. Conceptos y características en el análisis sensorial.....	30
1.4.3. Características reológicas y aspectos a tener en cuenta en el análisis sensorial.....	32
1.4.1. Influencia de la adición de hidrocoloides en la textura.....	34

---

<b>2. OBJETIVOS.....</b>	<b>36</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>37</b>
3.1. Materiales.....	37
3.2. Procedimientos de obtención de una bebida en base a granos de amaranto.....	38
3.2.1. Molienda seca de los granos de amaranto.....	38
3.2.2. Molienda en húmedo de los granos de amaranto.....	40
3.2.3. Homogenización y filtración.....	40
3.2.4. Tratamiento térmico.....	40
3.2.5. Adición de hidrocoloides estabilizantes.....	41
3.2.6. Formulación final.....	41
3.3. Determinaciones analíticas y de propiedades.....	42
3.3.1. Caracterización fisicoquímica.....	42
3.3.1.1. Determinaciones de humedad y sólidos totales.....	42
3.3.1.2. Determinación de Grasas.....	42
3.3.1.3. Determinación de proteínas.....	43
3.3.1.4. Determinación de cenizas.....	43
3.3.1.5. Determinación fibra cruda.....	43
3.3.1.6. Determinación de compuestos fenólicos totales.....	44
3.3.1.7. Determinación de actividad antioxidante.....	44
3.3.1.8. Determinaciones amilográficas.....	44
3.3.1.9. Capacidad de hidratación de los granos.....	45
3.3.1.10. Distribución de tamaños de partícula.....	46

---

3.3.1.11. Determinación del comportamiento reológico.....	46
3.3.1.12. Determinación de estabilidad de las suspensiones.....	47
3.4. Determinaciones sensoriales.....	48
3.4.1. Análisis sensoriales preliminares.....	48
3.4.2. Análisis sensoriales de aceptabilidad: Pruebas hedónicas.....	49
3.5. Análisis estadístico y herramientas gráficas.....	50
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>51</b>
4.1. Caracterización de las semillas de amaranto y de su harina.....	51
4.1.1. Composición de la harina de amaranto obtenida por molienda seca.....	51
4.1.2. Comportamiento de la harina de amaranto a la cocción: Amilogramas.....	51
4.1.3. Análisis granulométrico de la harina obtenida por molienda seca.....	53
4.1.4. Ensayo de hidratación de las semillas.....	54
4.2. Obtención de las suspensiones base.....	55
4.2.1. Obtención de las suspensiones base por molienda seca.....	55
4.2.2. Obtención de las suspensiones base por molienda húmeda.....	56
4.2.3. Concentración de sólidos y rendimiento de extracción de los procesos de MS y MH.....	57
4.3. Reología de las suspensiones.....	57
4.3.1. Reología de las suspensiones obtenidas por molienda seca.....	58
4.3.2. Reología de las suspensiones obtenidas por molienda húmeda.....	62
4.4. Análisis de estabilidad de las suspensiones.....	66
4.4.1. Estabilidad de las suspensiones obtenidas por molienda seca.....	67
4.4.2. Estabilidad de las suspensiones obtenidas por molienda húmeda.....	67
4.5. Composición de la bebida obtenida por el método seleccionado.....	77

---

4.6. Análisis sensorial.....	78
4.6.1. Análisis sensoriales primarios.....	78
4.6.2. Ensayos de formulación.....	81
4.6.2.1. Adición de azúcar.....	81
4.6.2.2. Selección de esencias aromatizantes/saborizantes.....	81
4.6.3. Análisis sensoriales de aceptabilidad.....	82
<b>5. CONCLUSIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>90</b>

---

**ÍNDICE DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Esquema de obtención de la bebida a base de semillas de amaranto.....	39
<b>Figura 2.</b> Principio de funcionamiento del Turbiscan Classic.....	47
<b>Figura 3.</b> Amilogramas de harina de Amaranto a distintas concentraciones, la línea punteada muestra los rangos de temperaturas trabajados. ....	53
<b>Figura 4.</b> Análisis granulométrico de harina de Amaranto, utilizando tamices de la serie normalizada de Tyler (ensayo realizado por duplicado).....	54
<b>Figura 5.</b> Ensayo de hidratación de granos de amaranto.....	55
<b>Figura 6.</b> Comportamiento reológico de la MS, comparación de las suspensiones a distintos sólidos iniciales, con y sin tratamiento térmico y de la bebida de soja Ades.....	59
<b>Figura 7.</b> Comportamiento reológico de la MS-5% CTT, con agregado de Carr. (0,02 y 0,05 %) y de la bebida de soja Ades.....	60
<b>Figura 8.</b> Comportamiento reológico de la MS-5% CTT, con agregado de GG (0,02 y 0,05 %) y de la bebida de soja Ades.....	60
<b>Figura 9.</b> Comportamiento reológico de la MS-5% CTT, con agregado de GX (0,02 y 0,05 %) y de la bebida de soja Ades.....	61
<b>Figura 10.</b> Comportamiento reológico de la MH con y STT, y de la bebida de soja Ades.....	63
<b>Figura 11.</b> Comportamiento reológico de la MH-5% CTT, con agregado Carr. (0,02 y 0,05 %) y de la bebida de soja Ades.....	64
<b>Figura 12.</b> Comportamiento reológico de la MH-5% CTT, con agregado de GG (0,02 y 0,05 %) y de la bebida de soja Ades.....	64
<b>Figura 13.</b> Comportamiento reológico de la MH-5% CTT, con agregado de GX (0,02 y 0,05 %) y de la bebida de soja Ades.....	65

---

<b>Figura 14.</b> Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MS STT.....	69
<b>Figura 15.</b> Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MS CTT.....	69
<b>Figura 16.</b> Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MS CTT con 0,02% de Carr.....	70
<b>Figura 17.</b> Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MS CTT con 0,05% de Carr.....	70
<b>Figura 18.</b> Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MS CTT con 0,02% de GG.....	71
<b>Figura 19.</b> Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MS CTT con 0,05% de GG.....	71
<b>Figura 20.</b> Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MS CTT con 0,02% de GX.....	72
<b>Figura 21.</b> Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MS CTT con 0,05% de GX.....	72
<b>Figura 22.</b> Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MH STT.....	73
<b>Figura 23.</b> Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MH CTT.....	73
<b>Figura 24.</b> Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MH CTT con 0,02% de Carr.....	74
<b>Figura 25.</b> Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MH CTT con 0,05% de Carr.....	74
<b>Figura 26.</b> Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MH CTT con 0,02% de GG.....	75
<b>Figura 27.</b> Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MH CTT con 0,05% de GG.....	75



**Figura 28.** Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MH CTT con 0,02% de GX.....76

**Figura 29.** Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MH CTT con 0,05% de GX.....76

**Figura 30.** Gráfico de frecuencias absolutas correspondientes a cada grado de gusto.....85

---

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1.</b> Composición química (%) de almidones de amaranto <sup>a</sup> (Hoover <i>et al.</i> , 199).....	7
<b>Tabla 2.</b> Composición aminoacídica (g de aminoácido/100 g de proteína) y escore químico de <i>A. mantegazzianus</i> (Castel, 2010) en comparación con el patrón de aminoácidos esenciales de la FAO/WHO (1991) y datos bibliográficos.....	8
<b>Tabla 3.</b> Composición de ácidos grasos y escualeno de harina de <i>Amaranthus cruentus</i> (Escudero <i>et al.</i> , 2004).....	12
<b>Tabla 4.</b> Contenido de minerales del grano de amaranto (Becker <i>et al.</i> , 1981 <sup>a</sup> ; Sánchez Marroquín, 1983; Saunders y Becker, 1984 <sup>b c</sup> ).....	15
<b>Tabla 5.</b> Contenido de vitaminas del grano de amaranto (mg/100g) (Becker <i>et al.</i> , 1981 <sup>a</sup> ; Sánchez Marroquín, 1983; Saunders y Becker, 1984 <sup>b</sup> ).....	16
<b>Tabla 6.</b> Factores antinutricionales de harina de <i>Amaranthus cruentus</i> (Escudero <i>et al.</i> , 2004).....	17
<b>Tabla 7.</b> Composición nutricional aproximada de leches de soja, vacuna y materna. (Bianco, 2008).....	21
<b>Tabla 8.</b> Cuadro comparativo de los procesos de elaboración de “leche de soja” <sup>a</sup> .....	25
<b>Tabla 9.</b> Composición centesimal de semillas de Amaranto <i>A. Mantegazzianus</i> y comparación con <i>A.Cruentus</i> y <i>A.Hypochondriacus</i> .....	51
<b>Tabla 10.</b> Parámetros característicos de las curvas amilográficas.....	53
<b>Tabla 11.</b> Análisis de sólidos totales y rendimiento de extracción (promedio de dos corridas).....	57
<b>Tabla 12.</b> $\eta_{ap}$ a $\gamma = 50 \text{ s}^{-1}$ para los ensayos de MS.....	62
<b>Tabla 13.</b> $\eta_{ap}$ a $\gamma = 50 \text{ s}^{-1}$ para los ensayos de molienda húmeda.....	66

---

<b>Tabla 14.</b> Comparación de las velocidades sedimentación/clarificación (Vs/c) (mm/días) para la MS y MH de los testigos con y sin tratamiento térmico con respecto a los agregados de hidrocoloides.....	77
<b>Tabla 15:</b> Composición g/100 ml de la bebida obtenida en base a semillas de amaranto y en comparación con la “leche de soja” marca Ades.....	77
<b>Tabla 16.</b> Comparación de las características sensoriales primarias de la suspensiones obtenidas por MS-5% y MH-5%, y con el agregado de los hidrocoloides con respecto a la bebida comercial Ades.....	80
<b>Tabla 17.</b> Resultados del ensayo sensorial de aceptabilidad.....	83
<b>Tabla 18.</b> Expresiones utilizadas para describir aroma, flavor y textura del producto.....	86

---

**ABREVIATURAS Y SIMBOLOS**

A.	Amaranthus
Ác.	Ácido
ADN	Ácido desoxirribonucleico
AG	Ácido graso
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
ASTM	American Society for Testing and Materials
aw	Actividad de agua
bH	Base Húmeda
bS	Base Seca
BS	BackScattering o retrodispersión
Carr.	Carragenina
CO <sub>2</sub>	Anhídrido Carbónico o dióxido de Carbono.
CuSO <sub>4</sub>	Sulfato de cobre
CTT	con Tratamiento Térmico
C <sub>4</sub>	Reacciones bioquímicas de fijación del carbono proveniente del CO <sub>2</sub> atmosférico.
EAG	equivalentes de ácido gálico
E.Q.	Escore Químico
ET	equivalentes de Trolox
<i>et al.</i>	y otros.
etc.	etcétera
EUA	Estados Unidos de América
Factor N	Factor de Nitrógeno

---

FAO/WHO	Food and Agriculture Organization/ <a href="#">World Health Organization</a>
GG	goma Garrofin
GX	goma Xántica
HCl	Ácido Clorhídrico
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Ácido Sulfúrico
I <sub>2</sub>	Iodo
k	Índice de consistencia
MH	Molienda Húmeda
MH-CTT	Molienda Húmeda con Tratamiento Térmico
MH-Carr.	Molienda Húmeda con agregado de Carragenina
MH-GG	Molienda Húmeda con agregado de goma Garrofin
MH-GX	Molienda Húmeda con agregado de goma Xántica
MH-STT	Molienda Húmeda sin Tratamiento Térmico
MH-5% CTT	Suspensión al 5% de sólidos obtenida por Molienda Húmeda con Tratamiento Térmico
MS	Molienda Seca
MS-CTT	Molienda Seca con Tratamiento Térmico
MS-Carr.	Molienda Seca con agregado de Carragenina
MS-GG	Molienda Seca con agregado de goma Garrofin
MS-GX	Molienda Seca con agregado de goma Xántica
MS-STT	Molienda Seca sin Tratamiento Térmico
MS-5% CTT	Suspensión al 5% de sólidos obtenida por Molienda Seca con Tratamiento Térmico

---

MS-6% CTT Suspensión al 6% de sólidos obtenida por Molienda Seca con Tratamiento Térmico

MS-7% CTT Suspensión al 7% de sólidos obtenida por Molienda Seca con Tratamiento Térmico

n Índice de comportamiento

N Normal

NaOH Hidroxido de sodio

Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> Sulfato de sodio

N. D. No determinado

ND No Detectado

Nº Número

p/p Peso en peso

R<sup>2</sup> Coeficiente de determinación

Sat./Insat. Saturado/Insaturado

Sól. Tot. Sólidos Totales

Sól. inic. Sólidos iniciales

STT sin Tratamiento Térmico

TACC Trigo, Avena, Cebada, Centeno

TIU Unidad de inhibidores de tripsina

Tr Tiempo de retardo

Temp. Temperatura

TT Tratamiento Térmico

UB Unidades Brabender

UNAM Universidad Nacional Autónoma de México

---

Vs/c	Velocidad sedimentación/clarificación
v/v	Volumen en volumen

**LETRAS GRIEGAS**

$\lambda_{air}$	Longitud de onda aproximada al infrarrojo
$\sigma$	Esfuerzo de corte
$\eta_{ap}$	Viscosidad aparente
$\gamma$	Velocidad de deformación

**UNIDADES**

°C	Grado centígrados
cm	centímetros
cmg	Gramos por centímetro segundo
g	Gramos
ha/has	Hectárea/Hectáreas
hr.	Horas
Kcal (Cal)	Kilocalorías
Kg/cm <sup>2</sup>	Kilogramos por centímetro cuadrado
min.	Minutos
mg.	Miligramos
mg eq.	Miligramos de equivalente
ml	Mililitros
mm.	Milímetros
μg	Microgramo

$\mu\text{m}$	Micrómetros
nm	Nanometros
Pa.s	Pascales por segundo
s	segundos
rpm	Revoluciones por minuto



---

**RESUMEN**

En los últimos años se ha incrementado el interés por la semilla de amaranto dado sus características nutricionales, mayor concentración y calidad de proteínas en comparación con otros cereales, pudiéndose consumir de diversas maneras. En el presente trabajo se buscó la obtención y formulación un alimento líquido en base a semillas de *Amaranthus mantegazzianus*. Para ello, se ensayaron dos métodos de obtención que se diferenciaron en sus etapas iniciales: uno de ellos se llevó a cabo por la molienda seca (MS) de los granos, seguida de una hidratación y suspensión en agua. El otro método consistió en una molienda húmeda (MH), con previa hidratación de los granos. Las suspensiones obtenidas por ambos métodos, en forma independiente, luego fueron tratadas en un homogeneizador de planta piloto y filtradas para separar las partículas de mayor tamaño y restos de cáscara. Finalmente se reguló la concentración de sólidos secos y se sometió a un tratamiento térmico (TT) a 80°C por 30 minutos. Con estos procedimientos se obtuvieron las suspensiones base; además se agregaron hidrocoloides estabilizantes como Carragenina (Carr.), goma Garrofin (GG) y goma Xántica (GX), en dos niveles de concentración (0,02 y 0,05 %), azúcar y saborizantes. Las distintas muestras se caracterizaron por medio de un reómetro HAAKE RS80-Rheo stress por ensayos rotacionales y se determinó la velocidad de sedimentación en un equipo Turbiscan Classic. Finalmente las muestras fueron sometidas a distintos análisis químicos y sensoriales. Los resultados se compararon con los obtenidos con una leche de soja comercial.

Durante el desarrollo del trabajo experimental se obtuvieron los siguientes resultados: Las suspensiones obtenidas por ambos métodos tuvieron similar proporción de residuo en la filtración (del 3,5 al 4,5%). El tratamiento térmico (TT) y la adición de

hidrocoloides a las suspensiones mostraron cambios apreciables, tanto en la viscosidad como en la estabilidad, debidos principalmente a la gelatinización del almidón. Todas las muestras caracterizadas reológicamente mostraron un marcado comportamiento pseudoplástico (Índice de comportamiento de flujo  $n < 1$ ). La velocidad de sedimentación para los ensayos de MH fue menor que para la MS, tanto para las suspensiones sin TT como para las con TT, pero todos los ensayos en general mostraron desestabilización en un periodo de 15 días. La muestra con mejores características fue la obtenida por MH con un 5% de sólidos y con una concentración de GX del 0,05%, la misma no se desestabilizó visiblemente durante un período de 15 días. En el balance de la MH se verificó la retención del 84,6% de las proteínas, el 96,5% de los lípidos y el 72,5% de las fibras con respecto a la composición de la semilla original. El contenido de compuestos fenólicos de la bebida obtenida por MH fue 0,42 mg eq. de ácido gálico/ml de muestra y la capacidad antioxidante de la misma resultó ser 0,07 mg eq. de Trolox/ml de muestra. El análisis sensorial descriptivo para esta muestra también resultó favorable, con características similares a la leche de soja comercial, pudiéndose describir como un líquido semi-viscoso, de gusto un poco amargo y astringente, aroma vegetal suave y color levemente pardo. Esta caracterización sensorial determinó que el principal factor limitante de aceptabilidad fue el gusto amargo astringente. Ello llevó a ensayar y evaluar diversas formulaciones, determinándose la conveniencia de incorporar un 10 % de azúcar, a seleccionar tres esencias (vainilla/chocolate, naranja y lima-limón) y a fijar sus respectivas dosis. Como resultado de una evaluación sensorial masiva se determinó la esencia Naranja como la de mayor aceptabilidad.

## 1. INTRODUCCIÓN

El potencial nutritivo del grano de amaranto fue reconocido por culturas americanas como la Azteca, Inca y Maya. Era consumido por estas civilizaciones americanas juntamente con maíz y poroto. Sin embargo, por estar ligado a rituales religiosos fue prohibido por los españoles al conquistar América (Becerra, 2000; Kigel, 1994). Esta situación se mantuvo durante siglos y la consecuencia fue la desaparición del mismo como fuente de alimentación en ciertas regiones. En las últimas décadas, no sólo se ha cultivado en México y América Central sino también se expandió por América Latina, Asia, Europa y algunos países de África (Escudero et al., 2004). Actualmente el principal productor es China con 150 mil has cultivadas, seguida por India y Perú (1.800 has), México (900 has) y Estados Unidos (500 has).

En Argentina se lo cultivo principalmente en el noroeste en pequeñas parcelas, pero se han desarrollado programas a la promoción de su cultivo como en el Inta de Anguil de la provincia de La Pampa. Y también se encuentra productores en las provincias de Córdoba, San Luis, y Santa Fe, en la localidad de Reconquista.

El crecimiento acelerado de la población durante los últimos 50-60 años y la escasez de alimentos en determinadas regiones del mundo han impulsado al hombre a buscar alternativas viables y con potencial nutricional suficiente para solucionar el problema alimentario. En ese contexto, en el Congreso Mundial convocado en 1979 por la National Academy of Science de los Estados Unidos y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) se incluyó al amaranto en la lista de las 23 plantas que pueden ser usadas para mejorar la nutrición y la calidad de vida de las personas en zonas tropicales, por su alto valor nutritivo, aprovechamiento integral del vegetal, brevedad de su ciclo de cultivo y capacidad de crecer en condiciones adversas. A partir de entonces se han realizado exhaustivas investigaciones

sobre sus características agronómicas y nutricionales, confirmando su enorme potencial como fuente de alimento de alta calidad (Becker *et al.*, 1981; Betschart *et al.*, 1981; Irving *et al.*, 1981; Sánchez Marroquín, 1983; Saunders y Becker, 1984; Early, 1986; Nieto, 1990; Breene, 1991; Covas, a y b 1994; Masoni y Ercoli, 1994; Troiani *et al.*, 1998; Becerra, 2000; Pantanelli, 2001). Al mismo tiempo se acentuó la atención de los consumidores de productos naturales y vegetarianos sobre el amaranto, con requerimientos concretos del mercado europeo, asiático y norteamericano, los que también fueron factores decisivos en el aumento del área cultivada y su expansión al resto de América, Europa, Asia y algunos países de África (Escudero *et al.*, 2004).

En Argentina, el área potencial de cultivo de amaranto comprende las provincias de Jujuy, Salta, Santiago del Estero, Córdoba, este de La Pampa y oeste de Buenos Aires. Las especies que se adaptan a la región semiárida pampeana son principalmente *A. mantegazzianus* y *A. hypochondriacus*. Prácticamente no hay datos concretos sobre superficie cultivada y producción en Argentina; únicamente se encontraron referencias parciales como: registros de 114, 1604 y 468 kilogramos de amaranto orgánico certificado en los años 1998, 1999 y 2000 respectivamente y una exportación de 23 toneladas a Alemania en 1996 (Pantanelli, 2001).

### **1.1. Aspectos generales**

El amaranto es un pseudocereal originario de América Central, muy común en la dieta de América precolombina. En las últimas décadas su cultivo despertó beneficio en varios continentes del mundo (Escudero *et al.*, 2004). Este beneficio fue y es motivado por el elevado potencial del amaranto como fuente de nutrientes (Coelho, 2006).

Por otra parte, el interés del consumidor en el eje dieta-salud ha generado una demanda creciente de productos que además de sus propiedades nutritivas contenga

componentes que favorezcan la salud, la capacidad física y el estado mental de una persona.

En este sentido, el amaranto presenta un interés excepcional debido a sus efectos nutricionales y sobre la salud que provienen de su consumo (Coelho, 2006). Por ejemplo: numerosos estudios han demostrado que la fracción lipídica y/o los péptidos bioactivos del mismo presentan propiedades hipocolesterolémicas (Plate y Areas, 2002; Berger *et al.*, 2003) y antihipertensivas (Becker *et al.*, 1981; Becker 1989; He y Corke, 2003). Su consumo ha sido recomendado como un producto alimenticio funcional para la prevención y tratamiento de enfermedades cardiovasculares e hipertensión (Martirosyan *et al.*, 2007). También se ha comprobado la capacidad antioxidante de compuestos del amaranto, los que podrían impedir o disminuir las lesiones en la membrana celular y/o ADN, procesos que están fuertemente relacionados a la carcinogénesis (He *et al.*, 2002) y a los procesos degenerativos de la edad.

La National Academy of Science de EUA lo ha categorizado como “el mejor alimento de origen vegetal para el consumo humano”. Esta categorización lo concibe como una materia prima excepcional para la elaboración de una amplia gama de productos de buena aceptación que podría incluirse en el área de los “Alimentos Funcionales”. El amaranto tiene una serie de aplicaciones análogas a la de los cultivos básicos, principalmente del maíz, que van desde complementos de dulces artesanales, granola, harinas integrales, panificados, pastas; hasta productos más sofisticados como aceites comestibles, papillas para bebés, concentrados proteicos, como popeado adicionado en barras energéticas, etc. Referencias de estas aplicaciones pueden encontrarse en otros países, pero en Argentina son muy escasas.

Desde un punto de vista agronómico, el amaranto es una buena opción de cultivo debido a que es una planta C<sub>4</sub>, al igual que el sorgo, el mijo y la caña de azúcar. Este

tipo de plantas realizan la fotosíntesis de una manera muy eficiente en condiciones de alta temperatura y baja disponibilidad de agua. La combinación de características anatómicas del amaranto y su tipo de metabolismo (C<sub>4</sub>), resulta en un incremento en la eficiencia de uso del CO<sub>2</sub> en un rango amplio de estrés por agua y temperatura, lo que contribuye a su distribución y capacidad de adaptarse a condiciones ambientales diversas. El amaranto es resistente a la sequía por ser eficiente en la fijación de CO<sub>2</sub>, no presentar foto-respiración y requerir menor cantidad de agua para producir la misma cantidad de biomasa vegetal (Hauptli, 1977). Otras de sus características destacables son: resistencia al calor y a las plagas; rápido crecimiento (el ciclo de cultivo llega hasta los 170 días y la cosecha se lleva a cabo cuando la semilla contiene 50% de humedad); habilidad de producir gran cantidad de biomasa en espacio reducido (generalmente, se utiliza de 4 - 6 kg/ha, con lo que se obtiene de 100.000 a 150.000 plantas/ha) y su potencial uso como forraje. En general se cultiva en zonas semiáridas donde otros cultivos no prosperan (Bressani, 1989). Además, las distintas especies del género *Amaranthus*, productoras de grano, se adaptan con facilidad a una amplia zona de Argentina en especial a la zona semiárida (Covas, 1994).

La semilla del amaranto es pequeña de forma redondeada de 1 a 2 mm de diámetro y 0,2 a 1,1 mg de peso. El grano entero cocido puede usarse en forma similar al arroz, también en forma explotada (popeada, como el maíz pizingallo), para la preparación de confituras y para agregarse a los desayunos (Schnetzler y Breene, 1994). Su harina (producto de la molienda integral) no resulta panificable por sí sola ya que carece de gluten (gliadina y glutenina), pero puede ser incluida en mezclas para pan, tortillas, etc. Esta particularidad la convierte en un alimento apto para la población celíaca. Las harinas de amaranto poseen una amplia perspectiva de utilización en el desarrollo de nuevos alimentos líquidos y semilíquidos, debido a sus propiedades

funcionales y a una mayor concentración y calidad de proteínas en comparación con otros cereales (Baeza *et al.*, 2009).

## **1.2. Aspectos relevantes de los componentes del Amaranato**

### **1.2.1. Fracción amilácea**

El almidón es el componente que se encuentra en mayor proporción en el grano de amaranto (50 – 66 %) (Stone y Lorenz, 1984), se encuentra localizado principalmente en el perisperma (Tosi *et al.*, 2001; Choi *et al.*, 2004; Escudero *et al.*, 2004). Los gránulos son de pequeño tamaño, de 0,75 a 3  $\mu\text{m}$  de diámetro (López *et al.*, 1994; Hoover *et al.*, 1998; Choi *et al.*, 2004), y resulta de 2,4 a 5 veces más rápido de digerir que el almidón de maíz. El almidón de amaranto además posee una baja proporción de amilosa lo que lo hace un almidón waxy, de baja o nula retrogradación. Los usos potenciales para el almidón de amaranto incluyen polvo de empolverar para cosméticos, plásticos biodegradables, láminas de papel, almidón de lavandería, y en aplicaciones alimentarias como espesante alimenticio para sopas y salsas, sustituto de grasas, etc.

El almidón de amaranto, comparado a los almidones de trigo y maíz, posee un contenido mucho más bajo de amilosa, más bajo poder de hinchamiento y viscosidad amilográfica, más alta solubilidad y rango de temperatura de gelatinización, y más alta capacidad de absorción de agua a alto rango aw. En particular, el almidón de amaranto está constituido principalmente por amilopectina (más del 90 %), con bajas o nulas proporciones de amilosa (0 a 10 %). Por eso se lo califica como almidón “waxy” (ceroso) o de baja amilosa, formando pastas de textura cohesiva y gomosa, que no gelifican y que soportan esfuerzos de corte y ciclos de congelamiento y descongelamiento sin sinéresis (Becker *et al.*, 1981; Saunders y Becker, 1984; Yanez *et*

al, 1986; Uriyapongson y Rayas Duarte, 1994; Radosavljevic et al, 1998; Baker y Rayas Duarte, 1998; Marcone, 2001; Choi et al, 2004).

Las características y composición química de algunas variedades de gránulos de almidón de amaranto se presentan en la Tabla 1 (Hoover *et al.*, 1998, Marcone, 2001).

### **1.2.2. Composición proteica**

El porcentaje de proteínas de amaranto (12 a 22 %), es superior a la mayoría de los cereales. Estas proteínas poseen elevados contenidos de lisina, triptofano y aminoácidos sulfurados (Escudero *et al.*, 2004; Segura-Nieto *et al.*, 1992; Scilingo *et al.*, 2002), por lo que son consideradas una excelente alternativa o complemento de los cereales y legumbres debido a su composición bien balanceada de aminoácidos esenciales, próxima al patrón de la FAO/WHO (Becker, 1989; Marcone, 1999). El contenido de gliadina en las proteínas de amaranto es menor al 0,01%, lo que lo torna útil para la producción de alimentos para celíacos (Becker, 1989; Tosi *et al.*, 2001). La digestibilidad proteica, la disponibilidad de lisina y la utilización proteica neta de las proteínas de amaranto son definitivamente superiores a las de otros cereales y cercanas a las de la caseína (Salcedo-Chávez *et al.*, 2002).

La composición aminoacídica de *A. mantegazzianus*, de *A. cruentus* y los respectivos escores químicos, así como el requerimiento de aminoácidos esenciales recomendados por la FAO (1991) se presentan en la Tabla 2. Los aminoácidos más abundantes de *A. mantegazzianus* son ácido aspártico, glutamina, serina, glicina, arginina y leucina en concordancia a lo reportado por Juan *et al.* (2007) en la evaluación de otras once especies del género amaranto.



**Tabla 1.** Composición química (%) de almidones de amaranto<sup>a</sup> (Hoover *et al.*, 1998).

Características	<i>Amaranthus</i> Cultivar		
	Mexicano	Africano	A200D
Rendimiento de almidón (% material inicial)	30,2	29,0	38,3
Tamaño del granulo (µm)	0,75-1,5	0,75-1,5	0,75-1,5
Forma del Granulo	Poligonal	poligonal	poligonal
Cenizas	0,79 ± 0,04	0,95 ± 0,03	0,55 ± 0,04
Nitrógeno	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01	0,01 ± 0,01
Lípidos			
Hidrolizados ácidos <sup>b</sup>	0,35 ± 0,02	0,21 ± 0,01	0,34 ± 0,01
Extracción con solvente			
Cloroformo-metanol <sup>c</sup>	0,07 ± 0,01	0,05 ± 0,01	0,06 ± 0,01
n-propanol-agua <sup>d</sup>	0,28 ± 0,01	0,16 ± 0,01	0,28 ± 0,01
Contenido de amilosa (% del almidón total)			
Aparente <sup>e</sup>	3,5 ± 0,2	3,9 ± 0,0	4,8 ± 0,3
Total <sup>e</sup>	3,9 ± 0,2	4,5 ± 0,2	5,7 ± 0,2
Amilosa acomplejada por lípidos nativos <sup>f</sup> (%)	10,3	13,3	15,8

<sup>a</sup> Todos los datos son reportados en base seca y representa la media de tres determinaciones ( $p \leq 0,05$ ).

<sup>b</sup> Lípidos obtenidos por hidrólisis ácida (24 % HCl) del almidón nativo (lípidos totales).

<sup>c</sup> Lípidos extraídos del almidón nativo por cloroformo-metanol 2:1 (v/v) 25 °C (principalmente lípidos libres).

<sup>d</sup> Lípidos extraídos por calor en n-propanol-agua 3:1 (v/v) del residuo dejado después de la extracción cloroformo-metanol (principalmente lípidos ligados).

<sup>e</sup> Amilosa total y aparente determinada por enlace con I<sub>2</sub> antes y después de remover los lípidos ligados por calor en extracción con n-propanol-agua.

<sup>f</sup> [(Amilosa total – amilosa aparente)/(Amilosa total)] \* 100.

**Tabla 2.** Composición aminoacídica (g de aminoácido/100 g de proteína) y escore químico de *A. mantegazzianus* (Castel, 2010) en comparación con el patrón de aminoácidos esenciales de la FAO/WHO (1991) y datos bibliográficos.

	<i>A. mantegazzianus</i>	E. Q. <sup>a</sup>	<i>A. cruentus</i> <sup>b</sup>	E. Q.	FAO <sup>c</sup>
<b>ASP</b>	7,96	-	12,5	-	-
<b>GLU</b>	17,04	-	17,7	-	-
<b>SER</b>	5,85	-	10,5	-	-
<b>GLI</b>	7,59	-	11,2	-	-
<b>HIS</b>	3,30	<b>1,74</b>	2,0	1,05	1,9
<b>ARG</b>	10,20	-	8,8	-	-
<b>TER</b>	3,98	<b>1,17</b>	4,2	1,24	3,4
<b>ALA</b>	4,01	-	4,2	-	-
<b>PRO</b>	4,35	-	N.D.	-	-
<b>TIR</b>	3,95	<b>1,29</b>	2,3	0,94	6,3**
<b>VAL</b>	4,29	<b>1,22</b>	4,0	1,14	3,5
<b>MET</b>	2,14	<b>1,36</b>	0,2	0,64	2,5*
<b>CIS</b>	1,26	-	1,4	-	-
<b>ILEU</b>	3,61	<b>1,29</b>	2,9	1,04	2,8
<b>LEU</b>	5,71	0,87	6,4	0,97	6,6
<b>FEN</b>	4,18	-	3,6	-	-
<b>LIS</b>	5,03	0,87	5,3	0,91	5,8
<b>TRP</b>	N. D.	-	2,7	2,45	1,1

<sup>a</sup> E.Q. Escore químico calculado utilizando como referencia las recomendaciones para aminoácidos esenciales de la FAO/ WHO (1991).

<sup>b</sup> Juan et al., 2007.

<sup>c</sup> Requerimientos en aminoácidos esenciales (mg/g de proteína), propuestos por la FAO/ WHO (1991) (Juan et al., 2007).

\* Metionina + Cisteína, \*\* Tirosina + Fenilalanina.

N. D. = No determinado.

Los aminoácidos limitantes de *A. mantegazzianus* con respecto a lo recomendado por la FAO resultaron ser leucina y lisina, además el contenido de lisina (5,03 g/100 g de proteína) resulta inferior a lo reportado para las proteínas de soja (6,86 g/100 g de proteína) (Smith y Circle, 1972) y superior a las proteínas de cereales como arroz (3,2 g/100 g de proteína), trigo (3,6 g/100 g de proteína), avena (3,6 g/100 g de proteína) y maíz (2,3 g/100 g de proteína). Sin embargo, el contenido de aminoácidos azufrados de *A. mantegazzianus* informado fue de 3,3 g/100 g de proteína (metionina + cisteína) cumple con el requerimiento de la FAO (E.Q.= 1,36) y es mayor al contenido encontrado en *A. cruentus* (1,6 g/ 100 g de proteína), en proteínas de soja (3,14 g/ 100 g de proteína), y en cereales como avena (2,0 g/100 g de proteína) y arroz (3,1 g/ 100 g de proteína).

Varios autores (Becker et al, 1981; Sánchez Marroquín, 1983; Saunders y Becker, 1984; Segura Nieto et al, 1992; Scilingo et al, 2002, Escudero et al, 2004) han estudiado las proteínas de amaranto, llegándose a establecer:

- a) Un factor de conversión nitrógeno a proteína igual a 5,85.
- b) Que están constituidas por albúminas, globulinas, prolaminas y glutelinas, con el uso de otras metodologías de extracción, como la descrita por Duarte-Correa et al. (1986b), usando una compleja técnica de fraccionamiento, se obtuvo la siguiente distribución: 65 % de albúminas, 17 % de globulinas, 11 % de prolaminas y 7 % de glutelinas. Estas mismas proporciones fueron obtenidas por Breene (1991).
- c) Que las prolaminas son diferentes a las presentes en los cereales TACC (trigo, avena, cebada, centeno), por lo que se califica al amaranto como apto para celíacos.

- d) Que la composición de aminoácidos esenciales muestra altos niveles de aminoácidos azufrados y de lisina, siendo el primer aminoácido limitante la leucina, lo que convierte al amaranto en un excelente complemento de los cereales (deficientes en lisina) y de legumbres, incluida la soja (deficientes en azufrados).
- e) Que el valor biológico y digestibilidad de las mismas está en el orden del 75 %.

### 1.2.3. Fracción lipídica

La fracción lipídica (3,1 a 11,5%) está compuesta predominantemente por ácidos grasos insaturados, presentándose en mayor cantidad el linoleico (47%), oleico (26%) y palmítico (19%). La proporción de los ácidos grasos saturados respecto a los insaturados varía de 0,12 a 0,5 dependiendo de la especie (Berger *et al.*, 2003; Yáñez *et al.*, 1994). La composición en ácidos grasos y escualeno para harina de *Amaranthus Cruentus* puede verse en la Tabla 3.

El aceite de amaranto es relativamente rico en tocoferoles (vitamina E) y tocotrienos (Breene, 1991). Estos últimos son análogos insaturados de la vitamina E, que tienen demostrada acción reguladora en el metabolismo del colesterol, actividad antitumoral y alta capacidad antioxidante *in vitro* (Lehmann *et al.*, 1994; Escudero *et al.*, 2004).

El escualeno es otro compuesto que se destaca en el aceite de amaranto, encontrándose en cantidades superiores (2,4 a 8,0 %) que en la mayoría de los aceites vegetales, como el de oliva, germen de trigo, arroz y algodón (Becker *et al.*, 1981; Becker 1989; He y Corke, 2003). Éste es un precursor biosintético de los esteroides,

entre ellos el colesterol. Estaría relacionado a la reducción del colesterol sérico y la reducción del riesgo de varios tipos de cáncer (He *et al.*, 2002).

Varias investigaciones demostraron que el amaranto, cuando es ingerido en cantidades significativas, es un alimento hipocolesterolemizante (Plate y Areas, 2002; Berger *et al.*, 2003). El colesterol es uno de los principales factores de riesgo en enfermedades cardiovasculares. Elevadas cantidades de colesterol en la sangre, pueden formar depósitos de grasa en las arterias, produciendo arterioesclerosis.

Chatuverdi *et al.* (1993) demostraron que la dieta conteniendo amaranto redujo en más del 50 % el colesterol total en ratas en relación a la dieta control y sugirieron la hipótesis de que esta acción esté ligada a su perfil de ácidos grasos, rico en insaturados. Lehmann (1996) cita que este efecto estaría asociado a algún componente soluble en la fracción lipídica del amaranto, sugiriendo a los tocotrienos y escualeno como responsables. Otros autores consideraron como posibles agentes hipocolesterolemizantes a los fitoesteroles y las proteínas del amaranto (Grajeta, 1997, Plate y Areas, 2002; Berger *et al.*, 2003).

La propiedad antihipertensiva del amaranto también ha sido documentada por varios investigadores. Martirosyan *et al.* (2007), demostraron que el aceite de amaranto incorporado en la dieta de pacientes con hipertensión y enfermedades coronarias, ayuda a reducir la presión arterial y puede servir como una alternativa a la terapia con medicamentos específicos. Silva-Sánchez *et al.* (2008) revelaron que el amaranto es una fuente potencial de péptidos bioactivos con diversas acciones en la salud, particularmente con actividad antihipertensiva. Estos péptidos estarían inactivos cuando forman parte de la cadena proteica, y se tornan activos al ser liberados por la proteólisis enzimática *in vivo* o *in vitro*, por ejemplo, durante la digestión gastrointestinal o procesamiento enzimático industrial (Wu y Ding, 2002; Li *et al.*, 2004).

**Tabla 3.** Composición de ácidos grasos y escualeno de harina de *Amaranthus cruentus* (Escudero *et al.*, 2004).

Ácidos Grasos	Aceite de harina de <i>Amaranthus Cruentus</i>
Palmitico 16:0	20,75
Palmitoleico 16:1	16,57
Estearico 18:0	3,79
Oleico 18:1	23,57
Linoleico 18:2	35,31
Linolenico 18:3	ND <sup>a</sup>
Araquídico 20:0	ND
Araquidónico 20:4	ND
Ácidos grasos saturados	24,54
Ácidos grasos insaturados	75,45
Relación Sat./Insat, <sup>b</sup>	0,32
Escualeno	6,23

Nota. Los valores son promedios de determinaciones por duplicado.

<sup>a</sup> No detectado.

<sup>b</sup> [ % AG Saturados / % AG Insaturados].

#### 1.2.4. Otros compuestos presentes en la semillas de amaranto

##### 1.2.4.1. Compuestos antioxidantes

En años recientes se ha incrementado la atención sobre el papel de los antioxidantes en la salud humana. Tales compuestos, particularmente los de origen natural, son reconocidos como factores en la preservación de alimentos y como factores protectores de la salud. En alimentos la oxidación causa variaciones indeseables que pueden llevar tanto a cambios en las características sensoriales como a la reducción del valor nutricional. Por esta razón, los antioxidantes poseen un importante papel en el procesamiento y almacenamiento de los alimentos (Klimczak y Pacholek, 2002; Briedis *et al.*, 2003). Respecto a los factores protectores de la salud, estudios epidemiológicos

demonstraron que el consumo de dietas ricas en alimentos y bebidas de origen vegetal está asociado a la reducción de la aparición de enfermedades crónico- degenerativas. Tales alimentos son fuentes de sustancias como carotenoides y polifenoles que pueden actuar como agentes antioxidantes, reduciendo los daños causados por especies reactivas de oxígeno, formadas tanto en condiciones fisiológicas como patológicas. Por otra parte, algunos antioxidantes sintéticos han levantado sospechas de ser cancerígenos, dirigiéndose las investigaciones a los antioxidantes naturales, principalmente a los encontrados en plantas (Singh *et al.*, 2002, Soares, 2002). La capacidad antioxidante de los extractos o fracciones de plantas es, en general, el efecto complementario de dos o más compuestos antioxidantes actuando de acuerdo a diferentes mecanismos de acción; por lo cual su uso estaría dado extractos y fracciones vegetales (Klimczak y Pacholek, 2002).

Un antioxidante biológico es definido como “cualquier sustancia, que presente en bajas concentraciones en relación al sustrato oxidable, retarda o previene significativamente la oxidación de este sustrato” (Benzie y Strain, 1996). Así, los antioxidantes actúan como protectores de la oxidación de biomoléculas por radicales libres e impiden la propagación de la reacción oxidativa en cadena provocada por los mismos (Halliweell y Gutteridge, 1998; Fang *et al.*, 2002). Para ser consideradas antioxidantes las sustancias tienen que presentar por lo menos una de las tres propiedades: supresión de la formación de radicales libres (por quelación de metales o por inhibición de las enzimas generadores de radicales libres), eliminación o desactivación de radicales libres con formación de un producto estable, o participación en procesos de reparación de daños oxidativos (Bourne y Rice-Evans, 1999; Ribeiro, 2005).

Kim *et al.* (2006) comprobaron que componentes del grano de amaranto y su fracción lipídica tienen efecto antioxidante en ratas con diabetes inducida y sugieren el consumo de amaranto como una terapia antioxidante que puede ser beneficiosa para corregir hiperglucemia. Estudios en humanos también han comprobado la acción del amaranto como un suplemento antioxidante natural capaz de proteger la membrana celular contra el daño oxidativo (Martirosyan *et al.*, 2007). Por lo tanto, el consumo de amaranto o productos que lo contengan sería una potencial alternativa para disminuir y prevenir los procesos degenerativos de la edad y otras enfermedades citadas.

#### **1.2.4.2. Otros Carbohidratos**

Con respecto a los carbohidratos del amaranto diferentes del almidón hay pocas referencias, habiéndose encontrado pequeñas proporciones de azúcares (entre 2 y 4 %, según Becker *et al.*, 1981).

El contenido de fibra alimentaria determinada por Tosi *et al.* (2001) para *A. Cruentus* fue de 14,2%, siendo 8,1% lo correspondiente a fibras insolubles y 6,1% a fibras solubles. Esta cantidad es mayor que en otros cereales y representa un aspecto positivo en las dolencias ya mencionadas. Por ejemplo, Qureshi *et al.* (1996) atribuyó el efecto de disminuir el colesterol en sangre, a las fibras de amaranto. Además, Danz y Lupton (1992) observaron el efecto del amaranto sobre los niveles de lípidos y fisiología del colon de ratas y sugirieron que este combina el beneficio positivo de las fibras insolubles en el colon con las propiedades hipocolesterolemicas de las fibras solubles. Por otra parte, la fracción fibras insolubles está compuesta principalmente por celulosa y lignina (Saunders y Becker, 1984).



### 1.2.4.3. Contenido de minerales y vitaminas

El contenido de minerales (determinado como cenizas de incineración) es generalmente superior al observado en los cereales y está concentrado en la fracción germen/cáscara (Betschart *et al.*, 1981; Saunders y Becker, 1984). El amaranto presenta altos valores de calcio y magnesio, por lo que es un alimento a tener en cuenta en la prevención de osteoporosis (Becker, 1989), además de otros minerales (Tabla 4).

**Tabla 4.** Contenido de minerales del grano de amaranto (Becker *et al.*, 1981<sup>a</sup>; Sánchez Marroquín, 1983; Saunders y Becker, 1984<sup>b,c</sup>)

Minerales	Concentración (mg/100g)
Sodio	16 – 48
Potasio	290 – 780
Calcio	130 – 460
Magnesio	230 – 540
Hierro	1,5 – 20,5
Zinc	3,5 – 4,0
Cobre	0,6 – 1,32
Manganeso	1,59 – 4,59
Níquel	0,08 – 0,24
Fósforo	397 – 750
Azufre	16 – 20

<sup>a</sup> Valores correspondientes a ocho especies y variedades.

<sup>b</sup> Valores correspondientes a cinco especies y variedades.

<sup>c</sup> Valores correspondientes a diez muestras.

Son escasas las referencias sobre vitaminas en granos de amaranto, destacándose que las mismas están concentradas en la fracción germen/cáscara de la molienda abrasiva (Betschart *et al.*, 1981; Saunders y Becker, 1984) y que no se ha encontrado  $\beta$ -caroteno (Becker *et al.*, 1981). Los contenidos de Riboflavina, Niacina, Tiamina y Ácido ascórbico se encuentran en la Tabla 5.

**Tabla 5.** Contenido de vitaminas del grano de amaranto (mg/100g) (Becker *et al.*, 1981<sup>a</sup>; Sánchez Marroquín, 1983; Saunders y Becker, 1984<sup>b</sup>)

<b>Vitaminas</b>	<b>Cantidades</b>
Riboflavina	0,19 – 0,32
Niacina	1,15 – 1,45
Tiamina	0,07 – 0,25
Ácido ascórbico	2,80 – 4,90

<sup>a</sup> Valores correspondientes a dos muestras.

<sup>b</sup> Valores correspondientes a tres muestras.

#### **1.2.4.4. Componentes antinutricionales**

Con respecto a los factores antinutricionales, como inhibidores de tripsina, hemaglutinina, saponinas, fitatos y polifenoles (taninos), se ha determinado que el amaranto presenta mucha menor concentración y actividad de los primeros tres factores con respecto a la soja y que los restantes se encuentran en cantidades semejantes a los granos convencionales y se presentan en la Tabla 6 (Becker *et al.*, 1981; Duarte Correa *et al.*, 1986a).

**Tabla 6.** Factores antinutricionales de harina de *Amaranthus cruentus* (Escudero *et al.*, 2004).

Factores antinutricionales	harina de <i>Amaranthus Cruentus</i>
Actividad Hemaglutinina	1/64
Actividad Hemolítica (Grado de hemólisis)	1
Índice de espuma <sup>a</sup>	< 100
Actividad antitripsina (TIU/ mg de muestra) <sup>b</sup>	2,62 ± 0,05
(TIU/ mg de proteína) <sup>c</sup>	18,14 ± 0,12
Nitratos (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) (mg/100g)	58,20 ± 3,20
Ácido fitico (como fosforó) (mg/100g)	1,90 ± 0,02

Nota. Los resultados son expresados como la media ± desviación estándar de determinaciones por triplicado.

<sup>a</sup> 1000/a, a = la cantidad de filtrado (en ml) en el tubo que alcanza 1 cm de espuma. Si en el tubo no se exhibe 1 cm de espuma, el índice de espuma es < 100.

<sup>b</sup> TIU/ mg de harina = Unidad de inhibidores de tripsina por miligramo de harina

<sup>c</sup> TIU/ mg de proteína = Unidad de inhibidores de tripsina por miligramo de proteína.

### 1.3. Productos líquidos en base a semillas

Las bebidas a base de semillas han comenzado a popularizarse en todo el mundo, sobre todo por el creciente número de personas que tratan de consumir alimentos nutritivos, con bajo contenido calórico y de fácil digestión que les ayuden a contrarrestar los efectos de la vida moderna. Su uso son los mismos que la leche de vaca, se pueden tomar solas o endulzadas, con café, cereales y otros. Más aún, estas bebidas, cuyo aspecto y consistencia recuerdan a la leche de vaca, también deben parte de su creciente aceptación a que son excelente opción para quienes siguen un régimen alimenticio vegetariano o sufren trastornos digestivos, sin olvidar a aquellas personas que desean experimentar nuevos sabores. Se derivan de legumbres (soya) o cereales (arroz y avena), puesto que su sabor es refrescante y, ante todo, porque su alto contenido

de vitaminas, minerales, aminoácidos, ácidos grasos y otras sustancias es factor que mejora la actividad mental, contribuye al funcionamiento de los sistemas circulatorio y nervioso, y fortalece las defensas del organismo. Otra ventaja importante, es que al carecer de lactosa, estas bebidas pueden ser ingeridas por personas intolerantes a este azúcar de la leche. También son una alternativa para las personas alérgicas a las proteínas de la leche de vaca. Estas contienen menos grasas y son más sanas; por ejemplo, la cantidad de grasas de las leches de soja y avena es similar a la de la leche semidesnatada de vaca, la cantidad en la leche de arroz equivale a la de la leche de vaca desnatada, pero la gran ventaja es su calidad. Mientras que más de la mitad de las grasas de la leche de vaca son saturadas, las vegetales contienen una parte mínima de estos lípidos. La mayoría de sus lípidos son polinsaturados y benefician la salud cardiovascular.

En esencia, las bebidas vegetales se obtienen a través de la trituración de semillas a las cuales se les agrega agua y algún producto que mejore su sabor y permita su almacenamiento por más tiempo. En el mercado internacional existen varias de estas bebidas y al ser elaboradas mediante sistemas industriales especializados, rescatan importante cantidad de nutrientes, a excepción de la fibra. Se pueden obtener bebidas vegetales a partir de semillas licuadas, con similares texturas a las de origen animal, pero con mejor sabor, mayor calidad nutricional, alto poder vitalizante y prácticamente ningún efecto negativo. En la mayoría de los casos, es absolutamente recomendable y necesario, el proceso previo de activación (remojado) de las semillas a utilizar. Esta hidratación, no solo activa importantes procesos transformativos a nivel nutricional, sino que facilita el procesamiento, mejora la textura del producto final y optimiza su digestibilidad. Para obtener mejores resultados en las “leches”, es aconsejable un proceso de molienda o licuado intenso para desmenuzar adecuadamente la semilla y

permitir la máxima transferencia de nutrientes al agua. Luego de esto se realiza un filtrado, obteniéndose un residuo siempre aprovechable para otras preparaciones (galletas, patés, salsas, rellenos). De todos modos, el filtrado de estas bebidas vegetales no es algo imprescindible desde el punto de vista nutricional o digestivo, al contrario; solo se hace para imitar la textura láctea a la cual se está familiarizada (Palmetti, 2009).

La formulación de una bebida a base de semillas de amaranto podría ofrecerse a los consumidores en general y a una fracción determinada de la población con dolencias como las citadas, como un alimento con beneficios directos sobre la salud humana, cumpliendo las premisas de un “Alimento Funcional”. No existen en el mercado nacional y en países limítrofes productos a nivel comercial con características similares a las citadas. Por otro lado, significaría un impulso para el cultivo del amaranto en nuestro país, incentivando y agregando valor a este cultivo incipiente en la Argentina.

La producción de una bebida o “leche” a base de amaranto contemplaría procesos similares a los establecidos para obtener “leche” de soja; debiéndose también poner énfasis en la formulación final del producto en cuanto a sus condiciones higiénico-sanitarias y sensoriales para lograr una adecuada aceptación.

### **1.3.1. Leche de soja**

Una de las bebidas de semillas más difundidas es la “leche de soja”. Ésta es básicamente un extracto acuoso del poroto de soja, pareciéndose a la leche de mamíferos en apariencia y composición. A fin de mostrar las similitudes y algunas diferencias en la Tabla 7 se muestra algunos valores comparativos de los componentes de la “leche de soja” con los de la leche de vaca y materna.

Este tipo de producto históricamente se obtenía a nivel familiar o en pequeña escala en China, Japón, Tailandia, Indonesia, Filipinas, etc., pero en las últimas décadas

se fue desarrollando su elaboración a escala industrial. La producción tiene dos destinos: consumo en forma directa, sin aditivos, y materia intermedia en la obtención de tofu, yuba y sufu (Saunders et al., 1984)

Las primeras elaboraciones de “leche de soja” en EUA estaban también destinadas a la población de origen oriental, pero los avances en procesamiento y una mayor cultura de prevención en salud han expandido su presencia en el mercado alimenticio, llegando a ser el principal producto de soja consumido regularmente (Scilingo et al., 2002). Inicialmente se envasaba asépticamente en cartones, conservándose sin refrigeración, dando una imagen “fresca” que permite venderla a la par de la leche vacuna. En los países occidentales hay una variedad de productos de este tipo: natural, saborizada, combinada con jugos de fruta, fortificada (con calcio, vitaminas, otros minerales, etc.), concentrada, en polvo para reconstituir, etc.

**Tabla 7.** Composición nutricional aproximada de leches de soja, vacuna y materna. (Bianco, 2008)

<b>Componentes</b>	<b>Unidades<sup>a</sup></b>	<b>Leche de soja</b>	<b>Leche vacuna</b>	<b>Leche materna</b>
Energía	Kcal	33	63	69
Agua	g	93,3	87,5	87,6
Proteínas totales	g	2,8	3,35	1,2
Lípidos totales	g	1,9	3,7	3,7
Carbohidratos	g	1,8	4,9	6,9
Fibra	g	1,3	0	0
Cenizas	g	0,27	0,72	0,21
Vitamina A	µg	3	33	50
Vitamina C	mg	0	1,6	4
Tiamina (B1)	mg	0,16	0,04	0,02
Riboflavina (B2)	mg	0,07	0,18	0,04
Niacina (B3)	mg	0,15	0,1	0,2
Piridoxina (B6)	mg	0,04	0,05	0,02
Vitamina E	mg	0,01	0,1	0,31
Ác, Fólico	µg	1,5	5	5,2
Calcio	mg	4	125	28
Hierro	mg	0,58	0,1	0,1
Fósforo	mg	49	93	15
Sodio	mg	12	49	15
Potasio	mg	141	148	57
Magnesio	mg	19	12	3,4
Zinc	mg	0,23	0,38	0,22
Colesterol	mg	0	14,1	21

<sup>a</sup> Expresado en base a 100 g de leche

### 1.3.2. Métodos de obtención de Leche de soja

Se conocen una amplia variedad de métodos de elaboración que van desde la clásica técnica de remojo, extracción y cocción hasta procesos modernos basados en molienda húmeda y homogenización, con múltiples refinamientos como inactivación previa de lipoxigenasa, tratamiento a presión, molienda en ausencia de aire, etc. Los principales métodos aplicados en la actualidad con una breve descripción se muestran a continuación (Bianco, 2008):

#### A) Tradicional oriental:

- |  |   |
|--|---|
| 1) Remojo en agua: durante toda la noche.        |   |
| 2) Escurrimiento: Separación del agua de remojo. |   |
| 3) Molienda húmeda: adición de agua.             |   |
| 4.a) Filtración: Separación del okaraa.          | 4.b) Cocción.                           |
| 5.a) Cocción.                                    | 5.b) Filtración: Separación del okara.  |
| 6.a) Leche de soja (variante CHINA).             | 6.b) Leche de soja (variante JAPONESA). |

#### B) Molienda con agua caliente (CORNELL):

- 1) Remojo en agua: durante toda la noche.
- 2) Escurrimiento: Separación del agua de remojo.
- 3) Enjuague.
- 4) Molienda húmeda: adición de agua en ebullición.
- 5) Cocción.
- 6) Filtración: Separación del okara.
- 7) Formulación: adición de azúcar y saborizantes.
- 8) Leche de soja formulada.

#### C) Proceso comunidad rural (NIGERIA):

- 1) Remojo en agua: durante toda la noche.
- 2) Escurrimiento: Separación del agua de remojo.
- 3) Tratamiento térmico (*blanqueo*): adición de agua caliente.



- 4) Escurrimiento: Separación del agua de blanqueo.
- 5) Molienda húmeda: adición de agua.
- 6) Filtración: Separación del okara.
- 7) Cocción.
- 8) Leche de soja.

**D) Proceso PROSOYA:**

- 1) Remojo en agua: durante toda la noche.
- 2) Escurrimiento: Separación del agua de remojo.
- 3) Enjuague.
- 4) Molienda húmeda: adición de agua.
- 5) Cocción a presión.
- 6) Filtración: Separación del okara.
- 7) Formulación: adición de azúcar y saborizantes.
- 8) Leche de soja formulada.

**E) Proceso ALFA – LAVAL:**

- 1) Molienda húmeda: con agua caliente.
- 2) Centrifugación: Separación del okara.
- 3) Tratamiento térmico (*inactivación*).
- 4) Desodorización.
- 5) Formulación: adición de azúcar y saborizantes.
- 6) Leche de soja formulada.

**F) Molienda completa (ILLINOIS):**

- 1) Remojo en solución de bicarbonato: durante 6 a 12 horas.
- 2) Escurrimiento: Separación del agua de remojo.
- 3) Tratamiento térmico (*blanqueo*): adición de solución de bicarbonato.
- 4) Escurrimiento: Separación del agua de blanqueo.
- 5) Enjuague.
- 6) Molienda húmeda: adición de agua.
- 7) Calentamiento.
- 8) Homogenización.
- 9) Neutralización: adición de solución de ácido clorhídrico.

- 10) Formulaci3n: adici3n de azúcar y saborizantes.
- 11) Calentamiento.
- 12) Homogenizaci3n.
- 13) Leche de soja formulada.

**G) Cocción hidrotérmica:**

- 1) Molienda en seco.
- 2) Suspensi3n en agua: adici3n de agua.
- 3) Cocción a presi3n.
- 4) Centrifugaci3n: Separaci3n del okara.
- 5) Leche de soja.

**H) Proceso de extrusi3n:**

- 1) Trituraci3n – descascarado: separaci3n de cáscara.
- 2) Tratamiento térmico (*acondicionamiento*).
- 3) Cocción por extrusi3n.
- 4) Molienda en seco.
- 5) Suspensi3n en agua: adici3n de agua.
- 6) Molienda húmeda.
- 7) Homogenizaci3n.
- 8) Leche de soja.

La mayoría de los métodos incluye la separaci3n fase líquida (*extracto o “leche de soja”*) - residuo húmedo (*okara*). Las únicas excepciones son el Proceso de Molienda Completa (*Illinois*) y el Proceso por Extrusi3n, en los cuales se logra la dispersi3n total de los sólidos de soja por medio de una o dos etapas de homogenizaci3n (Bianco, 2008). Las ventajas y desventajas de estos métodos se muestran en la Tabla 8.

**Tabla 8.** Cuadro comparativo de los procesos de elaboración de “leche de soja”<sup>a</sup>.

<b>Procesos</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Tradicional oriental</b>	Equipamiento simple. Baja inversión.	Bajo rendimiento. Fuerte sabor a poroto.
<b>Molienda con agua caliente (CORNELL)</b>	Disminuye sabor a poroto. Rendimiento intermedio. Equipamiento intermedio.	Sensación de particular granulosas.
<b>Proceso comunidad rural (NIGERIA)</b>	Equipamiento simple. Baja inversión. Disminuye sabor a poroto. Elimina carbohidratos productores de flatulencias.	Baja escala (proceso original).
<b>Proceso PROSOYA</b>	Equipamiento simple. Baja inversión. Apto para escala pequeña y grande. Disminuye sabor a poroto.	Bajo rendimiento.
<b>Proceso ALFA – LAVAL</b>	Rendimiento intermedio. Disminuye sabor a poroto.	Equipamiento costoso. Mayor inversión.
<b>Molienda completa (ILLINOIS)</b>	Rendimiento muy alto. Disminuye sabor a poroto. Elimina carbohidratos productores de flatulencias.	Equipamiento costoso. Mayor inversión.

<b>Procesos</b>	<b>Ventajas</b>	<b>Desventajas</b>
<b>Cocción hidrotérmica</b>	Rendimiento alto. Alta inactivación de los inhibidores de tripsina.	Retención de carbohidratos productores de flatulencias.
<b>Proceso de extrusión</b>	Alta inactivación de los inhibidores de tripsina.	Dos fases de procesamiento. Equipamiento costoso. Mayor inversión.

<sup>a</sup> Elaborado de diversas fuentes por Bianco, 2008.

### **1.3.3. Elaboración de Leche de Amaranto, antecedentes.**

Además de las semillas oleaginosas (soja), también se pueden hacer bebidas vegetales con pseudocereales como la quínoa, el amaranto, etc. Dada la alta presencia amilácea, es recomendable una buena hidratación de la semilla.

El uso principal de las “leches” vegetales es como bebida altamente nutritiva, y además resultan fáciles de digerir (aún por parte de estómagos delicados o ancianos). Se pueden emplear en desayunos, meriendas o entre horas; siendo bebida ideal para deportistas e intelectuales.

Actualmente referencias de elaboración de bebidas de amaranto son escasas, encontrándose que en el país de México y por integrantes del Instituto de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), encabezados por Soriano-García (2008), se elaboró una bebida altamente nutritiva de amaranto para consumo en individuos o pacientes con algún tipo de desorden metabólico, problemas de osteoporosis, dolores musculares o depresión. El producto, que se encuentra en proceso de ser patentado, contiene un mejor balance de aminoácidos en su composición, porque sus proteínas son ricas en lisina, triptófano y en aminoácidos azufrados, esenciales para la salud. La combinación resultante cumple con los requerimientos recomendados por la

Organización para la Agricultura y la Alimentación (FAO, por sus siglas en inglés) para una óptima nutrición humana. Esta bebida, aseguró Soriano-García (2008), es agradable y está elaborada sólo con la semilla del amaranto; no incluye conservadores, colores o sabores naturales o sintéticos adicionados. Contiene nueve gramos de proteínas por cada 100; mientras que la leche de vaca sólo posee 3,0; así como 3,0 de grasa contra 3,2 de la leche; 0,0 de lactosa contra 4,7; y 10,2 de carbohidratos contra 0,0; 1,24 gramos de minerales por 0,7.

En nuestro país, ha habido algunos antecedentes de un producto que se encontraba en desarrollo como una bebida denominada "leche de amaranto" por sus propiedades nutritivas semejantes a las del producto de origen animal. Esta bebida representaba una opción viable y más económica para personas que presentan intolerancia a la leche, a la vez que también se veía como un excelente sustituto de la "leche de soja" (Pantanelli, 2001). Luego se realizó un estudio de aceptabilidad de jugo a base de amaranto y soja, como alimento para celíacos, cuyo resultados más destacables fueron la preferencia por el jugo de harina de Amaranto al natural, soja, jugo de naranja y azúcar; además de la calidad de las proteínas; el aporte de proteínas para los niños y las distintas aplicaciones de los mismos para otros tratamientos y patologías (Ramos *et al.*, 2005). Por otra parte, estudios sobre procesos de elaboración industriales, de bebida a base de semillas de amaranto no son conocidos en nuestro país.

#### **1.4. Aspectos sensoriales de las bebidas**

La evaluación sensorial del alimento se define frecuentemente por el término cata o degustación. Cuando se come un alimento, se percibe una variedad entera de características diferentes relacionadas con la apariencia, aroma y textura del alimento. Para la investigación de las propiedades sensoriales de los alimentos se hallan

disponibles numerosas herramientas, y la información necesaria debe ser definida cuidadosamente y seleccionar los ensayos adecuados. El desarrollo sistemático de nuevos productos dependerá inevitablemente de la utilización de diferentes herramientas de evaluación en las distintas etapas del ciclo de desarrollo (Rosenthal, 2001).

La aplicación del Análisis Sensorial dependerá del objetivo concreto que se busque. Así, en función de la finalidad que se pretenda conseguir, se puede dividir en forma general el Análisis Sensorial en: Análisis de Calidad y Análisis de Aceptación.

En los Análisis de Calidad se debe examinar el producto y clasificar objetivamente los distintivos característicos.

En los Análisis de Aceptación, lo que se pretende es dictaminar el grado de aceptación que tendrá un producto, siendo a veces deseable conocer la reacción subjetiva o impulsiva del catador. En este último tipo de análisis, las pruebas las pueden realizar personas poco expertas en el análisis sensorial, pero que respondan al medio social o cultural al que va destinado el producto, ya que la finalidad de la prueba es conocer si el producto será o no aceptado por el consumidor.

Degustar un alimento es probarlo con la intención de valorar su calidad organoléptica global en función de un modelo psicológico y real establecido a priori, con la posibilidad de que el modelo sea diferente según el lugar dónde se ensaye.

La cata o degustación comprende, en resumen, las siguientes funciones: Estudiar, Analizar, Describir, Definir, Juzgar y Clasificar, pudiéndose puntualizar que la Degustación es un caso particular del Análisis Sensorial en el que se trabaja sobre modelos pre-establecidos (Sancho *et al.*, 2002).

### **1.4.1. Tipos de pruebas usadas en el análisis sensorial.**

En cuanto a la selección de los procedimientos adecuados de análisis sensorial, las metodologías de pruebas sensoriales se incluyen en tres grandes tipos:

1. Pruebas de discriminación/diferencia (¿Existe diferencia?): Son las que permiten encontrar diferencias significativas entre las muestras o entre ellas y un patrón. Además deben permitir cuantificar la diferencia significativa.
2. Pruebas descriptivas (¿Cuál es la diferencia? y ¿Como es la diferencia?): Son las que permiten describir, comparar y valorar las características de las muestras en función de unas categorías o tipos (patrones) definidos previamente.
3. Pruebas de aceptación/hedónicas (¿A quién le gusta? y ¿Por qué le gusta?): En éstas el equipo o panel de catadores clasifica las muestras con relación a la preferencia que sienten por ella o a su nivel de satisfacción.

Las dos primeras clases son bastante diferentes de la tercera. Son analíticas, y su propósito es la utilización de sujetos humanos como una forma de instrumento para medir las propiedades del alimento. Las pruebas hedónicas miden la respuesta de las poblaciones de consumidores de alimento en términos de gustos o aversiones. Además se utilizan para evaluar la aceptación o rechazo de un producto determinado y aunque su realización parece rutinaria, el planteo es muy complejo y debe hacerse con rigor para obtener datos significativos. Suelen responder a requerimientos de mercado y normalmente pretenden apreciar tendencias de consumo: Se quiere saber si un determinado producto es el idóneo para el consumo en un grupo de población, si es competitivo con otros ya existentes o si alguna de sus características llega a producir agotamiento tras un cierto consumo. El propio grupo de individuos consumidores (que

siempre deben ser catadores inexpertos), pueden ser elegidos al azar o bien seleccionados por aspectos concretos: edad, sexo, capacidad económica, hábitos sociales o de consumo, etc. (Sancho *et al.*, 2002).

La mayoría de los desarrollos de nuevos productos requiere ensayos sensoriales con un contenido de información mucho más alto que las pruebas de diferencias, y la perfilación descriptiva es la clase de ensayo disponible más poderoso (Rosenthal, 2001).

#### **1.4.2. Conceptos y características en el análisis sensorial.**

La mayoría de los estudios en los que se investiga la importancia de las diferentes modalidades sensoriales sobre la aceptabilidad del consumidor concluyen que el sabor es la modalidad más importante, seguida por la textura y la apariencia (Por ejemplo, Moskowitz & Krieger, 1995).

Las percepciones en conjunto como el gusto y el olor/aroma definen el sabor de un alimento. El gusto (la gustación) se define de modo estricto como la respuesta de la lengua a los materiales solubles y no volátiles. Éstos se han definido clásicamente como cuatro sensaciones primarias básicas gustativas –salado, dulce, agrio y amargo- aunque en algunos países esta lista se extiende para incluir sensaciones tales como metálico, astringente y gusto cárnico, esta última sensación está asociada con el glutamato monosódico. La respuesta al olor es mucho más compleja. Los olores se detectan como volátiles que entran por el conducto nasal, bien directamente vía nariz o indirectamente a través del camino retronasal por vía de la boca (Rosenthal, 2001). Esta última detección se denomina aroma o flavor (Sancho *et al.*, 2002).

La textura se define como “Todos los atributos mecánicos, geométricos y superficiales de un producto perceptibles por medio de receptores mecánicos, táctiles y, si es apropiado, visuales y auditivos”. Por esto, sin lugar a dudas, la textura juega un



papel importante en la apreciación del alimento. La percepción de la textura del alimento a menudo constituye un criterio por el cual se juzga su calidad y frecuentemente es un factor importante en si se selecciona un artículo o se lo rechaza.

Aceptando la idea de que una máquina puede tomar el lugar de un humano para evaluar la textura de un alimento, cabe recordar, sin embargo que la textura de un alimento es esencialmente una experiencia humana que surge de la interacción con el alimento; por ejemplo, bajo ciertas condiciones de medida instrumental de la viscosidad guardan una pequeña relación con la experiencia percibida en la boca. La percepción inicial en la boca (es decir, sin mordedura) se realiza a velocidad de deformación relativamente baja. Se han identificado dos categorías de sensaciones: la debida al tacto, que tiene lugar sin considerar cualquier cizallamiento, y la que requiere una pequeña cantidad de deformación. Sin cizallamiento alguno, se recogen impresiones acerca de la homogeneidad del alimento, tales como la presencia, tamaño y forma de las partículas o celdas de aire. A velocidades de deformación ligeramente altas debidas al movimiento de la lengua, el alimento se deforma y fluye. Bajo estas condiciones se perciben características tales como la elasticidad, adhesividad al paladar y comportamiento viscoso (Sherman, 1969).

Los atributos de la textura percibidos son los que se relacionan con la naturaleza propia (por ejemplo; Suavidad, aspereza, pulverulencia, terrosidad y pastosidad), la consistencia (Por ejemplo; cremosidad, acuosidad) y adhesión al paladar (Por ejemplo; adhesividad).

Bourne (1982) clasificó las características de textura en tres grupos:

1. Crítica: aquellos alimentos para los que la textura es la característica de calidad dominante; por ejemplo, carne, patatas chips, apio.
2. Importante: alimentos en los que la textura realiza una contribución significativa, pero no dominante, en comparación con el aroma y apariencia; por ejemplo, frutas, pan y productos de confitería.
3. Menor: alimentos en los que la textura realiza una contribución insignificante sobre la calidad global; por ejemplo, bebidas y sopas poco espesas.

Según esta clasificación para las bebidas la textura tiene poca importancia sobre la calidad global, por ende el sabor y la apariencia pasan a tener un aporte significativo en esta.

Por último, la apariencia es juzgada por los sentidos visuales. Estos son de particular importancia en la generación de una impresión inicial de la calidad del alimento que a menudo precede a la aportación de los restantes sentidos. Efectivamente, si la apariencia del alimento crea un impacto negativo, entonces los otros sentidos no pueden entrar en juego de ninguna forma. El sentido visual a menudo es identificado con el color pero proporciona aportaciones de muchos más atributos de la apariencia que pueden influir en la elección del alimento, tales como el tamaño, la forma, el brillo superficial y limpidez (Rosenthal, 2001).

#### **1.4.3. Características reológicas y aspectos a tener en cuenta en el análisis sensorial.**

Un parámetro importante a analizar, para la aceptación de una bebida, es su viscosidad que define su comportamiento como fluido. Teniendo presente que

solamente unos pocos alimentos líquidos se comportan como newtonianos, los otros exhibirán una viscosidad dependiente del cizallamiento, y en tal situación la viscosidad aparente dependerá de la velocidad a la que el líquido es cizallado. Shama y Sherman (1973) encontraron que la velocidad de deformación en la boca se aplica en el intervalo de  $10^{-1}$ - $10^3$   $s^{-1}$ . Ya que la mayoría de alimentos son no newtonianos, su viscosidad aparente dependerá de la velocidad de deformación aplicada. Por tanto, es necesario ajustar la velocidad de deformación aplicada en un ensayo instrumental con las que se pueden experimentar en la boca, o la viscosidad medida puede no ser igual a la que se percibiría oralmente. Shama y Sherman (1973) mostraron que la velocidad de deformación aplicada en la boca en realidad depende de la viscosidad del alimento, de tal forma que los alimentos de baja viscosidad reciben velocidades de deformación relativamente altas mientras que los alimentos de alta viscosidad tienden a ser cizallados más lentamente. Por consiguiente, es necesaria cierta iteración para encontrar las velocidades de deformación adecuadas que midan la viscosidad como se percibiría en la boca, y la velocidad de deformación adecuada puede variar de un alimento a otro.

A la hora de analizar sensorialmente una bebida se debe tener presente ciertos aspectos y características de la percepción de un alimento. El borde rojizo o los aspectos exteriores de los labios son la primera parte del sistema estomatognático que entra en contacto con el alimento. Los labios realizan la evaluación inicial de la aspereza de la superficie del alimento y determina la temperatura del mismo. Aunque el alimento normalmente no entra en el surco labial, aquí la mucosa es extraordinariamente sensible. Se ha sugerido que aquí la mucosa desempeña un papel de detección de taninos (Pinz & Lucas, 1996). Aunque normalmente sean descriptos como insípidos, los taninos tienen un efecto astringente profundo (Green, 1993). Se ha demostrado que los taninos aumentan la fricción intraoral (Prinz & Lucas, 1996). La sensación astringente viene

producida, principalmente, por dos tipos de compuestos: los taninos hidrolizables (sustancias curtientes hidrolizables) y los no hidrolizables (sustancias curtientes no hidrolizables, taninos condensados). Ambos tipos de compuestos pertenecen al grupo de los polifenoles. La sensación astringente se produce, porque los taninos precipitan las proteínas y las gluco-proteínas de la saliva (éstas son proteínas con un azúcar), con lo que se pierde el efecto “lubricante” o “aceitoso” de las mismas (Sancho *et al.*, 2002).

#### **1.4.4. Influencia de la adición de hidrocoloides en la textura.**

Uno de los componentes, también importante, que contribuye al desarrollo de la textura de las bebidas a base de semillas son los hidrocoloides utilizados para mejorar la estabilidad. Los agentes espesantes, estabilizantes y gelificantes son los principales ingredientes alimentarios que controlan significativamente las propiedades texturales de los alimentos. Los polisacáridos y las proteínas, los dos biopolímeros más importantes que se utilizan para crear y modificar la textura de muchos productos alimenticios procesados o formulados, se incorporan frecuentemente de una forma u otra por sus propiedades gelificantes. Colectivamente estos ingredientes de estructuración de alimentos se pueden clasificar como hidrocoloides alimentarios. Los hidrocoloides comúnmente utilizados en alimentos son almidones, gelatinas, goma guar, goma garrofin, pectinas, alginatos, carragenatos, goma xántica, goma arábiga, derivados de celulosa, y, en mucha menos extensión, goma tragacanto. Todas las aplicaciones dependen de las propiedades proporcionadas por moléculas muy grandes en varios estados de hidratación pero en la mayoría de los casos dependen de las propiedades que éstos imparten a las soluciones y geles (Rosenthal, 2001). Las principales propiedades de los hidrocoloides son su capacidad para producir soluciones acuosas procesando altas viscosidades a bajas concentraciones de gel para suministrar la consistencia necesaria y

producir geles de diferentes fuerzas y estabilidad. Aunque los efectos texturizantes pueden variar de acuerdo con el hidrocoloide escogido, una característica estructural común entre los hidrocoloides alimentarios es que todos son compuestos poliméricos de altas masas moleculares, y son las asociaciones y enmarañamientos de estas moléculas de polímeros que dan un aumento de las propiedades espesantes y gelificantes deseadas (Clegg, 1995). Las interacciones repulsivas netas implican la estabilidad coloidal y de este modo la inhibición de la agregación (Dickinson, 1997), importante en la formulación de una bebida. Los enlaces son de varias clases, pero los puentes de hidrógeno contribuyen a las fuerzas asociativas principales (Rosenthal, 2001). Las diferentes formas de interacciones interpartículas conducen a diferentes mecanismos de agregación, y diferentes procesos de agregación conducen a diferentes formas de estructuras coloidales y, por lo tanto, a la variación del comportamiento reológico de un sistema coloidal (Langton *et al.*, 1997) como lo es una bebida.

## **2. OBJETIVOS**

Estudiar las condiciones de procesamiento y formulación para lograr un producto líquido en base a semillas de amaranto, con características sensoriales de alta aceptación.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Materiales**

##### **Granos de amaranto**

Este trabajo se llevó a cabo con semillas de *Amaranthus mantegazzianus*, provistas por un productor de la ciudad de Reconquista, provincia de Santa Fe.

##### **Hidrocoloides**

- Carragenina (Carr.) Gungel HV (Compañía española de algas marinas S.A.).
- Goma Garroñín (GG) (Adama S.A.).
- Goma Xántica (GX) Satiaxane CX911 (Degussa Textural Systems France SAS).

##### **Azúcar**

- Azúcar blanco refinado (Ingenio Fronterita).

##### **Esencias aromatizantes - saborizantes**

- Vainilla Givaudan 10824-73.
- Chocolate Givaudan 74003-33.
- Café Givaudan 73620-H.
- Frutilla Givaudan 74037-33.
- Naranja Givaudan 76153-36-2.
- Lima – Limón Givaudan BA-9092-36.

Las mismas fueron provistas gentilmente por Givaudan Argentina S.A. – Grupo Harmony.

#### **3.2. Procedimientos de obtención de una bebida en base a granos de amaranto**

Se ensayaron dos esquemas de proceso que difieren en la etapa inicial de molienda, por vía húmeda (MH) y seca (MS) de acuerdo a los esquemas de la Figura 1.

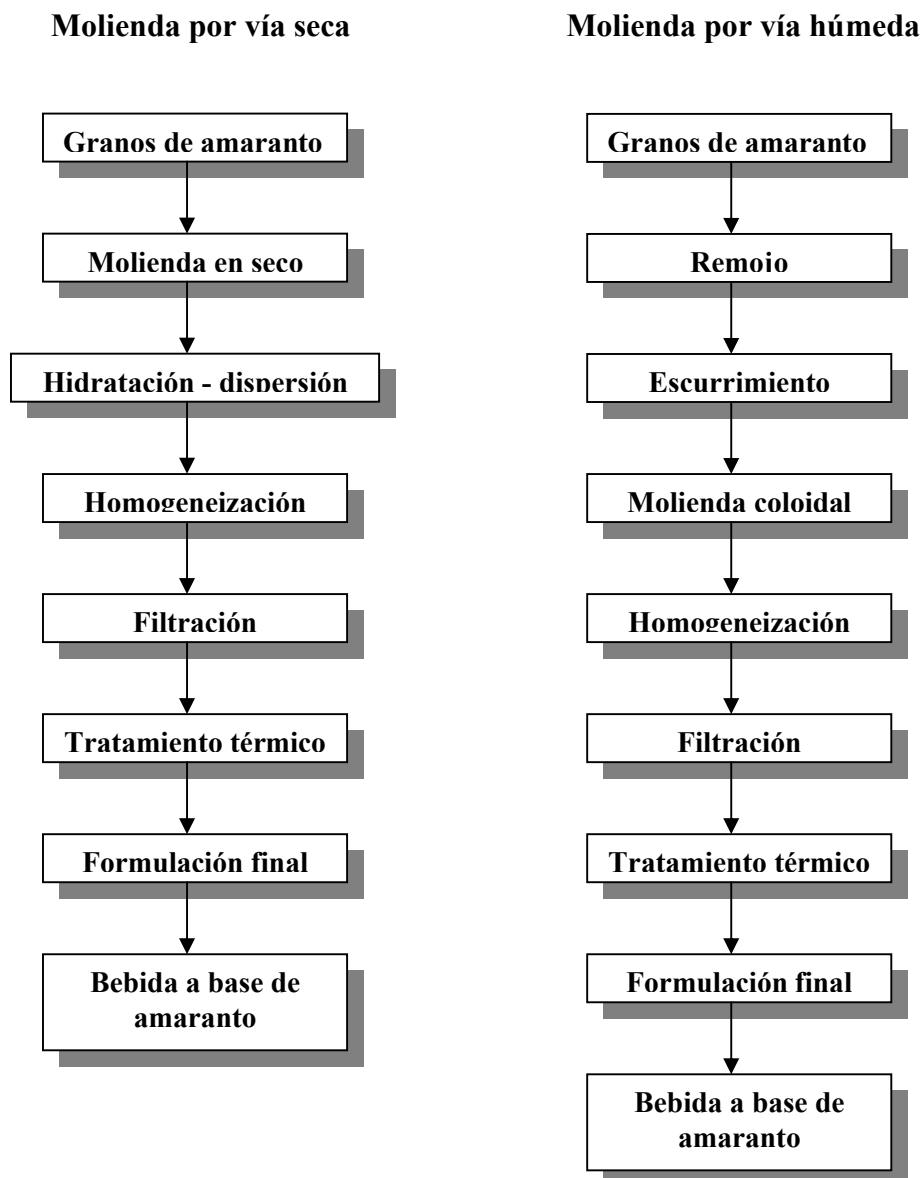
En primer lugar se aplicó el proceso de MS, realizando la operación de hidratación con concentraciones de sólidos del 7%, 6% y 5%. El método de MH se realizó únicamente con 5% de sólidos iniciales.

### **3.2.1. Molienda seca de los granos de amaranto.**

La MS se realizó en un molino de rodillos Bühler Miag MLGV Variostull hasta que todo el material pasó por una malla ASTM N° 20.

La “harina” resultante se suspendió en agua de acuerdo a los sólidos iniciales correspondientes, manteniéndola en reposo durante un lapso de 20 minutos para hidratación de las partículas. Luego se pasó por un molino coloidal COLMIL, con un tiempo de recirculación de 5 minutos, para lograr una dispersión adecuada.



**Figura 1.** Esquemas de obtención de la bebida a base de semillas de amaranto

### **3.2.2. Molienda en húmedo de los granos de amaranto.**

Los granos de amaranto se colocaron en remojo durante 3 horas en agua potable. Posteriormente se drenó el agua de remojo y se agregó agua fresca a las semillas hidratadas. En cada ensayo de elaboración se calculó la masa de agua a agregar, teniendo en cuenta el agua absorbida durante el remojo y la concentración de sólidos iniciales del 5 %.

La MH se realizó en un molino coloidal COLMIL, de escala planta piloto, con recirculación por 15 minutos, con el fin de lograr una adecuada molienda y dispersión de los componentes en la fase acuosa.

### **3.2.3. Homogeneización y filtración**

Las suspensiones obtenidas por MS y MH fueron tratadas en un homogeneizador Gaulin (de planta piloto), con una presión de 50 Kg/cm<sup>2</sup> en la primera etapa y 150 Kg/cm<sup>2</sup> en la segunda, por un tiempo aproximado de 10 min. El objetivo de este paso fue disminuir el tamaño promedio de partículas y aumentar la mezcla íntima de los componentes.

A continuación, el producto homogeneizado se filtró mediante un tamiz de malla ASTM N° 40 (105 μ) para separar las partículas de mayor tamaño.

### **3.2.4. Tratamiento térmico**

El tratamiento térmico se realizó con varios fines: a) pasteurización de la mezcla obtenida, con la lógica disminución de la población de microorganismos patógenos; b) dispersión más efectiva y completa de la fracción proteica y gelatinización del almidón;

c) dispersión y solubilización completa de los estabilizantes, cuando estos fueron adicionados.

El mismo se llevó a cabo calentando las muestras a 80 °C y manteniendo esta temperatura por 30 minutos en un baño termostático.

### **3.2.5. Adición de hidrocoloides estabilizantes**

La finalidad de esta adición es estabilizar la suspensión, evitar la separación de fases y lograr un producto con características reológico-texturales semejantes a la “leche de soja” ADES. Los hidrocoloides ya citados se incorporaron en dos concentraciones: 0,02 y 0,05%, antes del tratamiento térmico, a fin de garantizar su completa dispersión.

### **3.2.6. Formulación final**

Los análisis sensoriales preliminares llevaron a realizar ensayos de formulación con azúcar y esencias aromatizantes – saborizantes.

Así, se prepararon muestras con 5, 10 y 15% p/p de azúcar agregada, partiendo de la bebida estabilizada con GX al 0,05%.

Posteriormente se realizó la selección de esencias aromatizantes – saborizantes, incorporando entre 0,1 y 0,3% de las mismas a una bebida base con 0,05% de GX y 10% de azúcar.

### **3.3. Determinaciones analíticas y de propiedades**

#### **3.3.1. Caracterización fisicoquímica**

Las determinaciones de componentes en la materia prima y en la suspensión base se hicieron aplicando técnicas estandarizadas para alimentos (AOAC, 2002), por triplicado. Cuando se utilizó otro método se indica la fuente de referencia.

##### **3.3.1.1. Determinaciones de humedad y sólidos totales.**

La muestra de harina de amaranto se pesó en crisoles de porcelana secos y previamente pesados, que se calentaron en estufa a 105 °C hasta pesada constante. La humedad se determinó por diferencia de peso.

La concentración de sólidos totales en los ensayos de elaboración de la bebida fue determinada pesando las muestras correspondientes en crisoles de porcelana limpios y secos y calentando en estufa a 105 °C durante 24 hr.

##### **3.3.1.2. Determinación de Grasas**

La determinación de grasa se realizó por extracción con hexano mediante el método Soxhlet. Se pesó aproximadamente 15 g de muestra, que se colocaron en un cartucho cerrado de papel de filtro. Éste se depositó en la cámara de extracción del equipo. La extracción se llevó a cabo durante 4 horas, utilizando hexano como solvente. Posteriormente se eliminó dicho solvente, primero por destilación y luego por evaporación en estufa. Por último, se determinó el contenido graso de la muestra por diferencia de peso.

### **3.3.1.3. Determinación de proteínas**

El porcentaje de proteínas se obtuvo por el método Kjeldahl, utilizando 5,85 como factor de conversión de nitrógeno a proteínas (Scilingo et al., 2002).

Se pesó la muestra y se la colocó en un balón de digestión Kjeldahl. Se adicionaron 10 g de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  y 1 g de  $\text{CuSO}_4$  (quienes actúan como catalizadores) y 25 ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  concentrado. Se llevó todo a digestión por varias horas, hasta que el líquido tomó un color verde translúcido. Se dejó enfriar y se neutralizó con NaOH al 35%. Luego se destiló haciendo burbujear el destilado en 50 ml de ácido sulfúrico 0,1 N, previamente valorado, con gotas de rojo de metilo como indicador. Finalmente se tituló por retorno con NaOH 0,1 N valorado.

### **3.3.1.4. Determinación de cenizas**

La muestra se pesó en crisoles de porcelana secos y previamente tarados. Se carbonizó con un mechero y se llevó a mufla a  $540^\circ\text{C}$  por 4 horas. El contenido de cenizas se obtuvo por diferencia de peso.

### **3.3.1.5. Determinación de fibra cruda**

La determinación de fibras se realizó por el método basado en la digestión ácida y alcalina de la muestra, obteniéndose un residuo de fibra cruda y sales. Una calcinación posterior en mufla, permite eliminar la materia orgánica.

Se pesaron aproximadamente 2,0 g de muestra libre de grasa, se colocaron en un balón y se agregó 200 ml de ácido sulfúrico 0,255 N hirviendo. Se dejó hervir durante 30 minutos, se filtró la muestra, se lavó con agua destilada hirviendo varias veces (con porciones de 50 ml cada vez). Se regresó el residuo retenido en el filtro con cuidado al

recipiente original, luego se colocó 200 ml de hidróxido de sodio 0,313 N hirviendo y se hizo hervir durante 30 minutos.

Se retiró inmediatamente de la manta y se filtró con un crisol, se lavó el residuo con agua hirviendo hasta eliminar el hidróxido de sodio. Se colocó el residuo en estufa a 130 °C por dos horas y se pesó. Finalmente se llevó el residuo a la mufla por una hora a 500-600 °C hasta obtener cenizas blancas y se registró nuevamente el peso. El valor que representa el porcentaje de fibras se obtiene por diferencia de pesada.

#### **3.3.1.6. Determinación de compuestos fenólicos totales**

Se realizó según el método de Gamel *et al.* (2006), expresando el contenido como mg. equivalentes de ácido gálico (EAG)/ml. de suspensión.

#### **3.3.1.7. Determinación de actividad antioxidante**

La actividad antioxidante *in vitro* se determinó según lo descrito por Thaipong *et al.* (2006) y se expresó en mg. equivalentes de Trolox (ET)/ml. de suspensión.

#### **3.3.1.8. Determinaciones amilográficas**

Se realizaron los amilogramas a diferentes concentraciones de harina de amaranto mediante un equipo Visco - amylograph Brabender, siguiendo la técnica de la International Association for Cereal Chemistry (Shuey and Tipples, 1988), para estudiar el comportamiento a la cocción de la harina de amaranto.

Las concentraciones ensayadas fueron 6, 8 y 10% de harina en base seca, sobre un total de 560 gramos. Se utilizó un cabezal de 700 cmg y la velocidad de rotación del vaso fue de 75 rpm. Se registraron los cambios de torque con el siguiente ciclo térmico:

- I. Calentamiento a una velocidad de 1,5 °C/minuto desde 30 hasta 95°C.

- II. Mantenimiento a 95°C durante 15 minutos.
- III. Enfriamiento a una velocidad de 1,5 °C/minuto de 95 hasta 30°C.
- IV. Mantenimiento a 30°C durante 15 minutos.

Las curvas amilográficas obtenidas en la carta original fueron transformadas, punto por punto, a un diagrama ortogonal mediante el programa Microsoft Office Excel para su representación gráfica.

En dichas curvas se determinaron los parámetros característicos de este ensayo: Temperatura de empastamiento, Temperatura y Unidades Brabender (UB) del pico máximo de viscosidad, resistencia a la cocción (UB al principio y al final de la temperatura constante de 95 °C) y retrogradación (Diferencia de UB del enfriamiento entre 95 °C y 30 °C).

#### **3.3.1.9. Capacidad de hidratación de los granos**

El agua retenida durante la hidratación de los granos de amaranto fue determinada gravimétricamente en función del tiempo de remojo, mediante el siguiente procedimiento:

- Se tararon una serie de vasos plásticos de 200 ml,
- en cada vaso se pesaron muestras de 10 g. de semillas y se colocaron en remojo con 100 ml agua destilada,
- a intervalos de 30 minutos se tomaba uno de los vasos, se filtraba su contenido y se pesaban los granos hidratados.

Las determinaciones se hicieron hasta las 5 hs. de remojo, a temperatura ambiente y por duplicado.

Este procedimiento permitió conocer la absorción máxima de agua y el mínimo tiempo en que se alcanza dicho valor.

### 3.3.1.10. Distribución de tamaños de partícula

Se determinó pesando aproximadamente 50 gr. de harina de amaranto, que se tamizaron en un equipo Fritsch analysette tipo 03.502 con tamices Retsch tipo ASTM N° 40 (420 $\mu$ ), N° 60 (250 $\mu$ ), N° 100 (150 $\mu$ ), N° 140 (105 $\mu$ ), N° 170 (90 $\mu$ ) y N° 270 (53 $\mu$ ).

Se mantuvo una amplitud de vibración de 1 mm en forma constante durante 30 minutos.

El análisis se realizó por duplicado.

### 3.3.1.11. Determinación del comportamiento reológico

Estos ensayos se llevaron a cabo por test rotacionales con un equipo HAAKE RS80- Rheo stress, con una geometría de cono (4°) y plato de 40 mm de diámetro, variando el gradiente de deformación  $\left(\dot{\gamma}\right)$  de 1 a 100 s<sup>-1</sup>. Todas las mediciones se realizaron a una temperatura 25  $\pm$  0.1°C controlada en baño HAAKE N2T, por duplicado. Los datos fueron analizados con el software HAAKE RheoWin 3.50.0011.

El comportamiento reológico se modeló a través de la Ley de potencia de Ostwald, que relaciona el esfuerzo de corte con el gradiente de deformación según la expresión:

$$\sigma = k \cdot \dot{\gamma}^n \quad (\text{Ec. 1})$$

Siendo k el índice de consistencia y n el índice de comportamiento al flujo. También se representa la viscosidad aparente como:

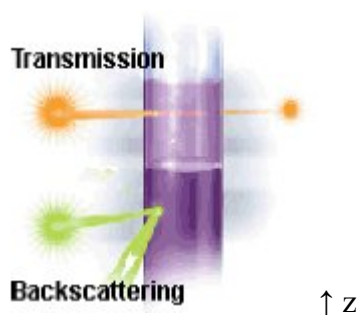
$$\eta_{ap} = k \cdot \dot{\gamma}^{(n-1)} \quad (\text{Ec. 2})$$

Las curvas de viscosidad aparente fueron analizadas por regresión no lineal con el software OriginPro 8.



### 3.3.1.12. Determinación de estabilidad de las suspensiones

Se utilizó en este caso un equipo Turbiscan Classic MA 2000 (Formulation, Francia), que permite analizar la estabilidad de dispersiones coloidales. El principio de funcionamiento consiste en una fuente de luz (un diodo electro luminiscente) que emite en el infrarrojo cercano ( $\lambda_{air} = 850 \text{ nm}$ ). El haz generado incide sobre el tubo que contiene la muestra y dos sensores ópticos sincronizados reciben respectivamente la luz transmitida a través de la muestra ( $180^\circ$  de la luz incidente, sensor de Transmisión) y la luz retrodispersada por la muestra ( $45^\circ$  de la radiación incidente, detector de backscattering, BS, o retrodispersión), como se muestra en la Figura 2. Este equipo trabaja en modo de escaneo (scanning): la cabeza de lectura óptica se desplaza a lo largo del tubo que contiene la muestra (eje z), adquiriendo los datos de transmisión y retrodispersión cada  $40 \mu\text{m}$ . Las curvas correspondientes proporcionan el flujo de luz transmitida y retrodispersada en porcentaje relativo a la longitud de la muestra (de 0 a 70 mm).



**Figura 2.** Principio de funcionamiento del Turbiscan Classic.

La estabilidad en el tiempo de las suspensiones fue analizada con este equipo, determinando la velocidad de sedimentación y clarificación de las mismas. Las muestras de 7 ml. fueron puestas en tubos y escaneadas por un periodo de 15 días. Los resultados se analizaron por el programa asociado del equipo Turbiscan Classic, para lo cual se

definió la variación de retro-dispersión y de transmisión para la sedimentación/clarificación con referencia al valor inicial de la muestra (0 días). Se eligió la misma zona de análisis para los anchos absolutos de los picos generados (absolute thickness). Se tomó para cada valor el ancho del pico relativo de transmitancia al 5%, entre 35 y 65 mm de la altura del tubo. Con estos valores en función del tiempo se determinó la velocidad de sedimentación/clarificación ( $V_s/c$ ) como el valor máximo de la primera derivada (lo cual es similar a realizar la regresión lineal de los datos) y el tiempo de retardo ( $T_r$ ) como el tiempo mínimo al cual comienza la aparición del primer pico, que indica el inicio del proceso de sedimentación/clarificación.

### **3.4. Determinaciones sensoriales**

#### **3.4.1. Análisis sensoriales preliminares**

En los ensayos preliminares se buscó ver las características naturales de la bebida a base de amaranto para las distintas concentraciones de sólidos y tipos de moliendas.

A fin de evaluar las características organolépticas y texturales de los distintos ensayos se realizaron las siguientes determinaciones sensoriales y de aceptabilidad preliminares:

a) Evaluación de textura, palatabilidad, gusto, aroma y color en las suspensiones testigos (obtenidas por MS-5% CTT y MH-5% CTT) y en muestras con los tres hidrocoloides mencionados (al 0,02 y 0,05%).

b) Evaluación de muestras con 5, 10 y 15% p/p de azúcar (blanco refinado) agregada, partiendo de la bebida con GX al 0,05%.

c) Selección de esencias aromatizantes/saborizantes y determinación de dosis máxima de aceptabilidad. A la bebida base (con 0,05% de GX y 10% de azúcar) se le adicionaron entre 0,1 y 0,3% de las esencias citadas en el punto 3.1.

Todas las evaluaciones fueron realizadas a temperatura ambiente por un panel integrado por el grupo de Evaluación Sensorial del Instituto de Tecnología de Alimentos, el autor de esta tesis y el Director y Codirector de la misma.

#### **3.4.2. Análisis sensoriales de aceptabilidad: Pruebas hedónicas**

Los tres saborizantes y combinaciones seleccionadas por el panel evaluador fueron sometidos a pruebas hedónicas para determinar su aceptabilidad.

Se prepararon lotes de aproximadamente 3 litros de la suspensión base (MH-5%) para cada combinación. Cada partida fue medida, agregándose la correspondiente cantidad de azúcar y GX. Luego del mezclado se fraccionaron en porciones de 500-600 ml y se sometieron al tratamiento térmico (30 min. a 80 °C). Finalizado el mismo, se enfriaron las fracciones durante 10 min. hasta 55-60 °C. Luego el producto fue envasado y puesto a conservar en heladera.

Cada muestra fue dividida en fracciones de aproximadamente 30 ml. y distribuidas a la población de manera aleatoria, con la siguiente modalidad de encuesta:

GRADO DE GUSTO	MUESTRAS		
Me gusta muchísimo			
Me gusta mucho			
Me gusta moderadamente			
Me gusta poco			
Me resulta indiferente			
Me disgusta poco			
Me disgusta moderadamente			
Me disgusta mucho			
Me disgusta muchísimo			

La mayoría de las personas que participaron en esta evaluación no poseían entrenamiento de tipo sensorial.

### 3.5. Análisis estadístico y herramientas gráficas

Los análisis de regresión simple y otros cálculos se realizaron con la planilla de cálculo de Microsoft EXCEL (Office XP). Se utilizaron los programas ORIGIN PRO 8.0 para la construcción y análisis de gráficas, y el Statgraphics Centurion XV, para los análisis estadísticos.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Caracterización de las semillas de amaranto y de su harina

#### 4.1.1. Composición de la harina de amaranto obtenida por molienda seca

La composición centesimal de la harina de las semillas de *A. mantegazzianus* se detalla en la Tabla 9. El contenido proteico de esta variedad es similar al de otras variedades con las que se compara, presentando valores levemente inferiores de grasas e intermedios de fibras.

**Tabla 9.** Composición centesimal de semillas de *A. Mantegazzianus* y comparación con *A. Cruentus* y *A. Hypochondriacus*.

Componente	<i>A. Mantegazzianus</i>		<i>A. Cruentus</i> <sup>b</sup>	<i>A. Hypochondriacus</i> <sup>c</sup>
	bH <sup>d</sup>	bS <sup>d</sup>	bS	bS
Humedad	8,97 ± 0,07	--	--	--
Proteínas <sup>e</sup>	14,68 ± 0,25	16,00 ± 0,25	16,60	15,30
Cenizas	2,77 ± 0,07	3,04 ± 0,07	3,35	3,50
Grasas	5,96 ± 0,25	6,49 ± 0,25	8,77	8,60
Fibras	3,74 ± 0,07	4,08 ± 0,07	9,83	2,00
Almidón <sup>a</sup>	63,88	70,39	61,45	70,60

<sup>a</sup> Por diferencia.

<sup>b</sup> Extraído de Escudero *et al.*, 2004.

<sup>c</sup> Extraído de Barba de la Rosa *et al.*, 2009.

<sup>d</sup> Los valores fueron obtenidos por triplicado. bH = Base Húmeda y bS = Base Seca

<sup>e</sup> Factor N x 5,85.

#### 4.1.2. Comportamiento de la harina de amaranto a la cocción: Amilogramas

Se determinó el comportamiento amilográfico de las suspensiones de la harina de amaranto a distintas concentraciones (Figura 3) y los parámetros característicos de este ensayo (Tabla 10).

Se puede observar que a mayor concentración de la suspensión:

- Disminuye la temperatura de empastamiento,
- Disminuye la temperatura del pico máximo o pico de gelatinización,
- Aumenta marcadamente la viscosidad (UB) en dicho pico de gelatinización,
- Disminuye la resistencia a la cocción (aumenta la caída de viscosidad del periodo a 95 °C),
- Aumenta la retrogradación.

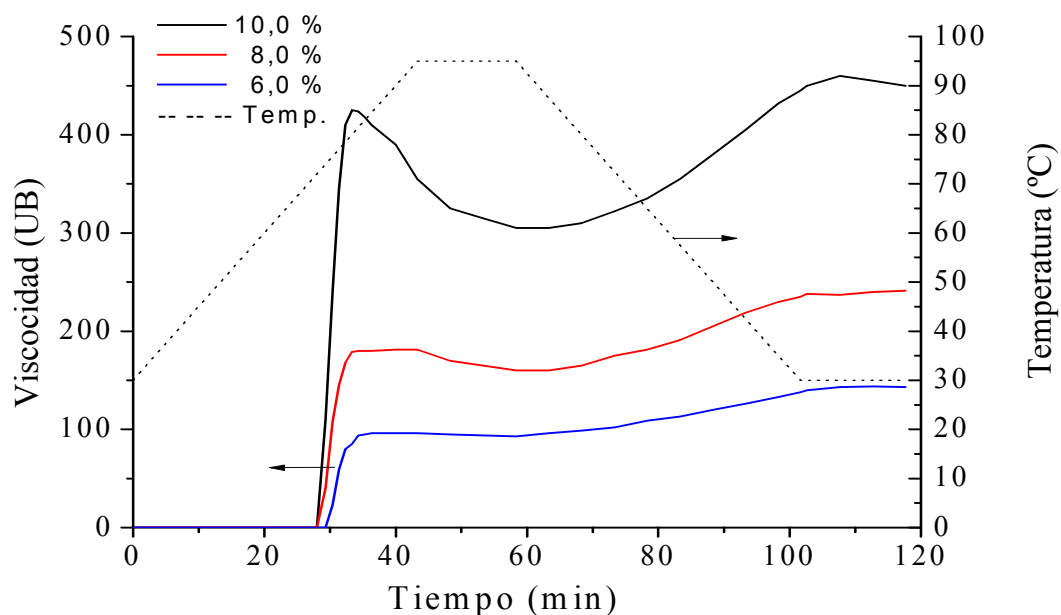
Los amilogramas son típicos de un cereal de fácil cocción ya que el pico de gelatinización se encuentra entre 10 y 15 °C por debajo de 95 °C, máxima temperatura del ensayo amilográfico.

La disminución de las temperaturas de gelatinización con la concentración es concordante con las determinaciones de Rasper (1988) en almidones puros.

Los valores de viscosidad del pico máximo para las tres concentraciones de harina son varias veces inferiores a los respectivos niveles determinados en un almidón aislado a partir de semillas de amaranto de la misma variedad (Paduan, 2009), lo que muestra el efecto de dilución y la influencia de los otros componentes (proteínas, lípidos, minerales, etc.) sobre la gelatinización del almidón.

Las disminuciones de viscosidad en el periodo de cocción constante a 95 °C son muy inferiores a las encontradas en almidones normales como los de maíz y papa.

La retrogradación del almidón de amaranto es pequeña en comparación con almidones de maíz y trigo, dada la baja cantidad de amilosa que presenta el amaranto (Paduan, 2009).



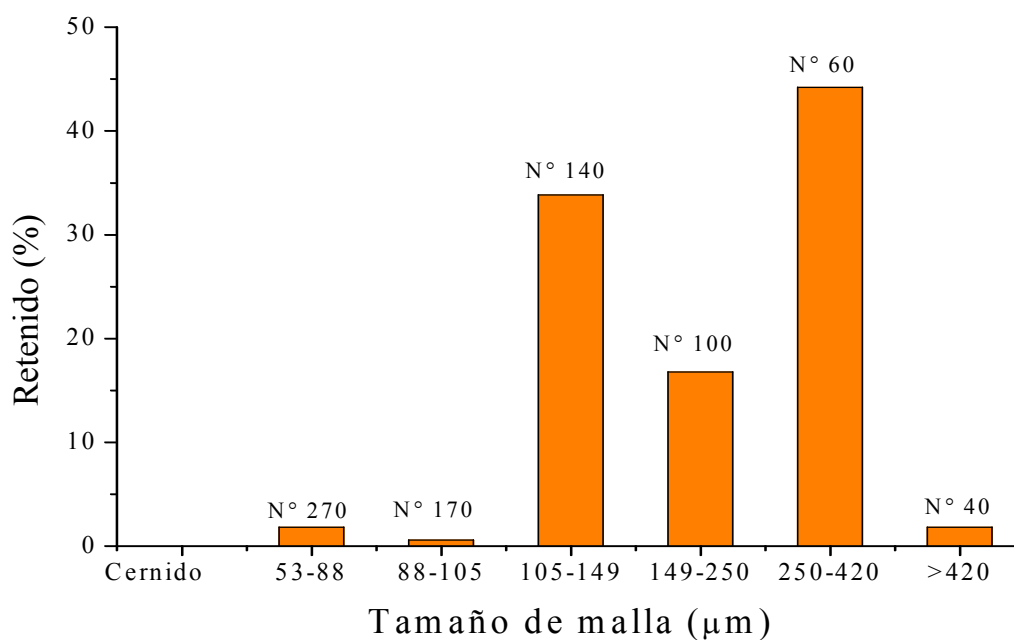
**Figura 3.** Amilogramas de harina de Amaranto a distintas concentraciones, la línea punteada muestra los rangos de temperaturas trabajados.

**Tabla 10.** Parámetros característicos de las curvas amilográficas

<b>Concentración de las suspensiones</b>	<b>6,0%</b>	<b>8,0%</b>	<b>10,0%</b>
Temperatura de empastamiento (°C)	74,0	72,5	72,0
Temperatura de pico máximo (°C)	84,5	81,5	79,5
UB pico máximo (UB)	96,0	181,0	425,0
Resistencia a la cocción (UB)	3,0	21,0	50,0
Retrogradación (UB)	45,0	75,0	140,0

#### 4.1.3. Análisis granulométrico de la harina obtenida por molienda seca

En la Figura 4 se puede observar que la mayor parte de las partículas de harina que se obtuvo por MS presentó tamaños de partícula entre 105 y 420  $\mu\text{m}$  (94,9 %).

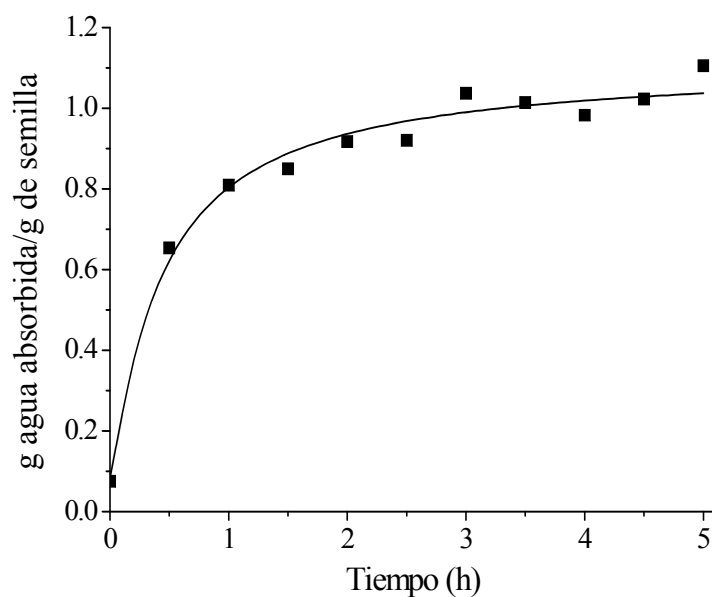


**Figura 4.** Análisis granulométrico de harina de Amaranto, utilizando tamices de la serie normalizada de ASTM (ensayo realizado por duplicado).

#### 4.1.4. Ensayo de hidratación de las semillas

El procedimiento de MH requirió una hidratación previa de los granos para facilitar la molienda coloidal. Como se mencionó previamente, se determinó el agua de hidratación en función del tiempo de remojo. Los datos obtenidos se muestran en la Figura 5.





**Figura 5.** Ensayo de hidratación de granos de amaranto

La curva de hidratación presenta una etapa inicial con importante velocidad de absorción de agua, la que disminuye gradualmente cuando el contenido de humedad del grano se aproxima al de saturación, de manera similar a lo determinado por Calzetta Resio et al. (2006). Al cabo de 3 horas el peso de las semillas se duplicó por el agua absorbida, con un leve incremento posterior. Dicho valor se tomó como tiempo mínimo de hidratación de los granos en los ensayos de MH.

## 4.2. Obtención de las suspensiones base

A continuación se describen en forma resumida las diversas variantes de proceso ensayadas, dejando para un tratamiento posterior las determinaciones reológicas y de estabilidad de las suspensiones.

### 4.2.1. Obtención de las suspensiones base por molienda seca

De acuerdo a lo descrito en el punto 3.2.1, la harina resultante de la molienda seca (MS) se suspendió en agua, se mantuvo en reposo por 20 minutos para permitir la

hidratación de las partículas y se dispersó finalmente en el molino coloidal. Al respecto se prepararon suspensiones con aproximadamente 5, 6 y 7% de sólidos totales, graduando la proporción de agua agregada.

La mezcla obtenida es homogeneizada y posteriormente filtrada por un tamiz de 140  $\mu\text{m}$  para eliminar una pequeña fracción de material fibroso e insoluble. En algunos casos no se realizó tratamiento térmico posterior a la filtración, dando lugar a una suspensión base (MS-STT, molienda seca sin tratamiento térmico) que se tomó como referencia o testigo para evaluar el efecto del tratamiento térmico.

En los ensayos restantes se aplicó el tratamiento térmico (80 °C durante 30 min.) para dispersar más completamente la fracción proteica y gelatinizar el almidón, resultando una segunda suspensión base denominada MS-CTT (molienda seca con tratamiento térmico).

Debido a la marcada inestabilidad de las suspensiones se realizaron experiencias con incorporación de hidrocoloides estabilizantes inmediatamente antes del tratamiento térmico, obteniéndose las suspensiones MS-Carr., MS-GG y MS-GX.

#### **4.2.2. Obtención de las suspensiones base por molienda húmeda**

En el proceso de molienda húmeda (MH), a las semillas hidratadas se le agregó la proporción adecuada de agua fresca para lograr una suspensión al 5% de sólidos totales, desintegrándose y formándose la mezcla inicial por molienda coloidal.

La misma también fue homogeneizada y filtrada en las condiciones establecidas. De manera similar al otro proceso, en algunos ensayos no se aplicó el tratamiento térmico dando lugar a las suspensiones denominadas MH-STT (molienda húmeda sin tratamiento térmico) que se toman como muestras de referencia.

Cuando se realizó el tratamiento térmico se obtuvieron las suspensiones MH-CTT (molienda húmeda con tratamiento térmico).

De la estabilización de las suspensiones mediante el agregado de hidrocoloides surgen las muestras MH-Carr., MH-GG y MH-GX.

#### 4.2.3. Concentración de sólidos y rendimiento de extracción de los procesos de MS y MH

Los análisis de sólidos totales y rendimientos de extracción se muestran en la Tabla 11. Puede apreciarse que en la suspensión base obtenida por MS los rendimientos de extracción están en relación inversa con la concentración de sólidos. Por otra parte, el rendimiento de la MH es inferior al de MS al 5% de sólidos.

**Tabla 11.** Análisis de sólidos totales y rendimiento de extracción (promedio de dos corridas)

Método	Sólidos iniciales	Sólido Totales en la suspensión	Rendimientos de extracción*
MS	5,0 %	4,9 %	98,4 %
	6,0 %	5,5 %	91,4 %
	7,0 %	6,3 %	90,5 %
MH	5,0 %	4,8 %	95,3 %

\* Definido como: Sól. Tot. en la suspensión/ Sól. inic x 100

#### 4.3. Reología de las suspensiones

Los ensayos reológicos realizados a las muestras derivadas de los diferentes tratamientos, concentraciones e incorporación de hidrocoloides se presentan en las Figuras 6 a 13. En general todas ellas mostraron un comportamiento pseudoplástico, disminuyendo la viscosidad aparente ( $\eta_{ap}$ ) con el aumento de la velocidad de

deformación (Steffe, 1996). Este comportamiento indicaría que las partículas de las suspensiones se orientan, se deforman o se desintegran agregados de ellas.

Las Tablas 12 y 13 muestran los parámetros resultantes del ajuste con el modelo de acuerdo a la Ley de potencia de Ostwald.

En las figuras y tablas mencionadas se agregaron la curva y los parámetros correspondientes a la “leche de soja” comercial Ades, que se tomó como referencia por ser una bebida similar aceptada y consumida por un sector de la población.

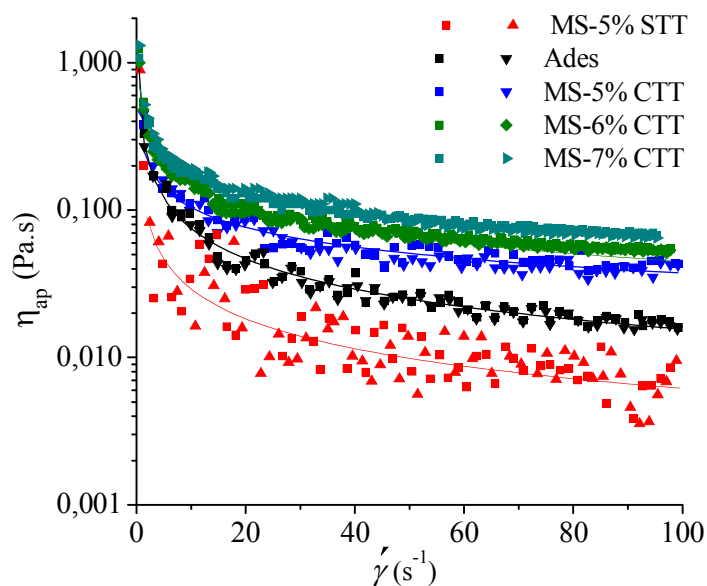
#### **4.3.1. Reología de las suspensiones obtenidas por molienda seca**

En la Figura 6 se comparan las muestras derivadas de MS, con y sin tratamiento térmico, para las tres concentraciones de sólidos ya mencionadas. Puede observarse que la muestra obtenida como MS-5% CTT respecto a la MS-5% STT, presentó un notable aumento de  $\eta_{ap}$ , que se debería a la gelatinización del almidón como se determinó en los ensayos amilográficos. Corresponde aclarar que la dispersión de puntos experimentales observada para MS-5% STT está relacionada a la muy baja viscosidad de la muestra.

También se destaca el ordenamiento de las curvas correspondientes a las tres concentraciones (5, 6 y 7% CTT), con escasa diferencia entre sí.

La curva reológica de la bebida Ades, se ubicó en un nivel intermedio, marcadamente superior a la MS-5% STT e inferior a las tres curvas MS-CTT.

En este punto, en base a los resultados expuestos en los párrafos anteriores, se seleccionó el ensayo MS-5% CTT y se descartó la experiencia sin tratamiento térmico y las MS-6% CTT y MS-7% CTT para las evaluaciones reológicas con incorporación de hidrodoloides estabilizantes.

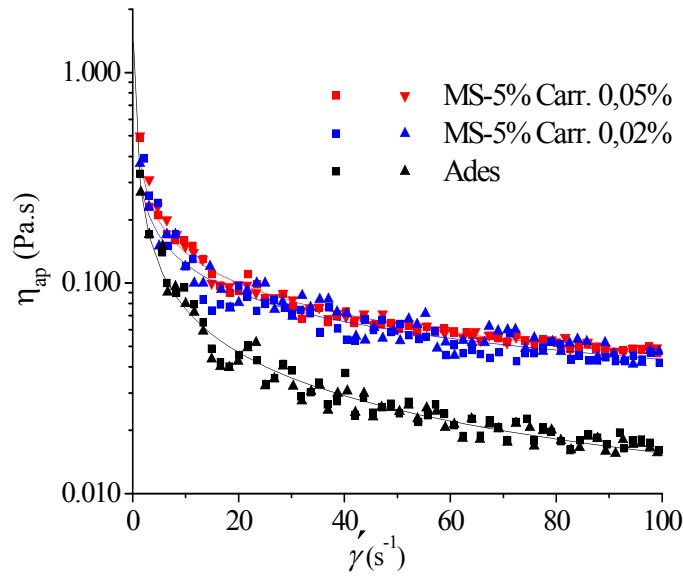


**Figura 6.** Comportamiento reológico de la MS, comparación de las suspensiones a distintos sólidos iniciales, con y sin tratamiento térmico y de la bebida de soja ADES.

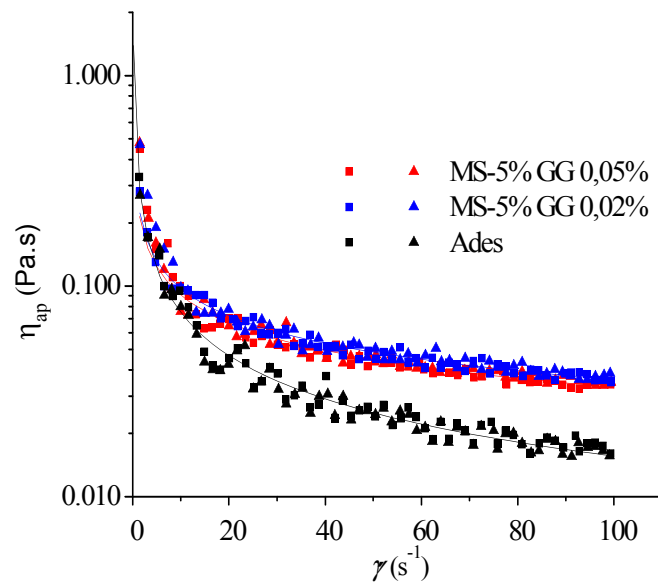
Como se describe posteriormente, la escasa estabilidad de las suspensiones llevó a la adición de estabilizantes como Carragenina, Goma Garrofin y Goma Xántica. Las determinaciones reológicas se realizaron con suspensiones base MS-5% CTT, con 0,02 y 0,05% de los hidrocoloides mencionados. Como es lógico, en todos los casos se incrementó la  $\eta_{ap}$  de las suspensiones.

En la incorporación de Carragenina y Goma Garrofin (Figuras 7 y 8) se puede apreciar un notable aumento de la  $\eta_{ap}$  con respecto a la bebida ADES, pero sin diferencias entre las concentraciones ensayadas en ambos casos.

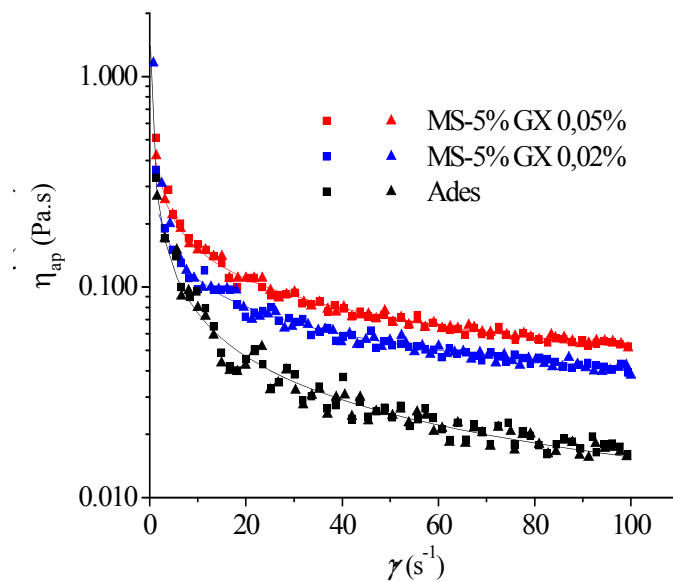
En cambio, la Goma Xántica (Figura 9) determinó también un aumento de  $\eta_{ap}$  con respecto a la bebida de soja ADES, con diferencia entre las concentraciones utilizadas.



**Figura 7.** Comportamiento reológico de la MS-5% CTT, con agregado de Carr. (0,02 y 0,05 %) y de la bebida de soja Ades.



**Figura 8.** Comportamiento reológico de la MS-5% CTT, con agregado de GG (0,02 y 0,05 %) y de la bebida de soja Ades.



**Figura 9.** Comportamiento reológico de la MS-5% CTT, con agregado de GX (0,02 y 0,05 %) y de la bebida de soja ADES.

Los valores de índice de comportamiento de flujo ( $n$ ) de todas las muestras fueron marcadamente inferiores a 1, lo que confirma el comportamiento pseudoplástico de dichas suspensiones (Tabla 12). La muestra con mayor pseudoplasticidad (menor valor de  $n$ ) fue la MS-5% STT, que también presentó el menor coeficiente de correlación estadístico, dado que se trabajó en la zona menor sensibilidad del equipo Reómetro Rheostress RS80.

En cuanto a las viscosidades aparentes, se tomó las correspondientes a la velocidad de deformación de  $50 s^{-1}$ , que se considera como referencia de velocidad de deformación en la boca (Shama y Sherman, 1973). Al respecto, se puede apreciar que el valor de la muestra MS-5% CTT duplicó aproximadamente al determinado para la bebida ADES, aumentando aún más con 6 y 7% de sólidos. También se verificaron distintos grados de incremento de  $\eta_{ap}$  con la incorporación de los hidrocoloides mencionados.

**Tabla 12.**  $\eta_{ap}$  a  $\gamma = 50 \text{ s}^{-1}$  para los ensayos de MS.

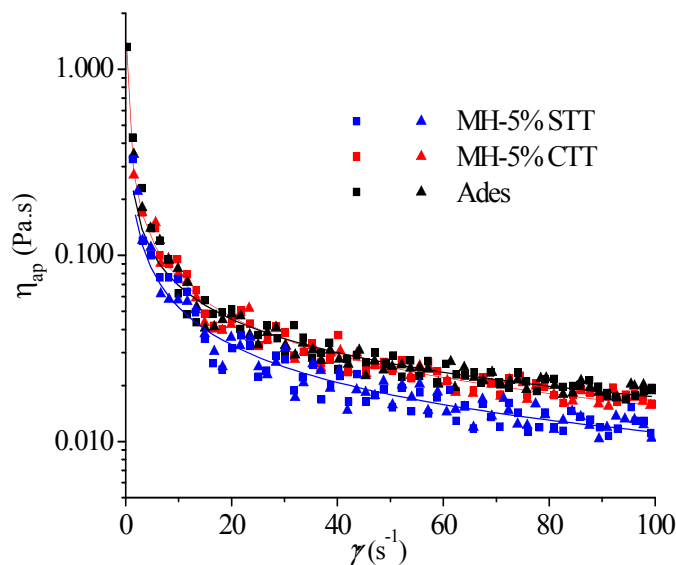
Muestras	$\eta_{ap}$ a $\gamma = 50 \text{ s}^{-1}$	n	k	R <sup>2</sup>
Ades	0,025	0,347	0,322	0,949
MS-5% STT	0,010	0,305	0,149	0,665
MS-5% CTT	0,051	0,565	0,279	0,919
MS-6% CTT	0,066	0,487	0,491	0,985
MS-7% CTT	0,088	0,560	0,494	0,989
MS-5% Carr. 0,02%	0,060	0,487	0,491	0,978
MS-5% Carr. 0,05%	0,062	0,560	0,494	0,986
MS-5% GG 0,02%	0,059	0,549	0,345	0,940
MS-5% GG 0,05%	0,064	0,516	0,425	0,976
MS-5% GX 0,02%	0,053	0,569	0,263	0,987
MS-5% GX 0,05%	0,070	0,563	0,248	0,971

#### 4.3.2. Reología de las suspensiones obtenidas por molienda húmeda

En la Figura 10 se puede observar el comportamiento reológico de las muestras elaboradas por molienda húmeda, al 5 % de sólidos, con y sin tratamiento térmico, en comparación con la bebida Ades. Las distintas curvas presentaron diferencias menos marcadas que en el caso de la MS. El ensayo MH-5% STT nuevamente fue el de menor  $\eta_{ap}$ , destacándose una menor diferencia por el tratamiento térmico al comparar con el MH-5% CTT. Este último presentó además un comportamiento reológico muy similar a la bebida de referencia.

En este punto, en base a los resultados expuestos en los párrafos anteriores, se seleccionó el ensayo MH-5% CTT y se descartó la experiencia sin tratamiento térmico para las evaluaciones reológicas con incorporación de hidrodoloides estabilizantes.



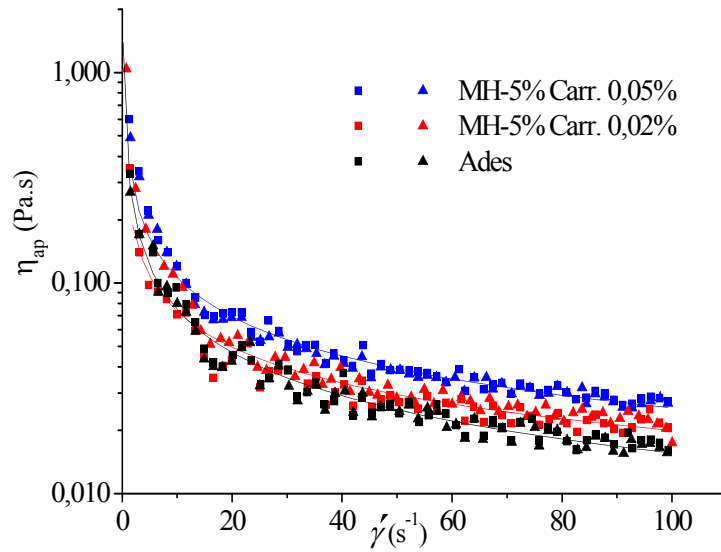


**Figura 10.** Comportamiento reológico de la MH con y sin STT, y de la bebida de soja Ades.

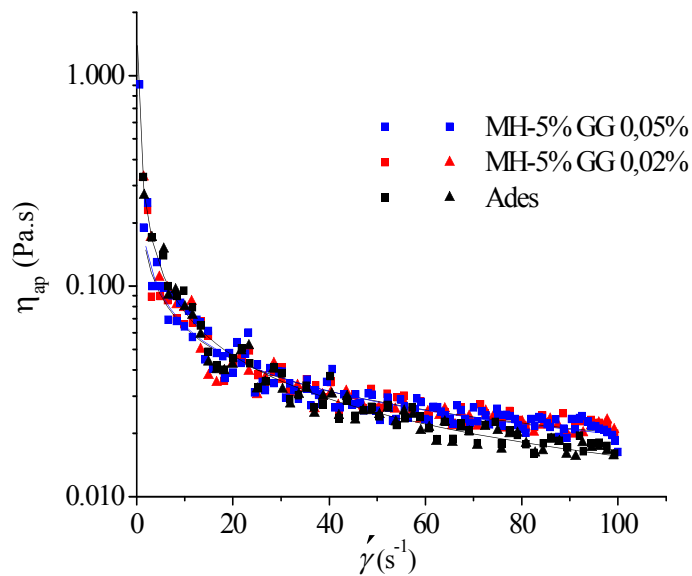
En la adición de los estabilizantes mencionados en el punto 4.3.1, las determinaciones reológicas se realizaron con suspensiones base MH-5% CTT, con 0,02 y 0,05% de estos hidrocoloides. El incremento de  $\eta_{ap}$  con estos agregados fue menos acentuado que en las muestras de molienda seca y no se verificó en todos los casos.

En la incorporación de Carragenina y Goma Xántica (Figuras 11 y 13) se puede apreciar un aumento de la  $\eta_{ap}$  con respecto a la bebida Ades y también diferencias entre las concentraciones ensayadas en ambos casos.

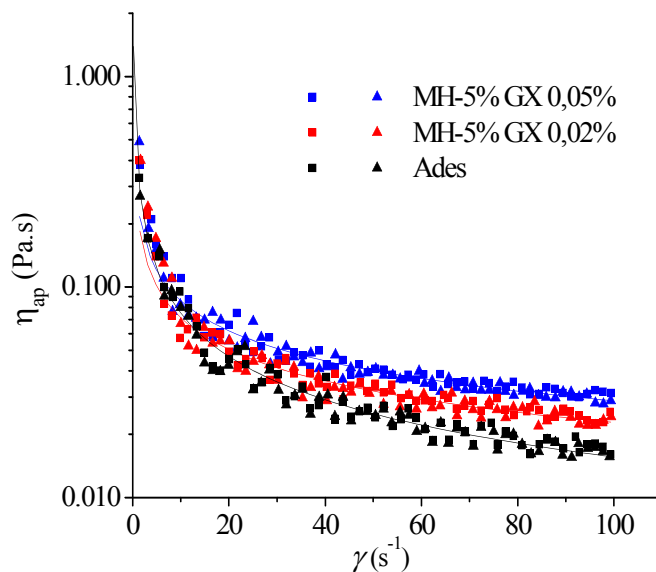
En cambio, las curvas correspondientes a 0,02 y 0,05% de Goma Garrofin (Figura 12) son prácticamente coincidentes con el testigo MH-5% CTT y con la bebida de referencia Ades.



**Figura 11.** Comportamiento reológico de la MH-5% CTT, con agregado Carr. (0,02 y 0,05 %) y de la bebida de soja Ades.



**Figura 12.** Comportamiento reológico de la MH-5% CTT, con agregado de GG (0,02 y 0,05 %) y de la bebida de soja Ades.



**Figura 13.** Comportamiento reológico de la MH-5% CTT, con agregado de GX (0,02 y 0,05 %) y de la bebida de soja Ades.

En las muestras derivadas de la MH también se verificó que los valores de índice de comportamiento de flujo ( $n$ ) fueron marcadamente inferiores a 1 (Tabla 13). En general, dichos valores resultaron algo menores a los correspondientes a molienda seca.

En cuanto a las  $\eta_{ap}$  a la velocidad de deformación de  $50 \text{ s}^{-1}$  (Shama y Sherman, 1973), el valor de la muestra MH-5% CTT fue aproximadamente igual al determinado para la bebida Ades. También se verificaron distintos grados de incremento de  $\eta_{ap}$  con la incorporación de los hidrocoloides mencionados, pero en todos los casos resultaron inferiores al los obtenidos por molienda seca.

**Tabla 13.**  $\eta_{ap}$  a  $\gamma = 50 \text{ s}^{-1}$  para los ensayos de molienda húmeda.

Muestras	$\eta_{ap}$ a $\gamma = 50 \text{ s}^{-1}$	n	k	R <sup>2</sup>
Ades	0,025	0,347	0,322	0,948
MH-5% STT	0,018	0,331	0,245	0,921
MH-5% CTT	0,026	0,404	0,270	0,954
MH-5% Carr. 0,02%	0,030	0,437	0,273	0,959
MH-5% Carr. 0,05%	0,039	0,382	0,441	0,971
MH-5% GG 0,02%	0,028	0,487	0,210	0,973
MH-5% GG 0,05%	0,028	0,499	0,201	0,935
MH-5% GX 0,02%	0,032	0,506	0,222	0,953
MH-5% GX 0,05%	0,040	0,527	0,255	0,983

#### 4.4. Análisis de estabilidad de las suspensiones

El comportamiento de las distintas suspensiones en cuanto a estabilidad a la sedimentación/clarificación se muestra en las Figuras 14 a 29. En las mismas, a la izquierda figuran las gráficas finales del equipo al cabo del tiempo de análisis (15 días), en el medio aparecen las curvas de sedimentación/clarificación y a la derecha se muestran las fotografías al final del período de 15 días.

Se analizó principalmente la aparición de un frente de clarificación en la parte superior del tubo y su variación con el tiempo, lo que permitió determinar la velocidad de sedimentación/clarificación ( $V_s/c$ ) y el tiempo de retardo ( $Tr$ ) como se ha descrito en punto 3.3.1.12. Los valores correspondientes de estos parámetros se resumen en la tabla 14. El comportamiento para las diferentes suspensiones fue muy diverso, pero permitió observar los cambios asociados a la búsqueda de las características deseadas.

#### 4.4.1. Estabilidad de las suspensiones obtenidas por molienda seca

La desestabilización de la suspensión MS-5% STT fue muy rápida, destacándose una  $Vs/c$  muy alta y un  $Tr$  muy pequeño en comparación con los restantes valores (Figura 14, Tabla 14). La muestra con tratamiento térmico presentó mayor estabilidad que la anterior (Figura 15).

Respecto al agregado de los hidrocoloides, en el ensayo con Carr. al 0,02% la muestra fue aparentemente estable al ser analizada por transmitancia, pero en realidad se formó una fase superior poco translúcida que se alcanza a ver en la fotografía correspondiente (Figura 16). Sin embargo, el análisis por back scattering mostró la desestabilización de la suspensión. Cuando la concentración de Carr. fue de 0,05% la suspensión fue estable durante el periodo de análisis (Figura 17, Tabla 14). En los casos de agregado de GG y GX los tiempos  $Tr$  aumentaron a varios días y las  $Vs/c$  mostraron valores muy variables (Figura 18 a 21, Tabla 14).

#### 4.4.2. Estabilidad de las suspensiones obtenidas por molienda húmeda

De manera similar al caso anterior, la muestra sin tratamiento térmico fue una de las más inestables. Sin embargo, los ensayos MH-5% STT y MH-5% CTT presentaron mayor estabilidad que las correspondientes muestras obtenidas por molienda seca (Figuras 22 y 23, Tabla 14).

La adición de Carr. al 0,02% favoreció la sedimentación con respecto a MH-5% CTT, disminuyendo marcadamente el tiempo de retardo ( $Tr$ ) y aumentando algo la velocidad de la misma ( $Vs/c$ ) (Figura 24 y Tabla 14). En cambio, la adición de 0,05% tuvo una respuesta semejante a dicho testigo (muestra sin hidrocoloide) (Figura 25 y Tabla 14).

La GG al 0,02% presentó valores levemente inferiores al testigo MH-5% CTT, pero para el 0,05% de incorporación mejoró la estabilidad, destacándose fundamentalmente una menor Vs/c (Figura 26 y 27, Tabla 14).

La GX presentó las mejores características estabilizantes con un importante aumento de la Tr y disminución de Vs/c en las dos concentraciones ensayadas (Figuras 28 y 29, Tabla 14). En particular, la determinación instrumental de la estabilidad en la muestra con 0,05% de GX, mostró un frente de sedimentación recién a los 10 días, que todavía no se apreciaba visualmente a los 15 días. Teniendo en cuenta este último resultado se preseleccionó la experiencia MH-5% CTT-0,05% GX como la base más apta desde el punto de vista de la estabilidad de la suspensión.

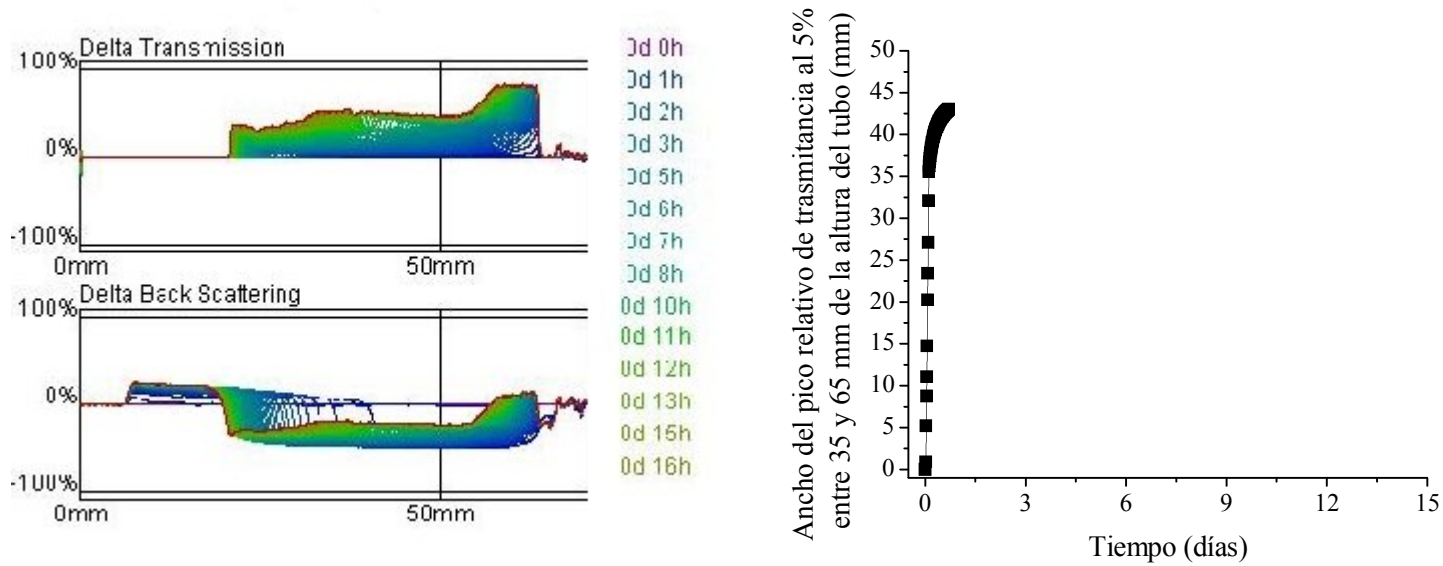


Figura 14. Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MS STT, (en este caso no se registró con una foto el estado final de la muestra)

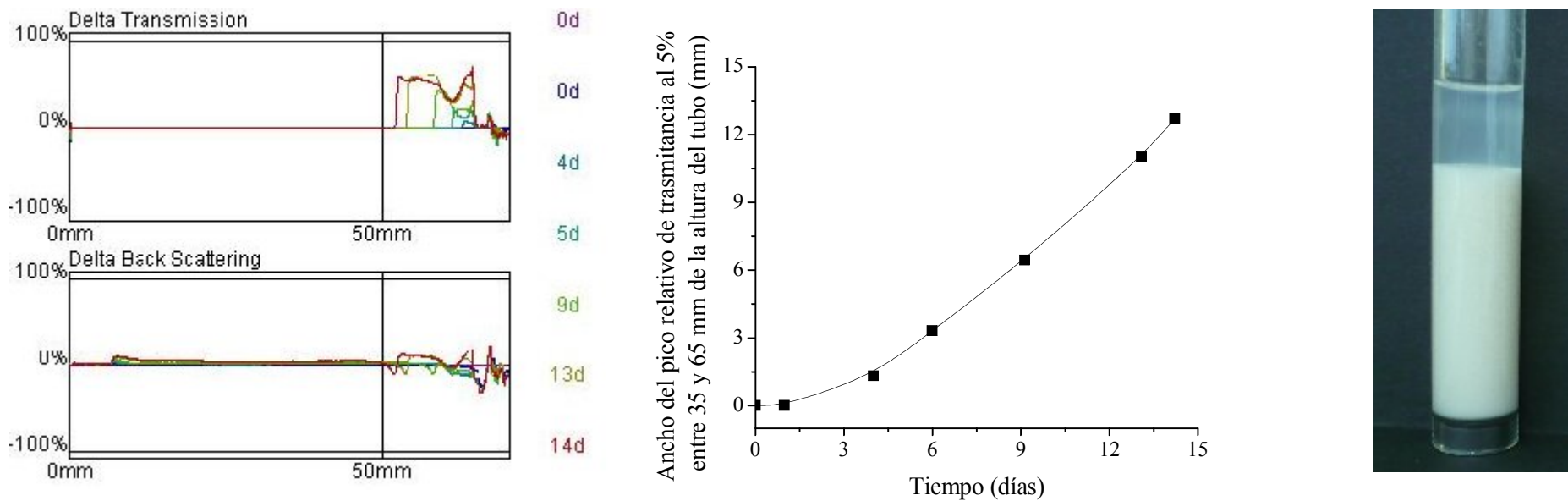
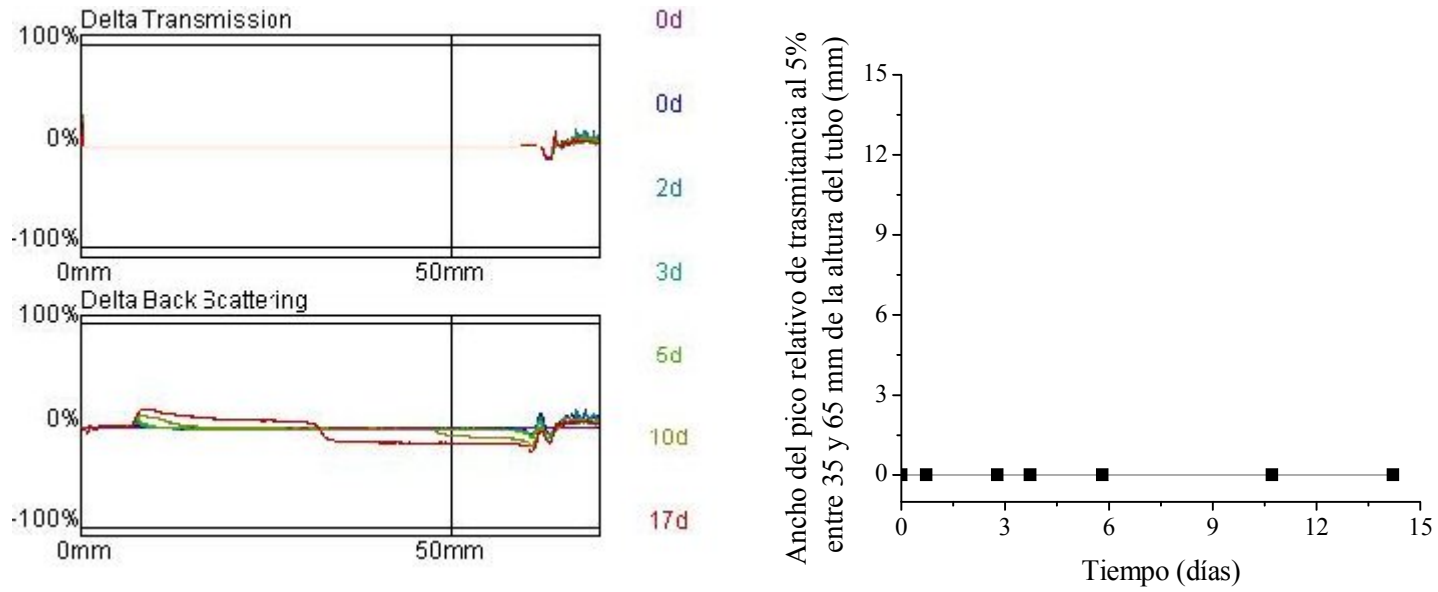
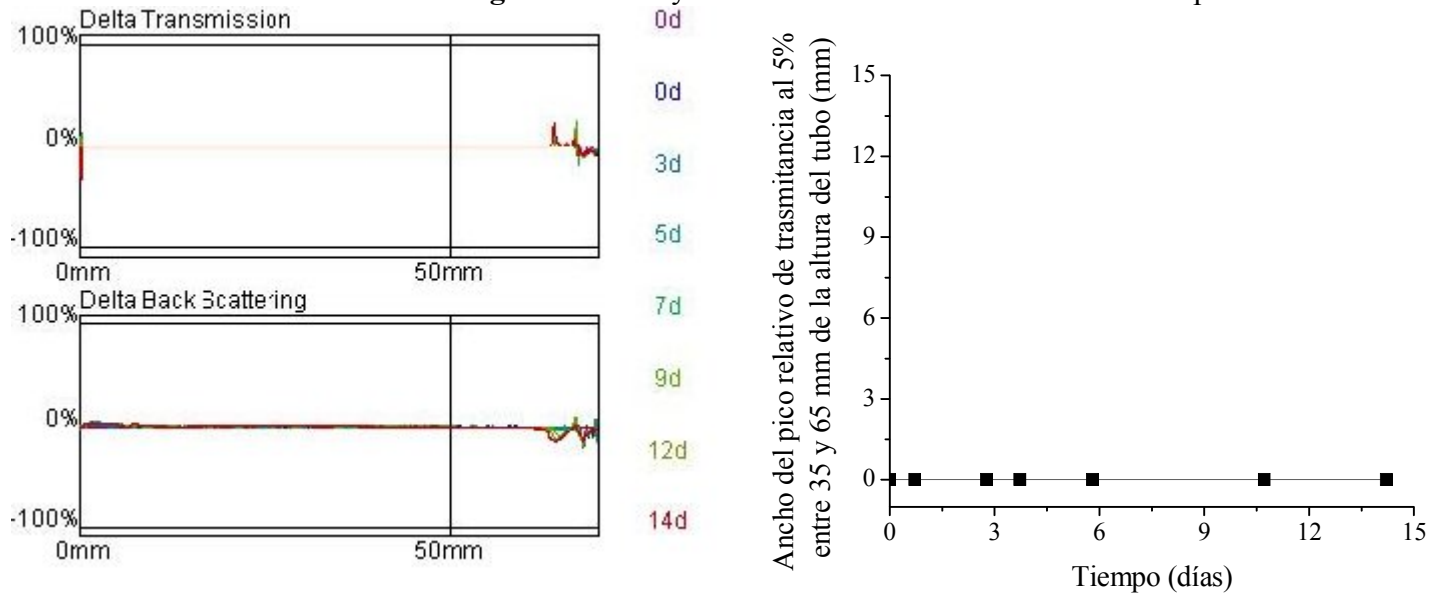


Figura 15. Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MS CTT

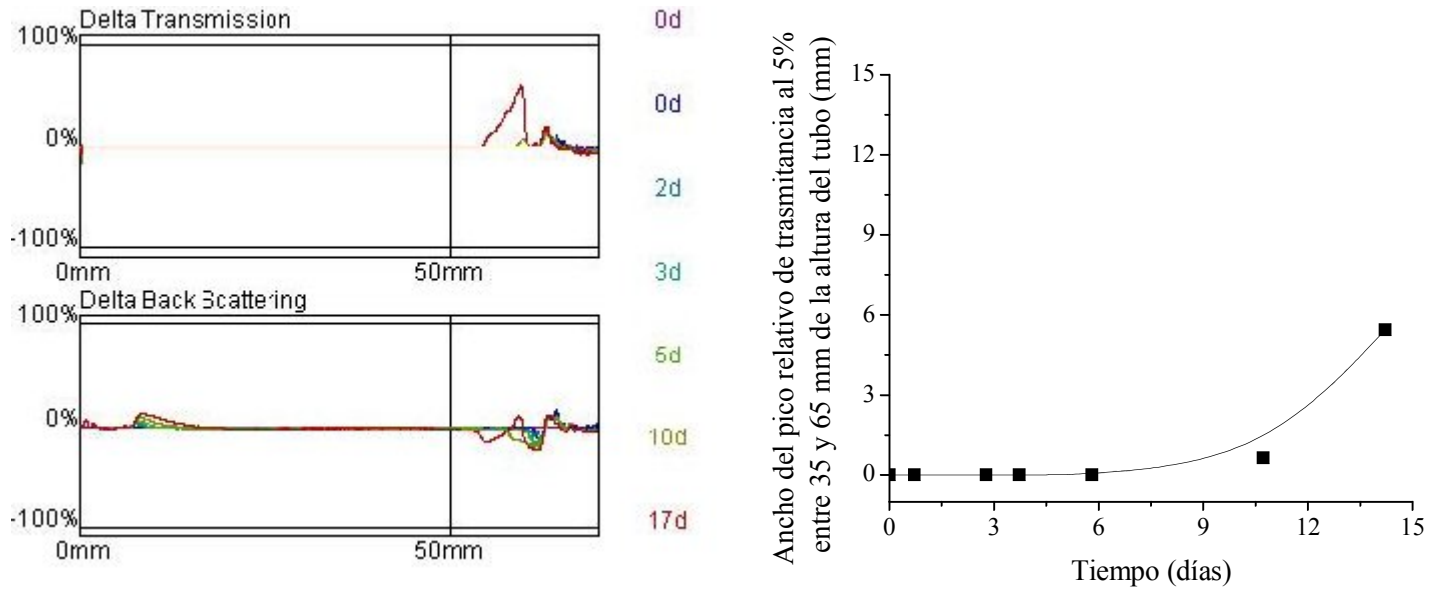


**Figura 16.** Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MS CTT con 0,02% de Carr.

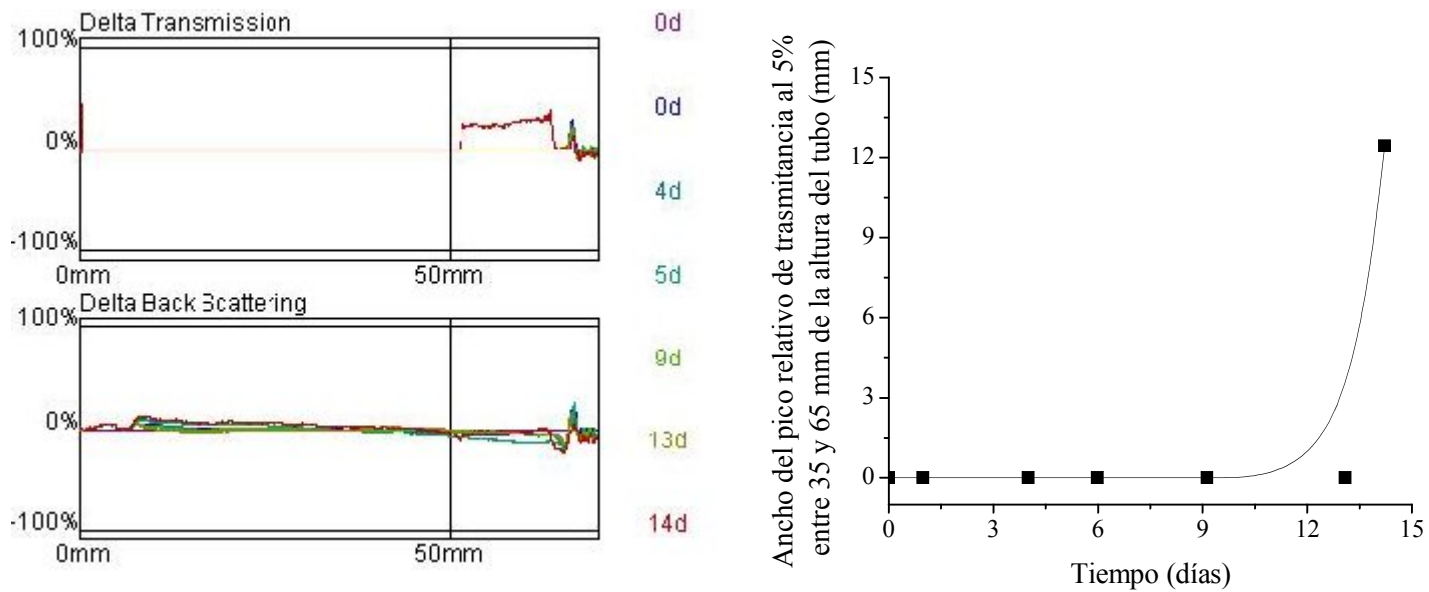


**Figura 17.** Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MS CTT con 0,05% de Carr.





**Figura 18.** Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MS CTT con 0,02% de GG



**Figura 19.** Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MS CTT con 0,05% de GG

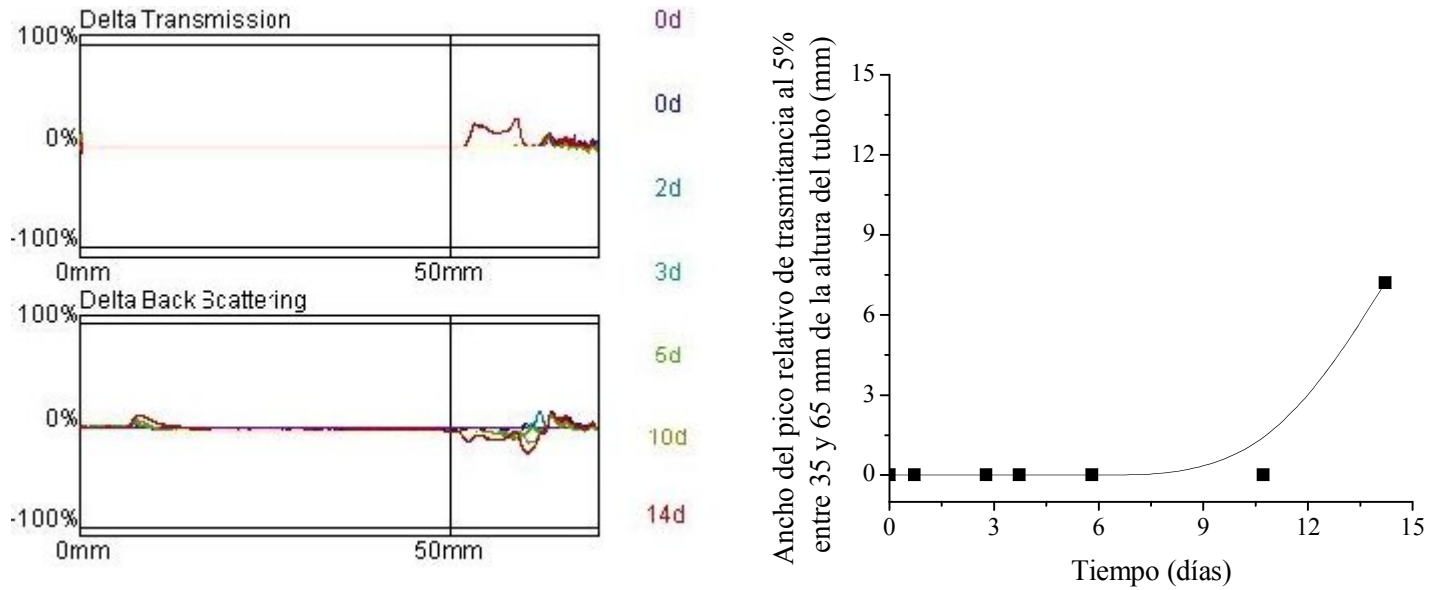


Figura 20. Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MS CTT con 0,02% de GX

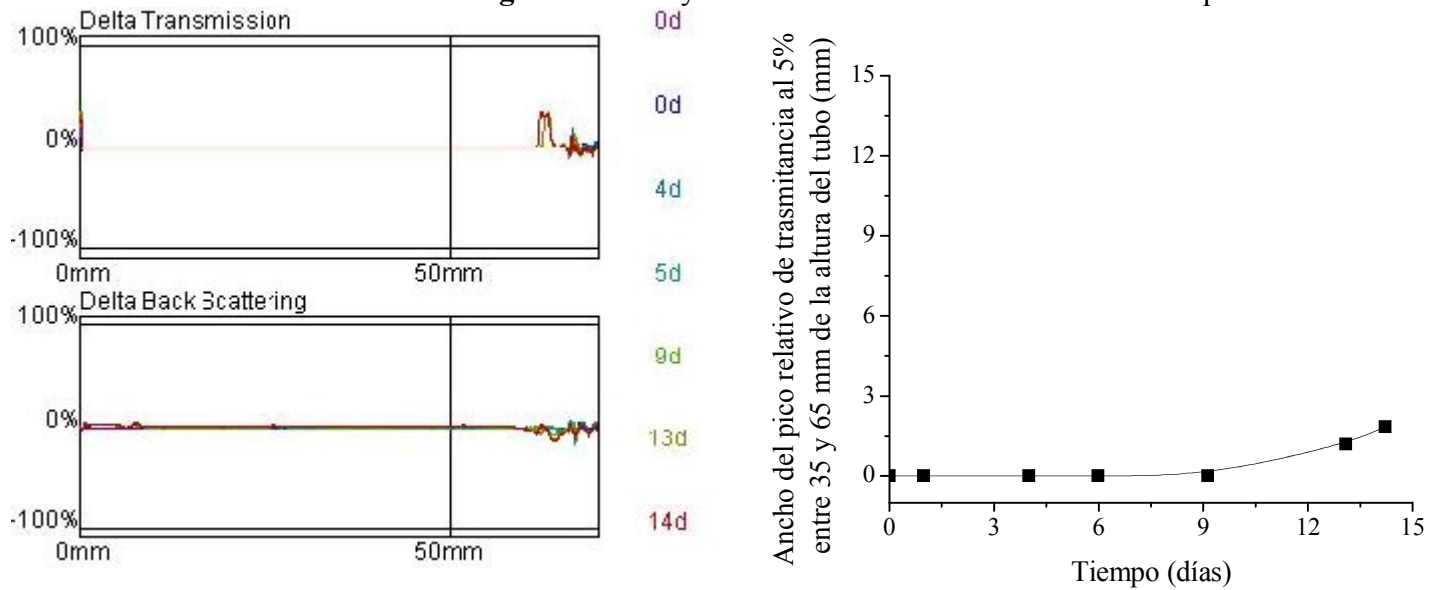


Figura 21. Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MS CTT con 0,05% de GX

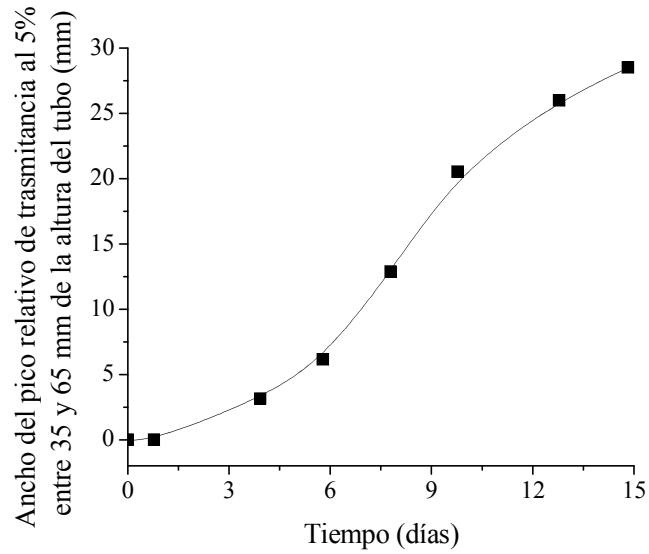
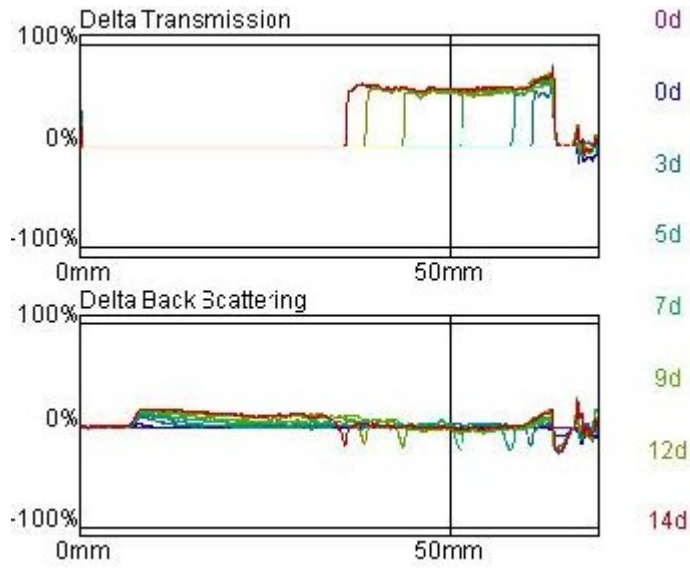


Figura 22. Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MH STT

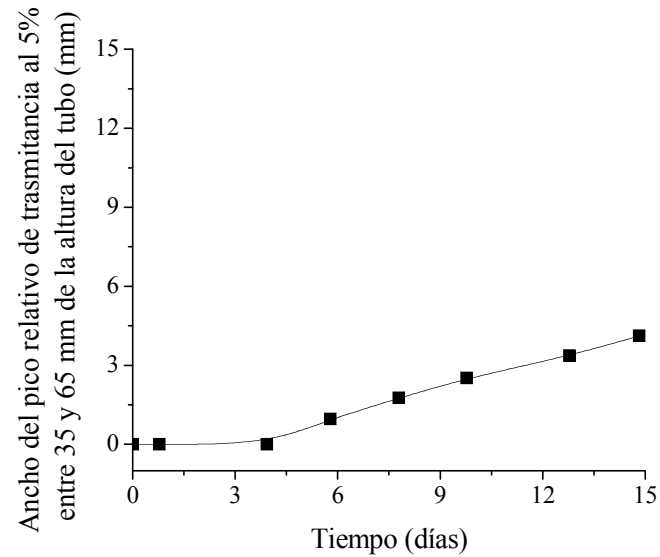
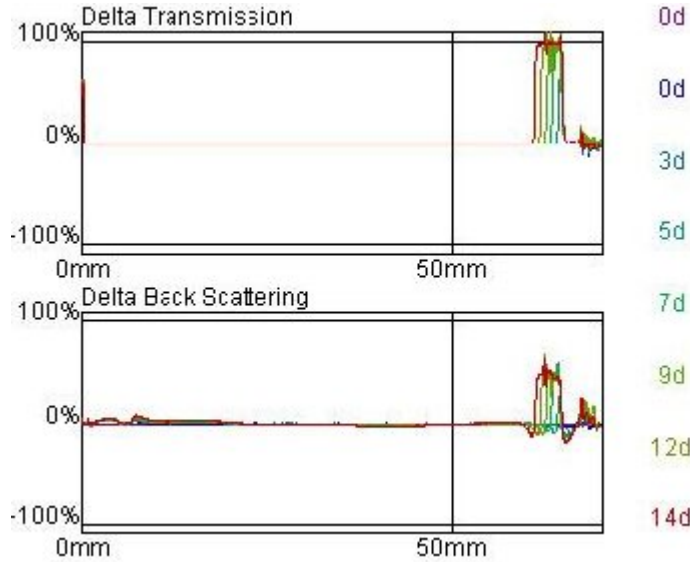


Figura 23. Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MH CTT

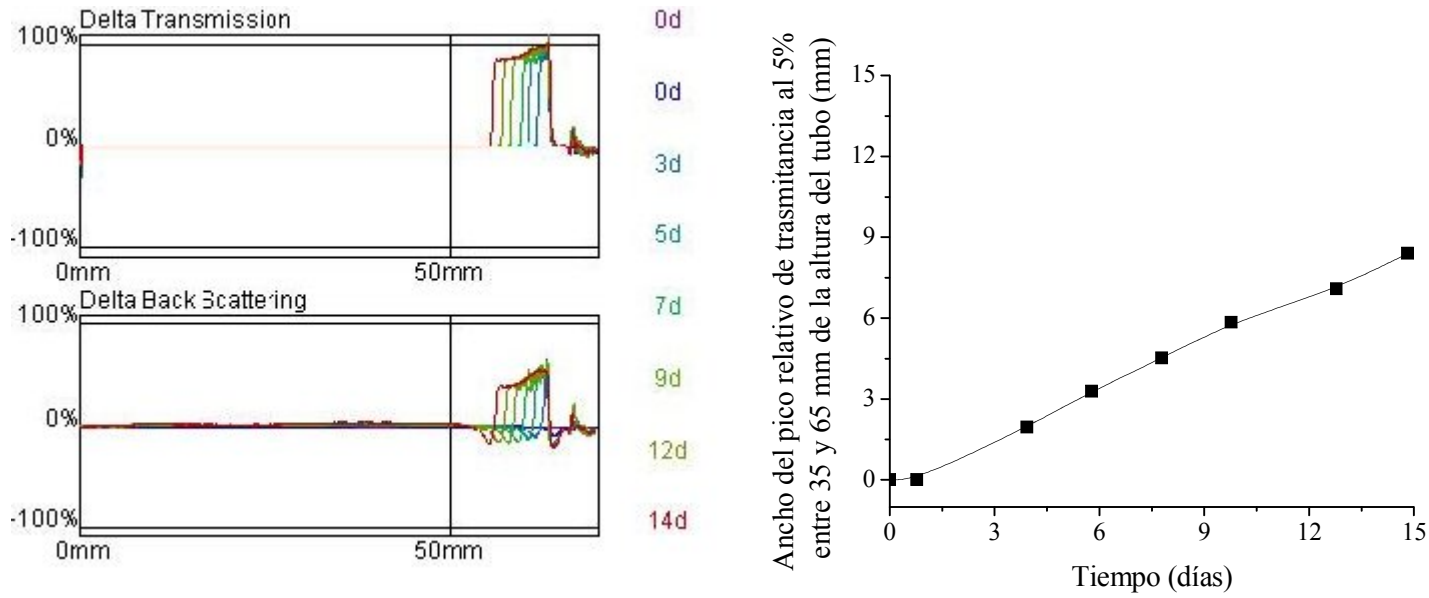


Figura 24. Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MH CTT con 0,02% de Carr.

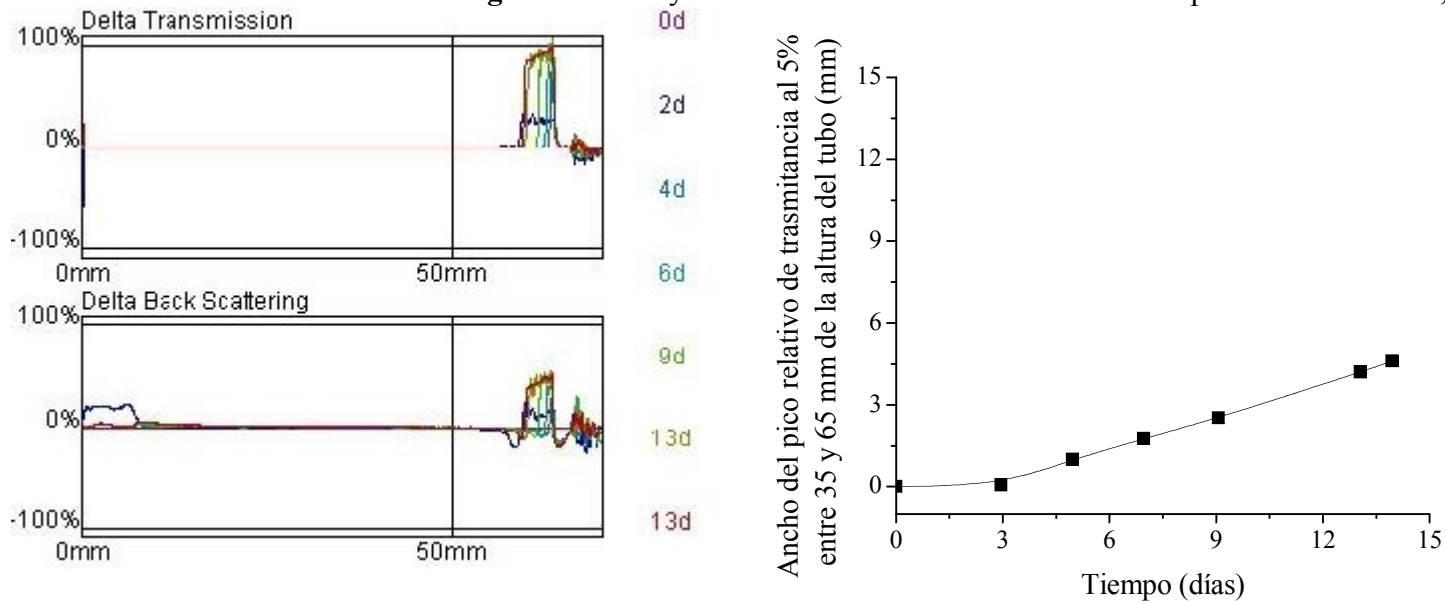


Figura 25. Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MH CTT con 0,05% de Carr.

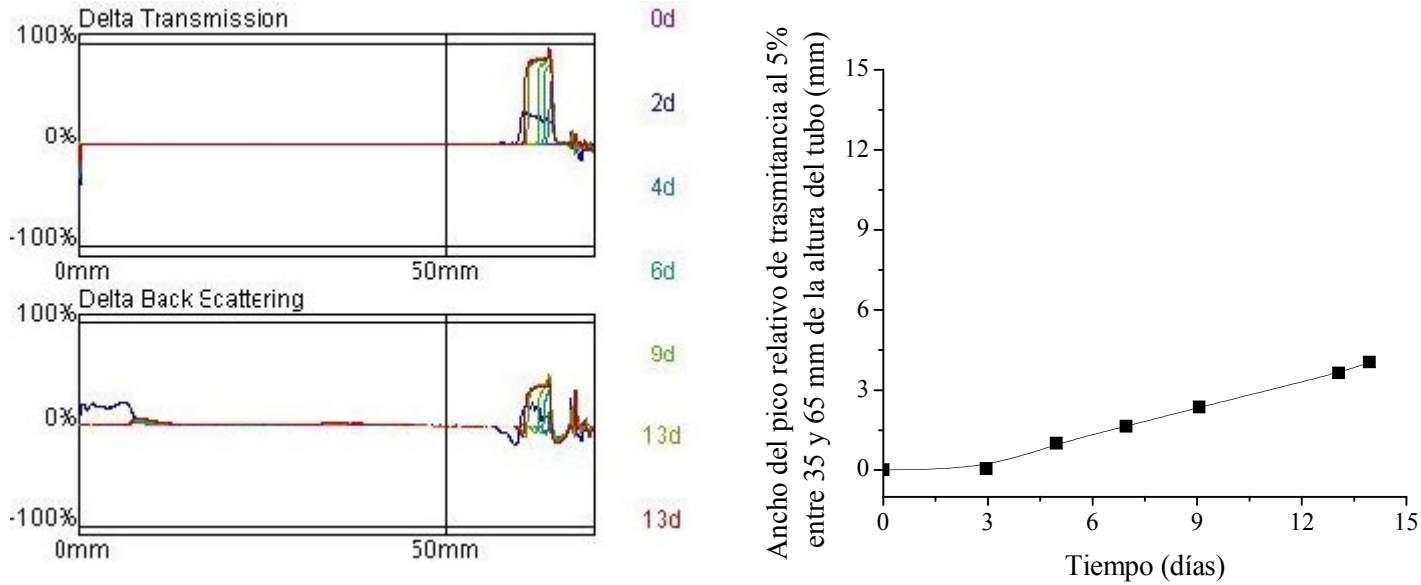


Figura 26. Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MH CTT con 0,02% de GG

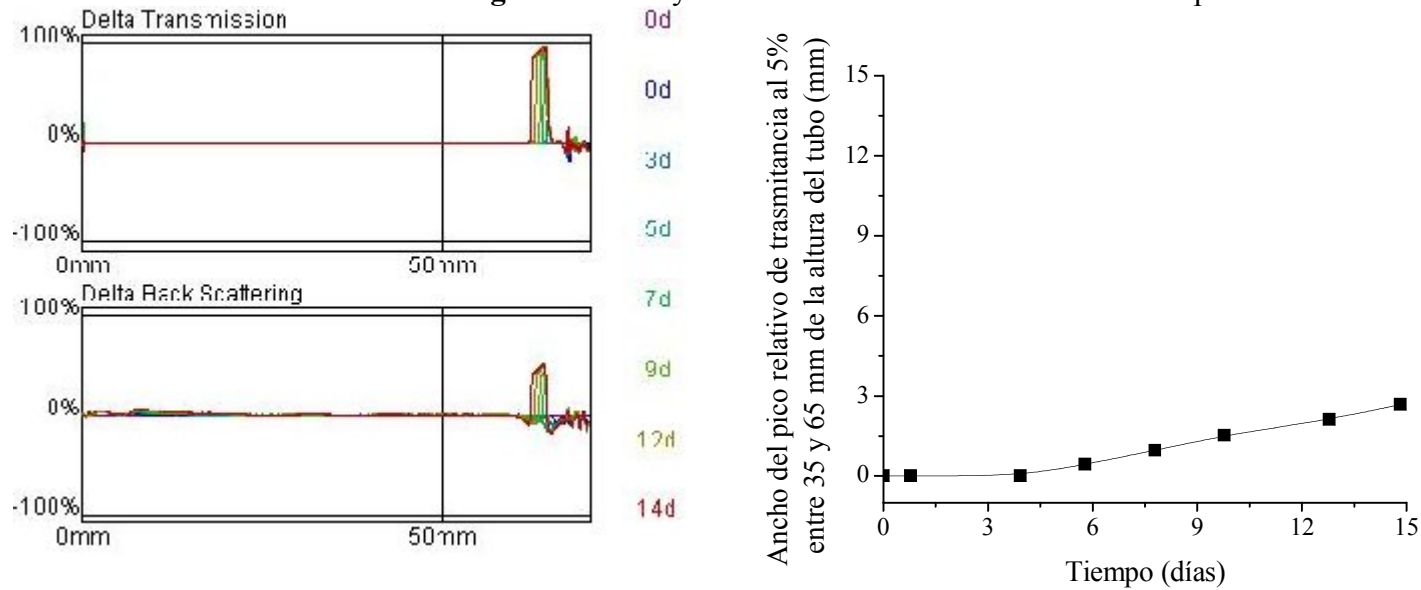
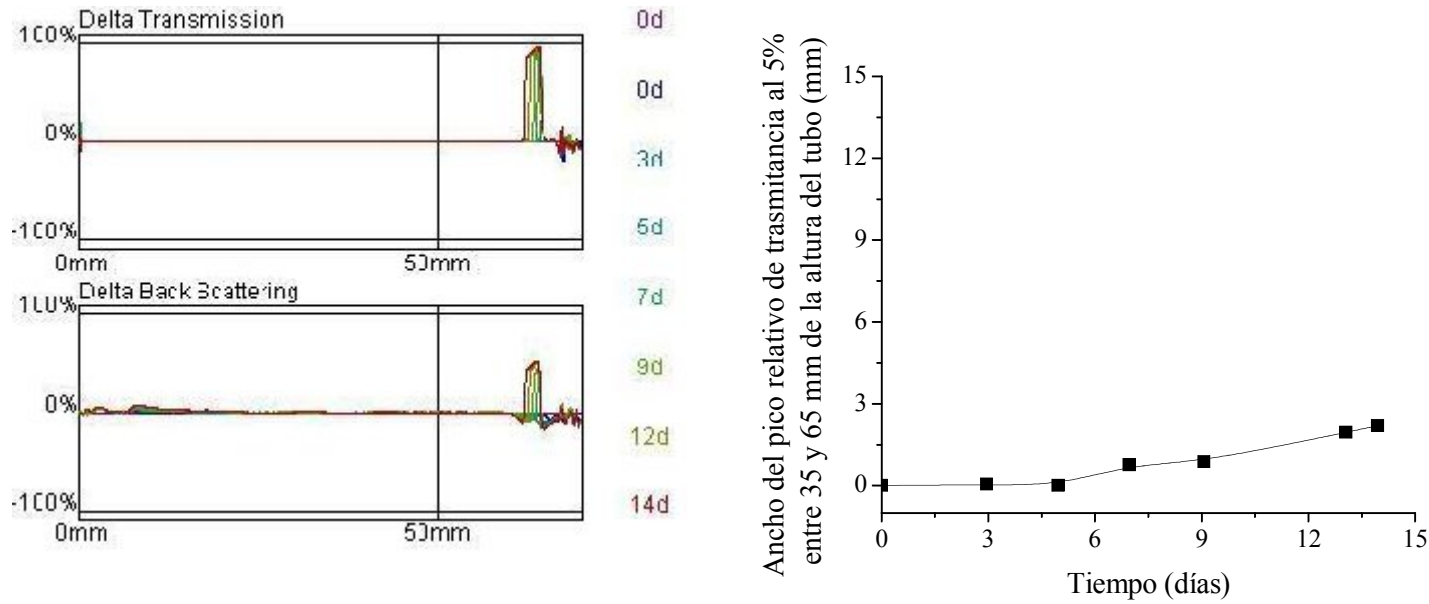
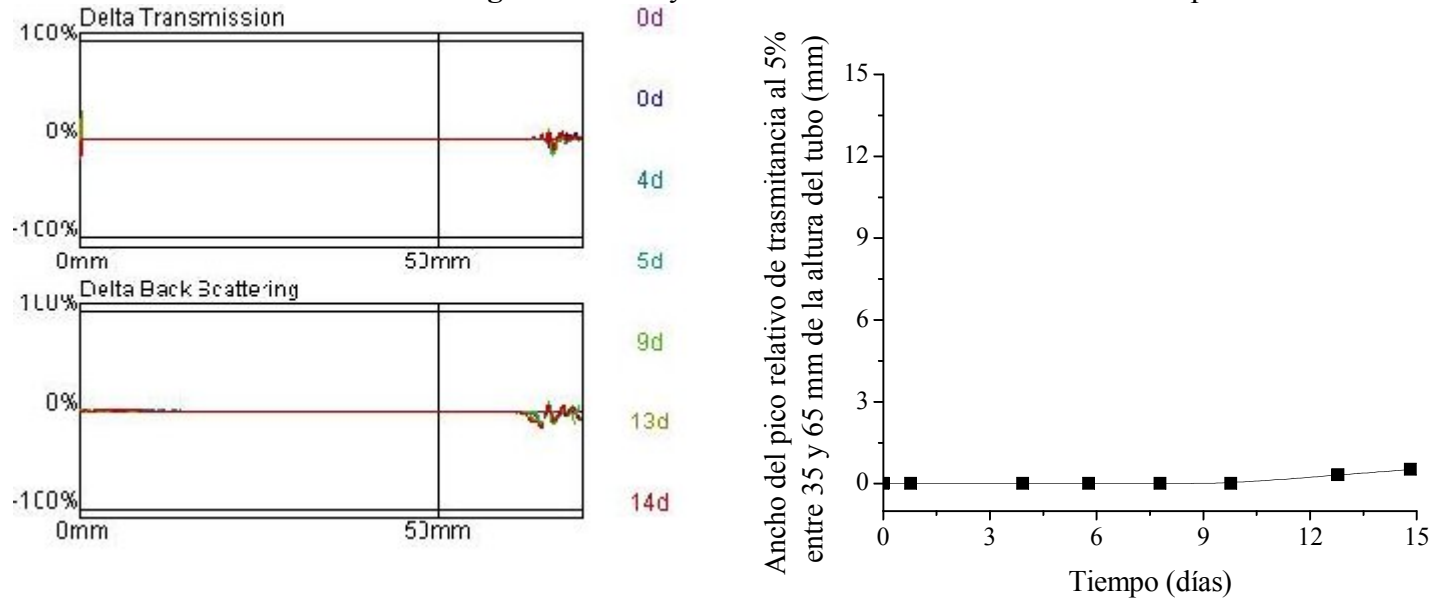


Figura 27. Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MH CTT con 0,05% de GG



**Figura 28.** Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MH CTT con 0,02% de GX



**Figura 29.** Ensayo de estabilidad de la muestra obtenida por MH CTT con 0,05% de GX

**Tabla 14.** Comparación de las velocidades sedimentación/clarificación (Vs/c) (mm/días) para la MS y MH de los testigos con y sin tratamiento térmico con respecto a los agregados de hidrocoloides.

Muestra	MS-5%		MH-5%	
	Tr (días)	Vs/c (mm/días)	Tr (días)	Vs/c (mm/días)
STT	0,04	416,1	0,8	3,59
CTT	1,0	1,52	3,9	0,46
Carr. 0,02%	--	--	0,8	0,65
Carr. 0,05%	0,0	0,00	3,0	0,45
GG 0,02%	5,8	1,37	3,0	0,45
GG 0,05%	13,1	10,9	3,9	0,27
GX 0,02%	10,7	2,06	5,0	0,27
GX 0,05%	9,1	0,56	10,0	0,10

#### 4.5. Composición de la bebida obtenida por el método seleccionado

En la Tabla 15 se compara la suspensión obtenida (MH-5% CTT) con la información de la bebida “leche de soja” marca Ades

**Tabla 15:** Composición g/100 ml de la bebida obtenida en base a semillas de amaranto y en comparación con la “leche de soja” marca Ades.

Componente	Bebida a base de	“Leche de soja”
	<i>A. mantegazzianus</i>	Ades <sup>b</sup>
Proteína	0,68	2,6
Cenizas	0,17	--
Grasas	0,31	1,5
Fibra	0,15	0,6
Almidón	3,70	4,0
Calorías <sup>a</sup>	20,3	39,9

<sup>a</sup> Calculada: como Cal/100 ml = %grasa x 9 + (%Proteína+%Almidón)x4.

<sup>b</sup> Informado en el envase del producto.

Además, se determinó el contenido de compuestos fenólicos totales y actividad antioxidante de dicha suspensión, resultando una concentración de compuestos fenólicos totales de  $0,42 \pm 0,01$  mg EAG/ml de suspensión y una actividad antioxidante de  $0,02 \pm 0,01$  mg ET/ml. Según estos resultados, la bebida a base de granos de amaranto podría ser ofrecida como un alimento funcional con sustancias antioxidantes naturales, de reconocido efecto beneficioso sobre la salud de los consumidores.

#### **4.6. Análisis sensorial**

##### **4.6.1. Análisis sensoriales primarios**

Se evaluaron las características texturales, de gusto, aroma y color de las bebidas testigo (MS-5% CTT y MH-5% CTT) y los resultados de la incorporación de los tres hidrocoloides estabilizantes, que se resumen en la Tabla 16.

La muestra MS-5% CTT resultó con poca viscosidad en relación a la bebida testigo Ades y a la MH-5% CTT. La adición de hidrocoloides en sus dos concentraciones en general aumentó la viscosidad y el grado de aspereza detectado en la boca. El gusto de todas las muestras obtenidas por molienda seca fue definido como amargo astringente suave, detectado en la parte posterior de la lengua y en la garganta; en cambio, la “leche de soja” Ades recibió la calificación de dulce-astringente suave. Al respecto, el término “astringente” puede ser incorporado en la sensación gustativa (Meilgaard et al., 1991) o como una percepción bucal de la textura (Jowitt, 1974), habiéndose optado en este caso por la primera alternativa. Por otra parte, la sensación de aspereza en el paladar puede ser provocada por pequeñas partículas sólidas residuales que quedan retenidas en la boca cuando las fuerzas de adhesión a la mucosa y a los dientes superan a las de atracción mutua (Rosenthal, 2001). Todas estas muestras



presentaron un aroma vegetal suave, sin diferencias apreciables entre ellas, el cual tiene similitud con el aroma característico de la “leche de soja”. El color fue apreciado como pardo suave con tonalidad grisácea, en todas las suspensiones ensayadas.

Respecto a la muestra MH-5% CTT, fue definida como un líquido semiviscoso, poco cremoso, con leve sensación de aspereza en la boca, características semejantes a las de la bebida de referencia. La adición de Carr. y GG no mostraron diferencias apreciables con la suspensión base y entre sí, pero las correspondientes a GX (al 0,02 y 0,05%) fueron calificadas como más cremosas y con mayor aspereza. Nuevamente el gusto de estas muestras fue calificado como amargo astringente, incrementado por la adición de Carr. y GX. El aroma fue evaluado como “vegetal suave” de manera similar a las muestras obtenidas por molienda seca. El color varió entre pardo suave grisáceo y pardo suave marrón según las muestras.

En función de estos resultados y los correspondientes a reología ( $\eta_{ap}$  a  $\gamma = 50$  s<sup>-1</sup>) y estabilidad se prosiguió el trabajo con la muestra MH-5% GX 0,05 como base de la formulación.

**Tabla 16.** Comparación de las características sensoriales primarias de las suspensiones obtenidas por MS-5% y MH-5%, y con el agregado de los hidrocoloides con respecto a la bebida comercial Ades.

Muestra	Ades	MS-5% CTT	Carr. 0,02%	Carr. 0,05%	GG 0,02%	GG 0,05%	GX 0,02%	GX 0,05%
<b>Textura</b>	Líquido semiviscoso - poca aspereza	Líquido - poco cremoso - poca aspereza	Líquido - cremoso - mayor aspereza	Viscoso - cremoso - mayor aspereza	Viscoso - poco cremoso - aspereza	Líquido - cremoso - mayor aspereza	Líquido - cremoso - aspereza	Viscoso - cremoso - poca aspereza
<b>Gusto</b>	Dulce - Astringente suave	Amargo astringente suave	Amargo astringente suave	Amargo astringente suave	Amargo astringente suave	Amargo astringente suave	Amargo astringente suave	Amargo astringente suave
<b>Aroma</b>	Vainillada	Vegetal muy suave	Vegetal muy suave	Vegetal muy suave	Vegetal muy suave	Vegetal muy suave	Vegetal muy suave	Vegetal muy suave
<b>Color</b>	Pardo suave (marrón)	Pardo suave (grisáceo)	Pardo suave (grisáceo)	Pardo suave (grisáceo)	Pardo suave (marrón)	Pardo suave (grisáceo)	Pardo suave (marrón)	Pardo suave (grisáceo)

Muestra	Ades	MH-5% CTT	Carr. 0,02%	Carr. 0,05%	GG 0,02%	GG 0,05%	GX 0,02%	GX 0,05%
<b>Textura</b>	Líquido semiviscoso - poca aspereza	Líquido semiviscoso - poco cremoso - poca aspereza	Líquido semiviscoso - poco cremoso - poca aspereza	Líquido semiviscoso - poco cremoso - poca aspereza	Líquido semiviscoso - poco cremoso - poca aspereza	Líquido semiviscoso - poco cremoso - poca aspereza	Líquido semiviscoso - cremoso - aspereza	Líquido semiviscoso - cremoso - aspereza
<b>Gusto</b>	Dulce - Astringente suave	Amargo astringente suave	Amargo astringente	Amargo astringente	Amargo astringente suave	Amargo astringente suave	Amargo astringente	Amargo astringente
<b>Aroma</b>	Vainillada	Vegetal muy suave	Vegetal muy suave	Vegetal muy suave	Vegetal muy suave	Vegetal muy suave	Vegetal muy suave	Vegetal muy suave
<b>Color</b>	Pardo suave (marrón)	Pardo suave (grisáceo)	Pardo suave (marrón)	Pardo suave (grisáceo)	Pardo suave (marrón)	Pardo suave (grisáceo)	Pardo suave (marrón)	Pardo suave (grisáceo)

## **4.6.2. Ensayos de formulación**

### **4.6.2.1. Adición de azúcar**

A fin de disminuir y/o enmascarar el gusto amargo astringente detectado, se ensayaron agregados de 5, 10 y 15% p/p de azúcar a la suspensión de máxima estabilidad ya mencionada. Se seleccionó como óptima la incorporación del 10%, por la reducción del gusto amargo, aunque se percibió poca influencia sobre la astringencia. La adición del 15% resultó en una bebida muy dulce. Como efecto colateral se destacó el incremento de la consistencia a nivel bucal.

### **4.6.2.2. Selección de esencias aromatizantes/saborizantes**

Con el objetivo de aumentar la aceptabilidad de la bebida se realizaron pruebas con seis aromatizantes-saborizantes agregados a la base previamente semiformulada (con GX al 0,05% y 10% de azúcar).

El primer grupo ensayado correspondió a las esencias de Vainilla, Chocolate y Café. Las dos primeras fueron evaluadas aceptablemente, destacándose que la esencia de Vainilla al 0,2% acentuó el gusto dulce sin llegar a enmascarar totalmente el amargor característico, en tanto que la esencia de Chocolate se percibió como un gusto fuerte, con tonalidad de licor alcohólico y con una sensación residual metálica a la mayor concentración (0,2%). En cambio, la esencia Café potenció el gusto amargo característico de la bebida al pasar de 0,15 al 0,2%.

En una segunda fase se prepararon combinaciones de los saborizantes vainilla y chocolate en varias proporciones, seleccionándose una dosis de 0,2% de Vainilla y 0,15% de Chocolate, para el enmascaramiento del gusto amargo y de la sensación metálica.

Dentro de los aromatizantes saborizantes frutales, la esencia de Frutilla no disminuyó el gusto amargo de la bebida, llegando a percibirse una tonalidad de este sabor recién al

0,3% de adición.

Por el contrario, los saborizantes Naranja y Lima-Limón mejoraron la aceptabilidad de la bebida. La esencia de Naranja se evaluó como un gusto suave que enmascaró el amargo astringente característico y un aroma a aceites esenciales poco persistente. El saborizante Lima-Limón en la mayor concentración ensayada (0,3%) también enmascaró los gustos cuestionados, mejorando el gusto dulce y otorgando un sabor a lima residual.

Así, como consecuencia de este estudio preliminar se seleccionaron las siguientes esencias y dosis para una posterior evaluación masiva de aceptabilidad:

- Mezcla de 0,2% de Vainilla y 0,15% de Chocolate
- Esencia Naranja 0,2%
- Esencia Lima-limón 0,3%

#### **4.6.3. Análisis sensoriales de aceptabilidad**

Como última etapa se elaboró una partida específica para la evaluación de aceptabilidad, por molienda húmeda, al 5% de sólidos, con tratamiento térmico. Dicha partida fue dividida en tres lotes, uno por cada esencia aromatizante-saborizante seleccionada. A su vez, cada lote fue fraccionado para su distribución masiva y degustación. En total se llegó a 112 personas que completaron la encuesta citada en el punto 3.4.2, presentándose los resultados de la misma en la Tabla 17.

**Tabla 17.** Resultados del ensayo sensorial de aceptabilidad.

Sabor	Muestras						
	Chocolate-Vainilla		Lima-Limón		Naranja		
	Total	Ponderado	Total	Ponderado	Total	Ponderado	
9	Me gusta muchísimo	2	18	3	27	5	45
8	Me gusta mucho	9	72	16	128	16	128
7	Me gusta moderadamente	28	196	23	161	28	196
6	Me gusta poco	26	156	24	144	29	174
5	Me resulta indiferente	6	30	8	40	7	40
4	Me disgusta poco	12	48	11	44	15	60
3	Me disgusta moderadamente	18	54	12	36	8	24
2	Me disgusta mucho	8	16	10	20	4	8
1	Me disgusta muchísimo	3	3	5	5	3	3
Totales		112	593	112	605	112	678

El análisis de dichos resultados se realizó de tres maneras:

A) Cálculo del valor medio ponderado.

En esta metodología en primer lugar se multiplica la frecuencia de cada uno de los juicios por el correspondiente valor asignado (entre 1 y 9), calculándose posteriormente las respectivas medias ponderadas dividiendo la sumatoria de los valores resultantes por el total de juicios.

De tal manera, se llegó a los siguientes valores medios ponderados:

Chocolate-Vainilla: 5,29

Lima- Limón: 5,40

Naranja: 6,05

En consecuencia, los sabores Chocolate-Vainilla y Lima-Limón resultaron dentro del rango de indiferencia, en tanto que al sabor naranja le correspondió el grado de “Me gusta poco”.

#### B) Cálculo de frecuencia relativa.

En esta segunda forma de evaluación se divide la frecuencia de juicios positivos de cada grado de gusto por el total de juicios, expresando el valor final como porcentaje.

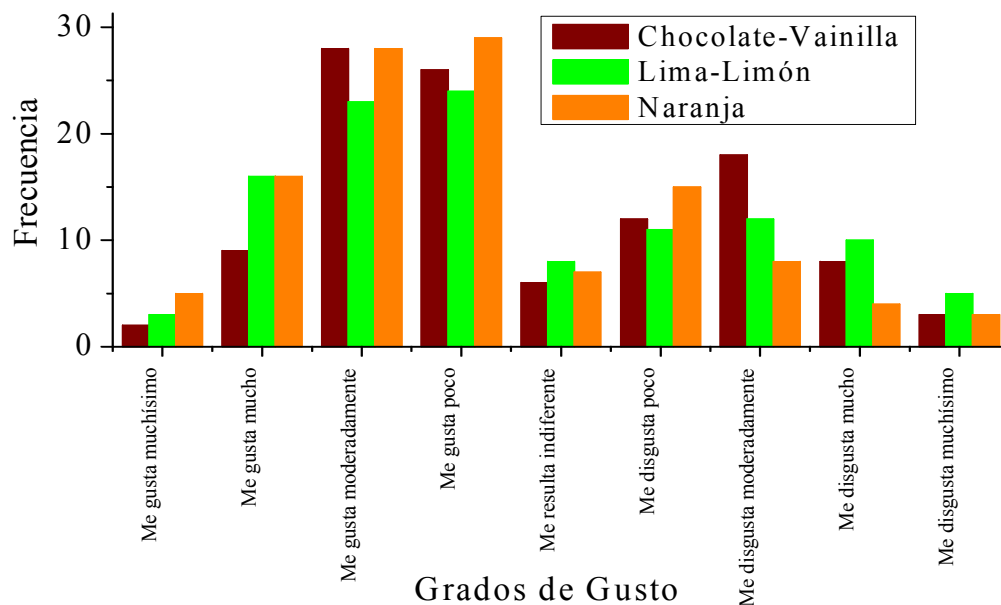
Así, resultaron los siguientes valores medio porcentuales:

Chocolate-Vainilla:	58 % de juicios positivos
Lima- Limón:	58,9 % de juicios positivos
Naranja:	69,6 % de juicios positivos

Los porcentajes correspondientes a las tres esencias superaron el 50% de juicios positivos, llegando a aproximadamente 70% en el caso de la esencia Naranja.

#### C) Gráfico de frecuencias absolutas

En la Figura 30 se presentan las frecuencias absolutas correspondientes a las tres esencias ensayadas. Se puede destacar que la mayor cantidad de juicios correspondieron a los grados de gusto “me gusta moderadamente” y “me gusta poco”.



**Figura 30.** Gráfico de frecuencias absolutas correspondientes a cada grado de gusto.

Por otra parte, en la Tabla 18 se muestran algunos términos que los evaluadores utilizaron para definir el aroma, flavor y la textura del producto, indicando tanto los aspectos positivos como negativos que definieron la aceptabilidad o rechazo, respectivamente.

**Tabla 18.** Expresiones utilizadas para describir aroma, flavor y textura del producto.

Chocolate + Vainilla	Lima-Limón	Naranja
<p>VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sabor agradable</li> <li>• Buen aroma</li> <li>• Buena textura</li> <li>• Suave al paladar</li> <li>• Aroma y gusto suaves</li> <li>• Residual persistente y agradable</li> </ul>	<p>VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sabor agradable</li> <li>• Buen aroma</li> <li>• Buena textura</li> <li>• Suave al paladar</li> <li>• Aroma y gusto suaves, refrescante</li> <li>• Residual persistente y agradable</li> <li>• Acidez propia del limón</li> </ul>	<p>VENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sabor agradable</li> <li>• Buen aroma</li> <li>• Aroma y gusto suaves</li> <li>• Buena textura</li> <li>• Suave al paladar</li> <li>• Residual persistente y agradable</li> <li>• Buena palatabilidad</li> </ul>
<p>DESVENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Gusto a tierra</li> <li>• Sabor artificial</li> <li>• Gusto a jarabe, cereal</li> <li>• Sabor a hongo, humedad</li> <li>• Sabor amargo</li> <li>• Residual amargo, astringente , metálico, no agradable</li> <li>• Desabrido y poco dulce</li> <li>• Consistencia mala, aspecto aguado</li> </ul> <p>El color influye para que el aspecto general no se vea favorecido.</p>	<p>DESVENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sabor artificial</li> <li>• Gusto a tierra</li> <li>• Sabor a hongo, hierba, medicamento</li> <li>• Aroma a detergente/desinfectante</li> <li>• Residual amargo / astringente</li> <li>• Desabrido y poco dulce</li> <li>• Consistencia mala, jabonosa, aspecto aguado</li> </ul> <p>El color influye para que el aspecto general no se vea favorecido.</p>	<p>DESVENTAJAS</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sabor artificial</li> <li>• Gusto a tierra, hierbas</li> <li>• Sabor a hongo, jarabe, medicamento</li> <li>• Residual amargo, astringente, desagradable</li> <li>• Poco dulce y poco sabor cítrico</li> <li>• Consistencia mala, aspecto aguado</li> </ul> <p>El color influye para que el aspecto general no se vea favorecido.</p>



En los tres análisis de resultados sensoriales la esencia Naranja resultó con las mejores puntuaciones, indicando a la misma como la más favorable para disminuir y/o enmascarar el sabor amargo-astringente característico de esta bebida.

## 5. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se estudió las condiciones de procesamiento y formulación para lograr una bebida en base a semillas de amaranto, con características sensoriales de aceptabilidad. Para ello se determinaron las condiciones óptimas de las etapas del proceso de elaboración, a fin de lograr un producto de calidad nutricional y buena aceptación, como contribución a la presente revolución dietaria y al interés en los Alimentos Funcionales.

Los métodos de obtención ensayados (MS y MH) presentaron rendimientos elevados, con leve diferencia a favor de la molienda seca. Sin embargo, la molienda húmeda produjo suspensiones con viscosidad similar a la bebida de soja Ades. El tratamiento térmico de las muestras resultó favorable en ambos casos, ya que aumenta la dispersabilidad proteica, gelatiniza el almidón y aumenta la estabilidad.

Ninguno de los procesos aplicados aseguró la estabilidad de las suspensiones y, por lo tanto, se hizo necesaria la adición de estabilizantes, para mejorar esta característica. En los ensayos reológicos de la bebida testigo y con adición de hidrocoloides se determinó un claro comportamiento pseudoplástico con distintos grados de intensidad. El análisis instrumental de estabilidad de las suspensiones demostró que la GX al 0,05%, presentó el mayor tiempo de retardo (10 días) y la menor velocidad de sedimentación.

En función de los resultados de las determinaciones reológicas y de estabilidad de las suspensiones se seleccionaron las siguientes condiciones de proceso: molienda húmeda, al 5% de sólidos totales, con tratamiento térmico y con incorporación de 0,05% de Goma Xántica.

Por otra parte, al analizar la composición de la bebida a base de granos de amaranto resultó ser una fuente de compuestos fenólicos con demostrada actividad antioxidante *in vitro*.

La caracterización sensorial de la bebida testigo y de las muestras con hidrocoloides estabilizantes determinó que el principal factor limitante de aceptabilidad fue el gusto amargo astringente. Ello llevó a ensayar y evaluar diversas formulaciones, determinándose la

conveniencia de incorporar un 10 % de azúcar, a seleccionar tres esencias (Vainilla-Chocolate, Naranja y Lima-Limón) y a fijar sus respectivas dosis. Como resultado de una evaluación sensorial masiva se determinó la esencia Naranja como la de mayor aceptabilidad.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC. 2002. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. Washington, D.C.
- Baeza, R. I., Sanchez, V. E. y Tolaba, M. P. 2009. Caracterización de Suspensiones Acuosas de Harina de Amarantho: Efecto del pH, Concentración y temperatura. Actas del XII Congreso Argentino de Ciencia y Tecnología de Alimentos (XII CYTAL), Concordia, Entre Ríos.
- Baker, L.A. y Rayas-Duarte, P. 1998. Freeze-thaw stability of amaranth starch and the effects of salt and sugars. *Cereal Chemistry* 75 (3): 301-307.
- Barba de la Rosa A.P.; Fomsgaard I. S.; Laursen B.; Mortensen A. G.; L. Olvera-Martínez L.; C. Silva-Sánchez C.; Mendoza-Herrera A.; González-Castañeda J.; A. De León-Rodríguez A 2009. Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) as an alternative crop for sustainable food production: Phenolic acids and flavonoids with potential impact on its nutraceutical quality. *J. of Cereal Science*. 49, 117–121.
- Barba de la Rosa A.P; Gueguen J.; Paredes-López O.; Viroben G. 1992. Fractionation procedures, eletrophoretic characterization, and amino acid composition of amaranth seed proteins. *J. Agric. Food Chem.* 40: 931-936.
- Becerra R., 2000. El amaranto; nuevas tecnologías para un antiguo cultivo. CONABIO. *Biodiversitas* 30: 1-6.
- Becker, R. 1989. Preparation, composition, and nutritional implications of amaranth seed oil. *Cereal Foods World*. 34:950-953.
- Becker, R.; Wheeler, E.L.; Lorenz, K.; Stafford, A.E.; Grosjean, O.K.; Betschart, A.A. y Saunders, R.M. 1981. A compositional study of amaranth grain. *J. of Food Science*, 46; 1175-1180.

- Benzie, I. F. F. y Strain, J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of Antioxidant Power : the FRAP assay. *Analytical Biochemistry*. 239: 70-76.
- Berger A., Monnard I., Dionisi F., Gumy D., Hayes K.C., Lambelet P. 2003. Cholesterol-lowering properties of amaranth flakes, crude and refined oils in hamsters. *Food Chemistry* 81:119–124.
- Betschart, A.A.; Irving, D.W.; Shepherd, A.D. y Saunders, R.M. 1981. *Amaranthus cruentus*: milling characteristics, distribution of nutrients within seed components, and the effects of temperature on nutritional quality. *J. of Food Science*, 46: 1181-1187.
- Bianco, L. 2008. Hidrólisis enzimática de polisacaridos insolubles de soja. Tesina del Ciclo de Licenciatura en Ciencias y Tecnología de Alimentos (FIQ-UNL), Director: Oscar D. Andrich.
- Bourne, L. C. y Rice-Evans, C.A. 1999. Detecting and measuring bioavailability of phenolics and flavonoids in humans: pharmacokinetics of urinary excretion of dietary ferulic acid. *Methods in Enzimology*. San Diego. 299: 91-106.
- Bourne, M.C. 1982. *Food Texture and viscosity*. New York, Ed. Academic Press.
- Breene, W.M. 1991. Food uses of grain amaranth. *Cereal Foods World* 36: 426-430.
- Bressani, R. 1989. The proteins of grain amaranth. *Food Review Int.* 5:13-38.
- Briedis, V.; Povilaitytė, V.; Kazlauskas, S.; Venskutonis, P.R. 2003. Polyphenols and anthocyanins in fruits, grapes wines, and evaluation of their antioxidant activity. *Medicina*. 39(2): 104-111.
- Calzetta Resio A., Aguerre R. J. y Suarez C. 2006. Hydration kinetics of amaranth grain. *J. of Food Engineering*, 72, 247-253.
- Castel V. 2010. Tesis de magister: Estudio de las propiedades funcionales, tecnológicas y fisiológicas de las proteínas de amaranto. FIQ, UNL.

- Chatuverdi, A.; Saronjini, G.; Devi, N.L. 1993. Hypocholesterolemic effect of amaranth seeds (*Amaranthus esculatus*). *Plant Food Human Nutr.* 44: 63-70.
- Choi, H.; Kim, W y Shin, M. 2004. Properties of korean amaranth starch compared to waxy millet and waxy sorghum starches. *Starch/Stärke* 56: 469-477.
- Clegg, S. M. 1995. Thickeners, gels and gelling. In S. T. Beckett (Ed.), *physico-chemical aspects of food processing* (pp. 117-141). Glasgow, Scotland: Blackie Academia & Professional.
- Coelho, K.D. 2006. Desenvolvimento e avaliação de aceitação de cereais matinais e barras de cereais á base de amaranto (*Amaranthus cruentus* L.). Dissertação de Mestrado em Saúde Pública. Faculdade de Saúde Pública. Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Covas G., 1994. Fitomejoramiento de amarantos (*Amaranthus* spp) para la región pampeana semiárida de la República Argentina. *Mendeliana* (suppl) 11(1), 68-70.
- Danz, R.A., Lupton, J. R. 1992. Physiological effects of dietary amaranth (*Amaranthus Cruentus*) on rats. *Cereal Foods World*, 37 (7); 489-494.
- Dickinson, E. (1997). Aggregation Processes, particle interactions, and colloidal structure. In E. Dickinson & B. Bergenstahl (Eds.), *Food Colloids* (pp. 107-126). Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry.
- Duarte Correa, A.; Jokl, L. y Carlsson, R. 1986. Chemical constituents, in vitro protein digestibility, and presence of antinutritional substances in amaranth grains. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 36 (2): 319-326.
- Early, K.D. 1986. Cultivo y usos del *Amaranthus* (kiwicha) en dos centros de domesticación: México y Perú. En: V Congreso Internacional de Sistemas Agropecuarios Andinos. Puno, Perú.

- Escudero, N.L.; Arellano, M.L.; Luco, J.M.; Gimenez, M.S. y Mucciarelli, S.I. 2004. Comparison of the chemical composition and nutritional value of Amaranth cruentus flour and its protein concentrate. *Plant Food for Human Nutrition* 59: 15-21.
- Fang, Y. Z.; Yang, S. y Wu, G. W. (2002). Free radicals, antioxidants, and nutrition. *Nutrition*. Nueva York. v. 18, n. 10, p. 872-879.
- FAO/WHO. 1991. Protein quality evaluation. Report of a join FAO/WHO expert consultation. FAO Food and Nutrition Paper n° 5, 66 p. Food and Agriculture organization of the United Nations. Rome.
- Gamel T. H.; Linssen J. P.; Mesallam A.S.; Damir A.A.; Shekib L.A. 2006. Effect of seed treatments on the chemical composition of two amaranth species: oil, sugars, fibres, minerals and vitamins. *J. Sci. Food Agri.* 86:82-89.
- Grajeta, H. 1997. Effects of amaranth (*Amaranthus cruentus*) seeds on lipid metabolism in rats. *Bromatologia i Chemia Toksykologiczna.* 30:25.
- Green, B. G. 1993. Oral astringency: A tactile component of flavor. *Acta Psicológica* Ámsterdam, 84 (15), 119-125.
- Halliweel, B. y Gutteridge, J. M. C. 1998. *Free Radicals in Biology and Medicine.* 2ª ed. Oxford University Press.
- Hauptli, H. 1977. Agronomic potential and breeding amaranth. *Proc. First Amaranth Seminary.* Emmaus, Pa.
- He, H.P.; Cai, Y.; Sun, M.; Corke, H. 2002. Extraction and purification of squalene from *Amaranthus* grain. *J. of Agricultural and Food Chemistry.* 50: 368-372.
- He, H.P.; Corke, H. 2003. Oil and squalene in amaranthus grain and leaf. *J. of Agricultural and Food Chemistry.* Chicago. 46: 3009-3015.
- Hoover R., Sinnott A. W. and Perera C. 1998. Physicochemical Characterization of Starches from *Amaranthus Cruentus* Grains. *Starch/Stärke* 50: 456-463.

- Irving, D.W.; Betschart, A.A. y Saunders, R.M. 1981. Morphological studies on *Amaranthus cruentus*. *J. of Food Science*, 46: 1170-1174.
- Jowitt, R. 1974. The Terminology of Food Texture. *J. of Texture Studies*, 5: 351-358.
- Juan, R., Pastor, J., Alaiz, M.; Megías, C. y Vioque, J. 2007. Caracterización proteica de las semillas de once especies de amaranto. *Grasas y Aceites*. 58(1): 49-55.
- Kigel J., 1994. Development and ecophysiology of amaranth. In: *Amaranth biology, chemistry and technology* (O. Paredes López, ed). Chapter 4. CRC Press Inc., 223 pp.
- Kim, H.K.; Kim, M.J.; Shin, D.H. 2006. Improvement of lipid profile by amaranth (*Amaranthus esculantus*) supplementation in streptozotocin-induced diabetic rats. *Ann. Nut. Metabolism*. 50:277-281.
- Klimczak, M.M. y Pacholek, B. 2002. Antioxidant activity of ethanolic extracts of amaranth seeds. *Nahrung*. 46 (3): 184-186.
- Langton, M., Astrom, A., Stading, M., & Hermansson, A. M. 1997. Effect of microstructure on sensory perception of particulate gels. In E. Dickinson & B. Bergenstahl (Eds.), *Food Colloids* (pp. 18-28). London: Royal Society of Chemistry.
- Lehmann, J.W. 1996. Case history of grain amaranth as an alternative crop. *Cereal Food World*. 41:399-411.
- Lehmann, J.W.; Putnam, D.H.; Qureshi, A.A. 1994. Vitamin E Isomers in Grain Amaranths (*Amaranthus* spp.). *Lipids*. 29:177-181.
- Li, G.H.; Le, G.W.; Shi, Y.H.; Shrestha, S. 2004. Angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides derived from food proteins and their physiological and pharmacological effects. *Nutr. Res*. 24:469-484.
- López, M. G., Bello-Pérez, L. A., and Paredes-López, O. 1994. Amaranth Carbohydrates. In *Amaranth: Biology, Chemistry and Technology*. O. Paredes-López, ed. CRC Press: Boca Raton, FL, p. 107-131.



- Marcone, M.F. 1999. Evidence confirming the existence of a 7S globulin-like storage protein in *Amaranthus hypochondriacus* seed. *Food Chem.* 65:533-542.
- Marcone, M.F. 2001. Starch properties of *Amaranthus pumilus* (seabeach amaranth): a threatened plant species with potential benefits for the breeding/amelioration of present *Amaranthus* cultivars. *Food Chemistry* 73: 61-66.
- Martirosyan, D.M.; Miroshnichenko, L.A.; Kulakova, S.N. 2007. Amaranth oil application for coronary heart disease and hypertension. *Lipids Research and Disease.* 6:1-12.
- Masoni, A. y Ercoli, L. 1994. Influencia de la época de cosecha sobre el rendimiento de concentrado de proteína foliar de amaranto. *El amaranto y su potencial* 1-2: 17-23.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, B.T. 1991. *Sensory Evaluation Techniques* (2nd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Moskowitz, H. R., & Krieger, B. 1995. The contributions of sensory living to overall living: An análisis of 6 food categories. *Food Quality and Preferente*, 6, 83-90.
- Nieto, C. 1990. El cultivo de amaranto (*Amaranthus* spp) una alternativa agronómica para Ecuador. INIAP, EE. Santa Catalina. Publicación Miscelánea N°52. Quito, Ecuador.
- Paduan M., 2009. Caracterización de almidón de amaranto (*Amaranthus mantegazzianus*) obtenido en planta piloto. Tesina del Ciclo de Licenciatura en Ciencias y Tecnología de Alimentos (FIQ-UNL). Director: Oscar D. Andrich.
- Palmetti N., 2009. Nutrición depurative – Lácteos vegetales. Cap. 7.
- Pantanelli, A. 2001. Prometedora resurrección del amaranto. Los mayas ya lo sabían. *Revista Alimentos Argentinos*, Edición N° 18. ([www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r\\_18/18\\_07\\_amaranto.htm](http://www.alimentosargentinos.gov.ar/0-3/revistas/r_18/18_07_amaranto.htm).)
- Plate A., Areas J. 2002. Cholesterol-lowering effect of extruded amaranth (*Amaranthus caudatus* L.) in hypercholesterolemic rabbits. *Food Chemistry* 76:1-6.

- Prinz, J. F., & Lucas, P. W. 1996. Salivary Lubrication: The effect of tannins. *American J. of Physical Anthropology*, 22, 190-191.
- Qureshi, A. A., Lehmann, J. W., & Peterson, D. M. 1996. Amaranth and its oil inhibit cholesterol biosynthesis in 6-week-old female chickens. *J. of Nutrition*, 126; 1972-1978.
- Radosavljevic, M.; Jane, J. y Johnson, L.A. 1998. Isolation of amaranth starch by diluted alkaline-protease treatment. *Cereal Chemistry* 75 (2): 212-216.
- Rasper, V. 1988. Theoretical aspects of amylographology. En: Shuey, W. C. y Tipples, K. H. (editores). *The amylograph handbook*. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, pág. 1-6.
- Ribeiro, S. M. R. 2005. A formação e os efeitos das espécies reativas de oxigênio no meio biológico. *Bioscience J.. Uberlândia*. 21 (3): 133-149.
- Rosenthal, A. J. 2001. *Textura de Alimentos, Medida y Percepción*. Zaragoza, España. Editorial ACRIBIA, S.A.
- Salcedo-Chávez, B.; Osuna- Castro J. A.; Guevara- Lara F.; Domínguez- Domínguez J.; Paredes-López O. 2002. Optimization of the isoelectric precipitation method to obtain protein isolates from Amaranth (*Amaranthus cruentus*) seeds. *J. Agric. Food Chem.* 50: 6515-6520.
- Sánchez Marroquín, A. 1983. Dos cultivos olvidados, de importancia agroindustrial: el amaranto y la quinua. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición* 33 (1): 11-32.
- Sancho J., Bota E. y De Castro J.J. (2002). "Introducción al análisis sensorial de los alimentos". Edicions Universitat de Barcelona – Alfaomega.
- Saunders, R.M. y Becker, R. 1984. Amaranthus: a potential food and feed resource. En: Pomeranz, Y. (editor), *Advances in Cereal Science and Technology*, Vol VI. American Association of Cereal Chemists, Inc., St Paul, pág. 357-396.

- Schnetzler, K., Breene, W. 1994. Food uses and Amaranth Product Research: A Comprehensive Review. In: Amaranth Biology, Chemistry and Technology (O. Paredes López, ed). Chapter 9 CRC Press Inc., 223 pp.
- Scilingo, A.A.; Ortiz, S.E.M.; Martinez, E.S.; Añón, M.C. 2002. Amaranth protein isolates modified by hydrolytic and thermal treatments. Relationship between structure and solubility. Food Research International 35: 855-862.
- Segura-Nieto, M., Barba de la Rosa, A. P., Paredes-Lopez, O. 1994. Biochemistry of amaranth proteins. In O. Paredes-Lopez (Ed.), Amaranth: biology, chemistry and technology (pp. 75–106). Boca Raton: CRC Press.
- Segura-Nieto, M.; Vázquez-Sanchez, N.; Rubio-Velázquez, H.; Olguin-Martinez, O.; Rodriguez-Nester, C.E.; Herrera-Estrella, L. 1992. Characterization of Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) seed proteins. J. Agric. Food Chem. 40:1553-1558.
- Shama, F., Sherman, P. 1973. Identification stimuli controlling the sensory evaluation of viscosity: II. Oral methods. J. of Texture Studie. 4, 111-118.
- Sherman, P. 1969. A textura profile of foods tufos based upon well-defined rheological properties. J. of Food Science 34, 458-462.
- Shuey, W. C. y Tipples, K. H. (editores). 1988. The amylograph handbook. American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, pág. 32.
- Silva-Sánchez C.; Barba de la Rosa, A.P.; León-Galván, M.F.; De Lumen, B.O.; León-Rodríguez, A.; Gonzáles de Mejía, E. 2008. Bioactive Peptides in Amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) Seed. J. Agric. Food Chem. 56:1233-1240.
- Singh, R.P.; Murthy, K.N.C. y Jayaprakasha, G.K. 2002. Studies on the antioxidant activity of pomenagrade (*Punica granatum*) peel and seed extracts using in vitro models. J. Agric. Food Chem. Chicago. 50, 81-86.
- Smith, A. y Circle, S. 1972. Soybeans: Chemistry and Technology.

- Soares, S.E. 2002. Ácidos fenólicos como antioxidantes. *Revista de Nutrição*. Campinas. 15(1): 71-81.
- Soriano-García M. S. (2008). Boletín UNAM-DGCS-126, Ciudad Universitaria ([http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2008\\_126.html](http://www.dgcs.unam.mx/boletin/bdboletin/2008_126.html)).
- Steffe, J. F. 1996. *Rheological Methods in Food Process Engineering*. Freeman Press, USA.
- Stone, L. A., Lorenz, K. 1984. The starch of amaranth. *Physicochemical properties and functional characteristics*. *Starch/Stärke*, 36, 232-237.
- Thaipong K.; Boonprakob U.; Crosby K.; Cisneros-Zevallos L.; Burne D.H. 2006. Comparison of ABTS, DPPH, FRAP and ORAC assays for estimating antioxidant activity from guava fruit extracts. *J. of Food Composition and Analysis*. 19:669-675.
- Tosi, E.A.; Ré, E.; Lucero, H.; Masciarelli, R. 2001. Dietary fiber obtained from amaranth (*Amaranthus cruentus*) grain by differential milling. *Food Chem*. 73: 441-443.
- Troiani R.M., Sanchez T., Reinaudi N., 1998. Una amarantácea con posibilidades de consumo y cultivo granífero y hortícola. *Rev. Fac. Agron. (LUZ) Universidad del Zulia*. Venezuela. 15, 30-37.
- Uriyapongson, J., Rayas-Duarte, P. 1994. Comparison of yield and properties of amaranth starches using wet and dry-wet milling processes. *Cereal Chemistry* 71 (6): 571-577.
- Wu, J.; Ding, X. 2002. Characterization of inhibition and stability of soy-protein-derived angiotensin I-converting enzyme inhibitory peptides. *Food Res. Int.* 35(4):367-375.
- Yáñez, E.; Zacarias, I.; Granger, D.; Vásquez, M.; Estévez, A. 1994. Caracterización química y nutricional del amaranto (*Amaranthus cruentus*). *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. Caracas. 44(1):57-62.
- Yanez, G. A.; Messinger, J.K.; Walker, C.E. y Rupnow, J.H. 1986. *Amaranthus hypocondriacus*: starch isolation and partial characterization. *Cereal Chemistry* 63: 273-276.