

**Universidad de Chile**

Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas

Departamento de Ciencias de los Alimentos y Tecnología Química

Ingeniero

En Alimentos

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE LA  
HARINA INTEGRAL DE QUINOA ORGÁNICA**

**JOSÉ LUIS MANUEL PAJARITO PARKER**

SANTIAGO. CHILE. 2005

Profesor Patrocinante : Eduardo Castro Montero

Profesores Evaluadores : Vilma Quitral Irma Pennacciotti

A la memoria de Tomislav Yelincic.  
“*Tu recuerdo permanece en mi corazón*”

## I. INTRODUCCIÓN

La quínoa (*Chenopodium quinoa Willd*) es un grano alimenticio que se cultiva ampliamente en la región andina, desde Colombia hasta el norte de la Argentina para las condiciones de montañas de altura, aunque un ecotipo que se cultiva en Chile, se produce a nivel del mar. Domesticada por las culturas prehispánicas, se la utiliza en la alimentación desde por lo menos unos 3.000 años. Se le menciona como una especie de importancia a la llegada de los españoles a Sudamérica (Tapia, 1997).

La quínoa fue, junto con la patata, el maíz, las judías y el tomate, una de las plantas sagradas de culturas ancestrales, especialmente la Inca (Tapia, 1997) Crece en alturas superiores a los 3.000 m sobre el nivel del mar, no exige terrenos especiales y se desarrolla inclusive en suelos abandonados. En estado silvestre se localiza en zonas comprendidas entre los 2.600 y 3.700 m. Por su parecido con el arroz los primeros españoles la denominaban “**arrocillo americano**” o “**trigo de los incas**” (Lépoire, 2004).

El principal componente de los granos de quínoa es el almidón, que constituye el 60% del peso fresco del grano con sólo el 11% de amilosa. Sus gránulos pueden encontrarse aislados o en grupos más o menos compactos. Esta estructura contrasta con la de los cereales, donde los gránulos de almidón se encuentran aislados, son mucho más grandes y con un contenido de amilosa que va desde el 17% (arroz) al 28% (trigo) La estructura de la amilopectina del almidón de la quínoa es similar a la de los cereales, pero su elevado contenido hace que la pasta de quínoa sea más viscosa que la del trigo (Herencia, 1998).

El contenido de proteínas, alrededor del 15%, es mayor que el del arroz y maíz y similar al del trigo duro. Están formadas por albúminas y globulinas, principalmente, y el bajo contenido en prolaminas y glutelinas motiva a que se afirme que la quínoa no tiene gluten. La carencia de gluten puede ser un factor restrictivo para el empleo de la harina de quínoa en panificación, pero es de gran utilidad para su utilización en la dieta de personas sensibles a las que la presencia de gluten ocasiona afecciones de colon e importantes lesiones intestinales. Las proteínas de la quínoa presentan una proporción de aminoácidos

más equilibrada que la de los cereales especialmente en lisina, histidina y metionina, lo que le proporciona un valor especial en las dietas vegetarianas (Alía y González, 2003). La propiedad de la proteína de la quínoa para formar geles y proporcionar una matriz estructural con el agua, sabores y otros ingredientes en la elaboración de alimentos, es lo que motiva el desarrollo de nuevos productos alimenticios (Oshodi y col., 1999).

El pequeño grano contiene, asimismo, ácidos grasos esenciales para la dieta humana (contenido medio entre 5,3 y 6,3% del peso fresco) En la composición de los lípidos dominan los ácidos grasos insaturados, destacando su alto contenido de ácido linoleico (50,2-56,1%) y oleico (22,0-24,5%), y moderado de linolénico (5,4-7,0%) (Alía y González, 2003). En general, las materias grasas cumplen una serie de roles en nuestra dieta, además de ser la principal fuente de energía, son fuente de ácidos grasos esenciales para el organismo animal (Masson y Mella, 1985).

La densidad de nutrientes en la comida infantil elaborada basándose en la quínoa puede llegar a satisfacer los requerimientos diarios de proteínas, algunas vitaminas y muchos minerales (Ruales y col., 2002).

La quínoa es un cultivo poco exigente, es usada como una alternativa forrajera a otros cultivos en zonas de pocas precipitaciones (Solíz y col., 2002).

### **1.1 Descripción botánica de la quínoa**

Es una planta anual de tamaño muy variable, puede medir desde 1,0 a 3,5 m de altura, según los ecotipos, las razas y el medio ecológico donde se cultive (Tapia, 1997).

La raíz es fasciculada, llegando a tener una profundidad de 0,50 a 2,80 m según el ecotipo, la profundidad del suelo y la altura de la planta. En algunos ecotipos de Colombia se ha observado que, en caso de fuertes vientos, la raíz no soporta el peso de la planta y ésta puede volcarse (Tapia, 1997).

El tallo es de sección circular cerca de la raíz, transformándose en angular a la altura donde nacen las ramas y hojas. La corteza del tallo está endurecida, mientras la médula es suave cuando las plantas son tiernas, y seca con textura esponjosa cuando maduran. Según el desarrollo de la ramificación, se pueden encontrar plantas con un solo tallo principal y ramas laterales muy cortas en los ecotipos del altiplano, o plantas con todas las ramas de igual tamaño en los ecotipos de valle, dándose todos los tipos intermedios. Este desarrollo

de la arquitectura de la planta puede modificarse parcialmente, según la densidad de siembra que tenga el cultivo (Tapia, 1997).

Las hojas son dentadas en el borde, pueden tener muy pocos o hasta 25 dientes, según la raza. La coloración fluctúa entre verde claro en la variedad Nariño, hasta verde oscuro en Kcancolla; se transforman en amarillas, rojas o púrpuras según la madurez, cayéndose finalmente las hojas basales (Tapia, 1997).

En una misma inflorescencia se pueden presentar flores hermafroditas, generalmente terminales y femeninas o postiladas (Tapia, 1997).

Botánicamente, la semilla es considerada como aquenio. Está formado por el perigonio que contiene la semilla, la que se desprende fácilmente al friccionar el fruto cuando está seco. El pericarpio, formado por tres capas, está pegado a la semilla y contiene saponina en un rango de 0,2% - 5,1%. El pericarpio es suave en los ecotipos chilenos y duro en los demás ecotipos (Manual de producción de la quínoa, 2002).

La saponina es considerada como un antinutriente, frecuentemente asociado con los lípidos. Se concentra en las capas externas del pseudo-grano, principalmente en el pericarpio. Dentro de su composición incluye los sapogenoles, ácido oleanólico, hederagenina (Solíz y col., 2002). El contenido y adherencia de la saponina en los granos es muy variable y ha sido el motivo de diferentes estudios y técnicas para eliminarlo, por el sabor amargo que confiere al grano (Tapia, 1997). Estas sustancias se pueden eliminar con lavado de los granos en agua fría (Ogungbenle, 2003). Las saponinas poseen propiedades detergentes muy fuertes, forman espuma estable en soluciones acuosas y presentan actividad hemolítica y sabor amargo y son en general de carácter tóxico para animales de sangre fría (Lépore, 2005).

Al presente, existe algún uso de saponinas en la industria farmacéutica, de cosméticos, de alimentos, en detergentes y en la industria minera. Concentraciones entre 5 - 6% son frecuentemente empleadas en formulaciones de jabones, shampoo y sales de baño. Otras aplicaciones incluyen su uso en dentífricos y como emulsificantes (Lépore, 2005).

## **1.2 Otras características**

Los indígenas utilizan la quínoa, no solo como fuente básica de alimento, sino también para calmar sus dolencias. Se ha utilizado en medicina tradicional para curar los

abscesos del hígado, supuraciones internas, afecciones catarrales y de las vías urinarias. El agua de cocción de la quínoa tiene principios vermífugos y cura los problemas causados por parásitos intestinales (Alía y González, 2003).

De las propiedades valiosas de la quínoa, como grano a utilizar en la alimentación humana y animal, sus usos medicinales y etnobotánicos, su alto potencial de adaptación y, otras características del cultivo con valor ambiental, nace la idea de que la quínoa pudiera ser un cultivo interesante a introducir en las rotaciones y alternativas de la zona mediterránea (Alía y González, 2003).

El agua de lavado de las semillas es antipirética, tópica y antiséptica. Se emplea como remedio para las torceduras, fracturas y luxaciones, y para combatir las picaduras de insectos venenosos, mosquitos etc. (Alía y González, 2003).

La harina de quínoa se emplea como sustituto de la harina de trigo en la elaboración de pan, galletas, pastas, alimentos extrusionados tipo “snack”, alimentos para niños, papillas y menús de nueva moda. Las hojas tiernas llamadas “llipcha” o “chiwa”, también se utilizan en la alimentación humana como verdura (similar a la espinaca). Los granos de segunda se utilizan en la alimentación de la mayoría de los animales domésticos y aves. Los tallos “kiri” y “jipi” se usan como forraje por su buena palatabilidad y alta digestibilidad (Alía y González, 2003).

La calidad microbiológica de la harina de quínoa está muy ligada a su actividad de agua. Se denomina actividad de agua a la relación entre la presión de vapor de agua del substrato de cultivo (P) y la presión de vapor de agua del agua pura (P<sub>0</sub>):

$$a_w = \frac{P}{P_0}$$

El valor de la actividad de agua da una idea de la cantidad de agua metabólicamente disponible de un alimento. Cuando un microorganismo se encuentra en un substrato con una actividad de agua menor que la que necesita, su crecimiento se detiene. Esta detención del crecimiento no suele llevar asociada la muerte del microorganismo, sino que lo mantiene en condiciones de resistencia durante un tiempo más o menos largo. En el caso de las esporas, la fase de resistencia puede ser considerada prácticamente ilimitada. La gran mayoría de los microorganismos requiere unos valores de actividad de agua muy altos para

poder crecer. De hecho, los valores mínimos de actividad para diferentes tipos de microorganismos son, a título orientativo, los siguientes: bacterias  $a_w > 0,90$ ; levaduras  $a_w > 0,85$ ; hongos filamentosos  $a_w > 0,80$ . Como puede apreciarse, los hongos filamentosos son capaces de crecer en substratos con una actividad de agua mucho menor de la que permite el crecimiento de bacterias o de levaduras. Por esta razón, se puede producir deterioro de alimentos de baja actividad de agua. Existen microorganismos extremadamente tolerantes a las actividades muy bajas (toleran valores de  $a_w = 0,60$ ). La reducción de la actividad de agua para limitar el crecimiento bacteriano tiene importancia aplicada en la industria alimentaria (Unavarra.es, 2005).

### 1.3 Características nutricionales del grano de quínoa

#### 1.3.1 Composición proximal del grano de quínoa en comparación con algunos cereales

Tabla 1.3.1.1 Comparación del valor nutritivo de la quínoa con algunos cereales(g/100g de parte comestible)

Cereal	Quínoa	Arroz	Avena	Trigo	Maíz
Calorías (cal/100g)	331	363	333	322	341
Humedad	9,8	12,3	9,6	11,6	10,6
Proteínas (N*5,7) <sup>1</sup>	13,0	6,4	9,6	9,3	10,6
Lípidos	7,4	0,8	5,2	2,0	4,5
E.N.N. <sup>2</sup>	64,1	79,7	57,3	72,0	68,0
Fibra cruda	2,7	0,3	14,7	3,7	4,8
Cenizas	3,0	0,5	3,5	1,4	1,8

Fuente: Tabla de Composición Química de los Alimentos Chilenos (Schmidt-Hebbel y col., 1992).

En la tabla 1.3.1.1 se puede observar que la quínoa presenta un mayor valor proteico que los demás cereales, con una rica composición aminoacídica. Los aminoácidos son biomoléculas formadas por carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O) y azufre (S), son la única fuente aprovechable de nitrógeno para el ser humano, además son elementos

<sup>1</sup> Se multiplicó la cantidad de nitrógeno obtenido por el factor 5,7 (tomado de literatura)

<sup>2</sup> Extractos no nitrogenados se obtienen por diferencia (carbohidratos)

fundamentales para la síntesis de las proteínas y son precursores de otros compuestos nitrogenados (Raisman y González, 2003).

Aminoácido	Quinoa	Arroz	Maíz	Trigo	Frejol	Carne	Pescado	Leche	Patrón FAO
	g de aminoácidos/100 g de proteínas								
Arginina	7,3	6,9	4,2	4,5	6,2	6,4	506	3,7	
Fenilalanina	4	5	4,7	4,8	5,4	4,1	37	1,4	6
Histidina	3,2	2,1	2,6	2	3,1	3,5		2,7	
Isoleucina	4,9	4,1	4	4,2	4,5	5,2	5,1	10	4
Leucina	6,6	8,2	12,5	6,8	8,1	8,2	7,5	6,5	7
Lisina	6	3,8	2,9	2,6	7	8,7	8,8	7,9	5,5
Metionina	2,3	2,2	2	1,4	1,2	2,5	2,9	2,5	3,5
Treonina	3,7	3,8	3,9	2,8	3,9	4,4	4,3	4,7	4
Triptofano	0,9	1,1	0,7	1,2	1,1	1,2	1	1,4	1
Valina	4,5	6,1	5	4,4	5	5,5	5	7	5

Desde el punto de vista de la fisiología y la nutrición, los aminoácidos se clasifican en dos grupos:

- a) Aminoácidos esenciales: valina, leucina, isoleucina, triptofano, fenilalanina, treonina, histidina(esencial para lactantes) lisina, arginina, metionina y cisteína(el organismo no la sintetiza en cantidad suficiente).
- b) Aminoácidos no esenciales: glicina, alanina, cistina, tirosina, serina, glutamina y ácidos glutámico y aspártico (Pennacchiotti, 1998).

Tabla 1.3.1.2 Comparación del perfil aminoacídico de la quínoa con algunos cereales (g aminoácidos/100g de proteínas)

Fuente: Manual de producción de la quínoa, 2002.

### 1.3.2 Contenido de minerales del grano de quínoa

Tabla 1.3.2.1 Contenido de minerales del grano de quínoa (mg/100g de parte comestible)

Mineral	mg/100g
Calcio	94
Fósforo	140

Hierro	16,8
Sodio	-
Potasio	-

Fuente: Tabla de Composición Química de los Alimentos Chilenos (Schmidt-Hebbel y col., 1992).

#### **1.4 Hipótesis.**

La harina de quínoa orgánica puede permanecer 4 meses, almacenada a temperatura ambiente, sin perder sus propiedades mecánicas, sensoriales o nutritivas.

#### **1.5 Objetivos**

##### **1.5.1 Objetivo general**

- ♪ Obtener una harina integral de quínoa (*Chenopodium quinoa Wild*) orgánica de alta calidad nutricional a partir de su semilla.

##### **1.5.2 Objetivos específicos**

- ♪ Caracterizar la harina de quínoa orgánica para conocer sus cualidades nutricionales y funcionales.
- ♪ Obtener el período de vida útil de la harina de quínoa orgánica, utilizando para esto, harina almacenada a tres temperaturas (20, 30 y 40°C), a través de controles fisicoquímicos y sensoriales de rutina realizados en forma mensual, quincenal y semanal, según la temperatura de almacenamiento.
- ♪ Comparar las harinas obtenidas de semillas (pulidas) de distintas zonas de la región sexta (Paredones y La Palmilla).

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1 Materiales

#### 2.1.1 Materia prima

La materia prima utilizada en la obtención de la harina integral de quínoa corresponde a dos ecotipos de semilla de la región sexta: cosecha de la localidad *Paredones* no pulida<sup>3</sup> y cosecha de la localidad *La Palmilla* pulida y sin pulir. Respectivamente, en adelante se les nombrará como Ps/p<sup>4</sup> y LPc/p<sup>5</sup> y LPs/p<sup>6</sup>, según corresponda.

#### 2.1.2 Equipos

- Estufa KB 600/ 220 V. Eléctrica sin circulación de aire. Heraeus. Germany.
- Estufa UT 620 350°C / 380V. Eléctrica sin circulación de aire. Heraeus. Germany.
- Estufa TU 60/001977/300°C. Eléctrica con extracción de aire. Heraeus. Germany.
- Almacenamiento a 20°C: Contenedor de poliestireno expandido tipo cooler en una habitación cuya temperatura no superó los 20°C ± 2.
- Molino Retsch GmbH 5657 HAAN. SR-2. West-Germany.
- Balanza analítica Precisa 125A , Oerlikon AG, Zurich, Suiza.
- Balanza granataria Precisa 1620D Oerlikon AG, Zurich, Suiza.
- Máquina universal de ensayo de materiales Lloyd Instruments, LR 5K.
- Tamizador multifuncional Erweca AR 400, made in West-Germany.
- Termómetro (Thermometer Wide Range. Non-contacted, EXTECH instruments.
- Novasina TH-200, 230V, 50-60 Hz. Made in Switzerland (determina actividad de agua)
- Equipo digestor de proteínas BÜCHI 323, Distillation Unit. Made in Switzerland.
- Cámara frigorífica (Laboratorio Bioquímica, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas, Universidad de Chile)
- Soxhlet para extracción de materia grasa.

#### 2.1.3 Equipo general de laboratorio

- Campana de extracción

---

<sup>3</sup> Proceso de pulido donde se extrae parte del epispermo de la semilla, arrastrando gran cantidad de saponina. Este proceso se realiza a través de una pulidora mecánica.

<sup>4</sup> Harina de quínoa localidad *Paredones* sin proceso de pulido

<sup>5</sup> Harina de quínoa localidad *La Palmilla* con proceso de pulido

<sup>6</sup> Harina de quínoa localidad *La Palmilla* sin proceso de pulido

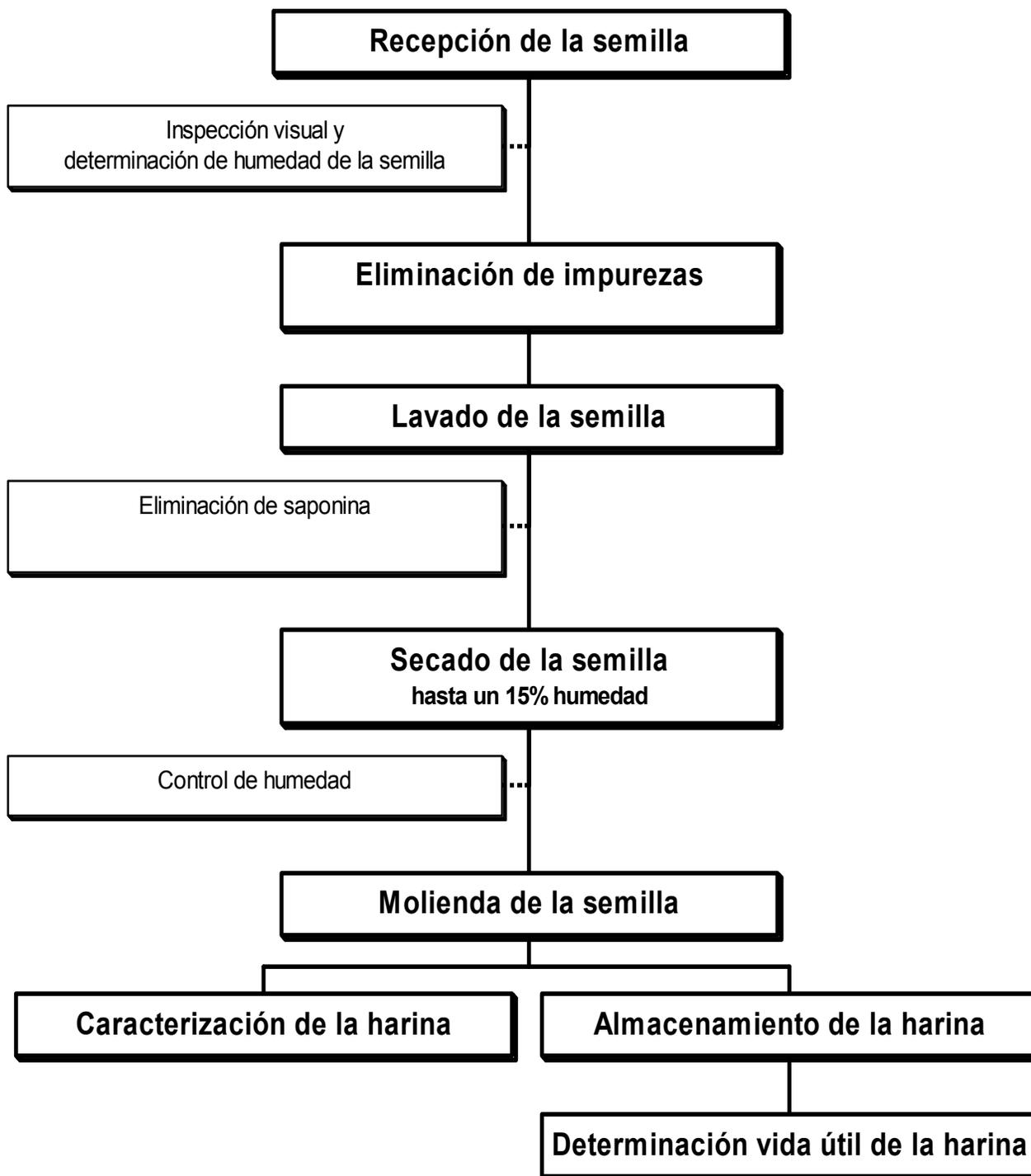
- Cápsulas metálicas
- Cápsulas plásticas
- Cápsulas de porcelana
- Espátula
- Fuentes de plástico
- Colador
- Utensilios de cocina
- Magnetos
- Mallas metálicas para bandeja de secado
- Papel filtro
- Pinzas
- Tamices ASTM, Arthur Thomas Company, Philadelphia, P.A., U.S.A.
- Vasos de plástico

#### **2.1.4 Reactivos químicos**

- Ácido acético glacial p.a. Merck, Darmstadt, Germany
- Agua destilada
- Almidón 1% p.a. Merck, Darmstadt, Germany
- Cloroformo p.a. Merck, Darmstadt, Germany
- Éter etílico p.a. Merck, Darmstadt, Germany
- Etanol p.a. Merck, Darmstadt, Germany
- Éter de petróleo p.a. Merck, Darmstadt, Germany
- $\text{HCl}_{\text{CONC}}$  (Ácido clorhídrico concentrado) p.a. Merck, Darmstadt, Germany
- $\text{H}_2\text{SO}_{4\text{CONC}}$  (Ácido sulfúrico concentrado) p.a. Merck, Darmstadt, Germany
- $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,1N p.a. Merck, Darmstadt, Germany
- Indicador fenoftaleina p.a. Merck, Darmstadt, Germany
- Indicador rojo de metilo p.a. Merck, Darmstadt, Germany
- Mezcla catalizadora (12 g de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  y 0,6g de  $\text{CuSO}_4$  o bien 12 g de  $\text{K}_2\text{SO}_4$  y 0,9386 g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ), elaborada con reactivos p.a. Merck, Darmstadt, Germany
- NaOH 0,1N W&Z
- Tiosulfato de sodio 0,1N (Titrisol) p.a. Merck, Darmstadt, Germany
- Yoduro de potasio p.a. Merck, Darmstadt, Germany

## 2.2 Métodos

### 2.2.1 Diagrama de bloques. Obtención, caracterización y almacenamiento de la harina de quínoa.



### 2.2.2 Descripción del diagrama de bloques

1-. Recepción de la semilla. Se recibió la semilla de quínoa orgánica de cosechas procedentes de las localidades La Palmilla y Paredones, ambas de la región sexta, la cual fue proporcionada por la Cooperativa las Nieves. Dicha semilla es un homogeneizado de variadas cosechas de una misma temporada. En esta etapa se procedió a realizar:

- Inspección visual. Con el objeto de apreciar el estado general de la semilla, observar presencia de fecas de roedores, restos de insectos, hongos, etc.
- Control de humedad. Este análisis se realizó a diferentes muestras de cada saco con el propósito de obtener la humedad inicial del grano.

2-. Eliminación de impurezas. La semilla no procesada trae consigo impurezas propias de la cosecha, entre las que se cuentan: restos de hojas, piedras, insectos, etc. (ver figura1). La eliminación se realizó en forma manual.

Figura 1. Semilla de quínoa con impurezas



3-. Lavado de la semilla. Se procedió a lavar la semilla con agua fría con el propósito de eliminar las saponinas. Este proceso se puede apreciar claramente en las figuras 2a y 2b. El primer enjuague se realizó para eliminar los restos de perigonio que aún permanecen unidos a la semilla (figura 2a). Se lavó sucesivas veces una cierta cantidad de semilla (aprox. ½ kg) con agua, hasta que el ésta no produjo espuma (figura 2b), lo anterior asegura que se ha eliminado prácticamente el 100% del contenido de saponina de la semilla.

La semilla húmeda se dejó estilar por algunos minutos en una bandeja confeccionada con una rejilla de acero galvanizado de 30 mallas (figura 3).

Figura 2a. Lavado manual de quínoa



Figura 2b. Lavado manual de quínoa.  
Eliminación de saponinas



Figura 3. Bandeja de acero galvanizado  
para secado de la semilla



Figura 4. Estufa de secado semilla



4-. Secado de la semilla. La semilla húmeda se colocó en la bandeja con un espesor no superior a 2 cm (figura 3) para optimizar el secado, el cual se realizó en una estufa de aire forzado con circulación de aire a una temperatura de 50°C (figura 4) hasta alcanzar una humedad del  $15\% \pm 2$ .

5-. Molienda de la semilla. La molienda se realizó en un molino mixto de martillo/cuchillo (figura 5a y 5b) en el cual se obtuvo una harina de 60 mallas como promedio.

Figura 5a. Molino mixto  
martillo/cuchillo



Figura 5b. Vista interior del molino mixto  
martillo/cuchillo



6-. Caracterización de la harina de quínoa. La caracterización de la harina se realizó según los procedimientos de la A.O.A.C. (1990 y 1996) y A.O.C.S. (1993), con respecto a porcentaje de materia grasa, de humedad, de proteínas, de cenizas, de fibra cruda, actividad de agua ( $a_w$ ) a 20°C, porcentaje de cenizas y de minerales.

7-. Almacenamiento de la harina. Se realizó para el estudio de vida útil de la harina de quínoa. Dicha harina se envasó en bolsas de papel kraft doble (figura 6) y se almacenó a tres temperaturas distintas: 20, 30 y 40°C. Para el almacenamiento a 30 y 40°C se utilizaron estufas a dichas temperaturas. En cambio para el almacenamiento a 20°C se utilizó un contenedor tipo cooler en una habitación que se encontraba a esta temperatura.

Figura 6. Envases de papel kraft para almacenamiento de la harina de quínoa



8-. Determinación de la vida útil de la harina de quínoa. Para analizar la calidad y viabilidad de la harina, se realizaron diferentes análisis de rutina: humedad, Índice de peróxido (IP), análisis de textura y además se observaron algunas características organolépticas. Se almacenó harina de quínoa LPs/p y Ps/p en bolsas de papel kraft doble a tres temperaturas ( $20^{\circ}\text{C}^7$ ;  $30^{\circ}\text{C}^8$  y  $40^{\circ}\text{C}^9$ ) con el propósito de establecer la vida útil del producto, es decir, el período de tiempo en que tanto sus propiedades sensoriales como nutritivas se mantienen viables y óptimas para el consumo.

### **2.2.3 Métodos analíticos utilizados en la caracterización y estudio de la vida útil de la harina de quínoa de las localidades La Palmilla s/p, La Palmilla c/p y Paredones s/p**

Los resultados obtenidos en la caracterización de la harina integral de quínoa orgánica y estudio de la vida útil, fueron evaluados estadísticamente a través de un análisis de varianza multifactorial con un nivel de confianza del 95% para verificar si existen diferencias significativas entre los tiempos, temperaturas y tipos de harinas estudiadas. Para esto, se utilizó el programa Statgraphics Plus 4.0, con el cual se realizó un ANOVA según Tuckey ( $P \leq 0,05$ ), utilizando el análisis correspondiente como variable dependiente y como variable independiente la utilización del tiempo, las diferentes harinas y temperaturas.

#### **2.2.3.1 Determinación del contenido de humedad en la harina de quínoa**

---

<sup>7</sup>  $20^{\circ}\text{C}$ : Temperatura 1 (dato para el análisis de Varianza)

<sup>8</sup>  $30^{\circ}\text{C}$ : Temperatura 2 (dato para el análisis de Varianza)

<sup>9</sup>  $40^{\circ}\text{C}$ : Temperatura 3 (dato para el análisis de Varianza)

Para los análisis de humedad en forma periódica se utilizó el método descrito por Pearson (1976) en el cual, la muestra es sometida a una temperatura de 155°C durante 15 minutos, hasta peso constante. La humedad se determinó por diferencia de peso, siempre en base seca.

#### **2.2.3.2 Determinación del contenido de proteínas en la harina de quínoa**

Esta determinación se realiza por el método oficial de la A.O.A.C (1990), Kjendahl. La muestra se digiere a través de una hidrólisis ácida liberando amonio, cuya cantidad es determinada por una titulación, convirtiendo este valor en cantidad de proteína a través de un factor que depende de la muestra a analizar, en este caso el factor utilizado fue de 5,7.

#### **2.2.3.3 Determinación del contenido de materia grasa en la harina de quínoa**

El contenido de materia grasa de la muestra se realizó a través del método oficial A.O.C.S Ab 3-49 (1993) método de Soxhlet. Se extrajo la materia grasa de la muestra con un solvente orgánico, el cual posteriormente fue evaporado para determinar la cantidad de grasa por gravimetría.

#### **2.2.3.4 Determinación del contenido de cenizas en la harina de quínoa**

Esta determinación se realizó según el método oficial de la A.O.A.C 923.03 (1996) para cenizas en harinas. Se pesó una muestra de entre 2 y 3 gramos de harina en cápsula de porcelana, se flameó por algunos minutos a llama directa hasta que no despidiera humo. Posteriormente, se colocó en una mufla a 550°C por un lapso de 8 horas y se determinó gravimétricamente, el porcentaje de cenizas.

#### **2.2.3.5 Determinación del contenido de fibra cruda en la harina de quínoa**

Se determinó mediante el método oficial A.O.A.C (1996), el cual consiste en someter la muestra seca y desgrasada a una hidrólisis ácida y luego a una hidrólisis alcalina. Luego, se calculó gravimétricamente el contenido de fibra de la muestra, una vez que ésta fue calcinada.

#### **2.2.3.6 Determinación del contenido de minerales en la harina de quínoa**

Para la determinación de fósforo se utilizó el método oficial 964.06 descrito por la A.O.A.C (1996). En primer lugar se realizó una hidrólisis ácida (con HNO<sub>3</sub>) hasta oxidar toda la materia fácilmente oxidable. A continuación se agregó HClO<sub>4</sub> y se hirvió hasta la decoloración de la solución; luego se diluyó. Se mezcló una alícuota de la muestra con P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y de agregó HNO<sub>3</sub>. Posteriormente se agregó NH<sub>4</sub>OH hasta que el precipitado se disolvió

(solamente al agitar en forma vigorosa). Luego se agregó la solución de Molibdato (formada con  $\text{MoO}_3$ ,  $\text{NH}_4\text{OH}$  y agua) y se filtró lavando el precipitado con agua. Dicho precipitado se diluyó con álcalis (con  $\text{HN}_4\text{OH}$ ), en presencia de fenoftaleina y se tituló. Para el resto de los minerales: cadmio, plomo, calcio, hierro, sodio, cobre, potasio, magnesio, manganeso, zinc y litio, se utilizó el método oficial 968.08 descrito por la A.O.A.C (1996). La muestra de harina de quínoa se calcinó como en el punto 2.2.3.4 durante 4 horas hasta enfriamiento. Se adicionó HCL hasta cubrir las cenizas y se hirvió lentamente. Se dejó enfriar, se traspasó a un matraz aforado de 100ml y se completó el volumen de este con agua. Posteriormente se diluyó con HCL (0,1-0,5 N) excepto para la valoración del calcio. Para este último se utilizó una solución de Lantano (preparada con  $\text{La}_2\text{O}_3$  en HCl y agua). Posteriormente se digirió la muestra con  $\text{HNO}_3$ . Finalmente se identificó la muestra por medio de un Espectrofotómetro de Absorción Atómica.

#### **2.2.3.7 Cálculo del contenido de carbohidratos totales en la harina de quínoa**

El contenido de carbohidratos se calculó por diferencia una vez determinado el resto de los componentes de la harina de quínoa.

#### **2.2.3.8 Determinación de actividad de agua**

La determinación se realizó utilizando el equipo Novasina, el cual permite una medición eléctrica mediante un sensor de litio, higrómetro de conductividad, que transmite la señal a temperatura constante (25°C).

#### **2.2.3.9 Determinación del Índice de peróxidos de la materia grasa de la harina de quínoa**

La determinación del Índice de peróxidos fue realizada de acuerdo al método oficial de la A.O.C.S Cd 8-53 (1993). Este procedimiento se realizó para determinar el deterioro de la materia grasa de la harina de quínoa y con esto observar las diferencias entre las distintas temperaturas de almacenamiento. Se determinaron todas las sustancias en términos de meq de peróxido por 100g de muestra, que oxidan el yoduro de potasio (KI) bajo las condiciones de operación. Estas sustancias son asumidas como peróxidos u otros productos similares de la oxidación de las grasas.

#### **2.2.3.10 Determinación de la textura de una masa elaborada con harina de quínoa**

Se preparó una masa con harina de quínoa y agua en una proporción 1:1. A través de un Texturómetro Lloyd se midieron dos parámetros: fuerza máxima de penetración y

deformación máxima de la masa. Ambas mediciones se realizaron sometiendo la muestra a una fuerza de penetración. El texturómetro tiene un vástago unido a un sensor el cual penetra la muestra a una velocidad constante, indicando la fuerza máxima ejercida y la distancia en la que se produjo la máxima deformación de la masa.

#### **2.2.3.11 Determinación de fitoestrógenos**

Se realizó siguiendo el método descrito por Wang y col. (1990), en donde se pueden aislar los fitoestrógenos y posteriormente cuantificar por HPLC. La muestra debe estar limpia y desgrasada. Las muestras se extrajeron con una mezcla acetonitrilo-agua y se filtró el extracto a través de un filtro de fibra de cristal. Los extractos son separados por HPLC (se utilizó un cromatógrafo HPLC Merck Hitachi L-6200 Intelligent Pump con columna Nova-Pack RP18, con Detector Merck Hitachi L-4250 UV-VIS e Integrador Merck Hitachi D-2500) y posteriormente cuantificados por espectrometría.

#### **2.2.3.12 Determinación de aminoácidos**

Esta determinación fue realizada de acuerdo al método de Alaiz y col. (1992), que es aplicable para muestras secas y desgrasadas. El tratamiento a la muestra consiste en una hidrólisis ácida y una posterior derivatización. Finalmente, la muestra obtenida fue analizada por HPLC (idénticas características descritas en 2.2.3.12).

#### **2.2.3.13 Análisis microbiológicos**

Para controlar la calidad microbiológica de las muestras estudiadas se utilizaron los métodos descritos por las normas chilenas: NCh 2659 Of. 2002 y NCh 2734 Of. 2002.

### **III. RESULTADOS Y DISCUSIONES**

#### **3.1 Ensayos preliminares para el proceso de obtención de harina integral de quínoa orgánica.**

De los ensayos preliminares se obtuvo que las condiciones óptimas de secado de la semilla y obtención de la harina de quínoa son: 50°C y un tamaño de partícula de 60 micrones, respectivamente. Además, se determinó que el papel kraft doble conservaba el producto en buenas condiciones, libre de la proliferación de hongos y del ataque de algunos insectos (polillas principalmente).

#### **3.2 Humedad de la semilla de quínoa**

Tabla 3.2.1 Humedad de la semilla quínoa en estado natural para los dos ecotipos estudiados.

Muestra	LPs/p <sup>a</sup>	LPc/p <sup>a</sup>	Ps/p <sup>a</sup>
1	11,30	11,64	12,09
2	11,89	11,92	12,25
Promedio	11,60 ± 0,42	11,78 ± 0,20	12,17 ± 0,10

a: igual letra indica que no hay diferencias significativas entre las semillas ( $P < 0,05$ )

De la tabla 3.2.1 se pueden obtener los datos de humedad de la semilla de quínoa, que fluctuó entre un 11,6 y un 12,2% en su estado natural. Dichos valores corresponden a datos muy bajos de humedad para un alimento, lo que aumenta las posibilidades de que la harina de quínoa se conserve en buen estado a través del tiempo. Los datos de actividad de agua y microbiológicos obtenidos en el presente estudio, corroboran esta información.

#### **3.3 Rendimiento de molienda**

La harina obtenida en el proceso de molienda alcanzó una temperatura que no superó los 40°C; se envasó una vez alcanzada la temperatura ambiente. El rendimiento y tamaño de partícula promedio obtenido, alcanzó un 94,1% y 60 micrones, respectivamente.

#### **3.4 Caracterización de la harina de quínoa**

La harina de quínoa obtenida del proceso de molienda fue sometida a distintos análisis para su caracterización. Algunos de estos análisis fueron realizados a todas las muestras, mientras que otros fueron aplicados a una de las tres muestras, la cual es representativa para ambos ecotipos, en cualesquiera de sus presentaciones (pulida o sin pulir).

Tabla 3.4.1 Análisis proximal de la harina de quínoa para dos ecotipos de la región sexta

<b>Parámetro</b>	<b>LPs/p<sup>α</sup></b>	<b>LPc/p<sup>α</sup></b>	<b>Ps/p<sup>β</sup></b>
<b>Humedad (%)</b>	11,60 ± 0,42	11,78 ± 0,20	11,49 ± 0,035
<b>Proteínas (%)</b>	13,82 ± 0,028	14,21 ± 0,056	11,57 ± 0,297
<b>Materia grasa (%)</b>	6,34 ± 0,01	6,29 ± 0,03	6,07 ± 0,07
<b>Cenizas (%)</b>	1,60 ± 0,04	1,52 ± 0,01	1,5 ± 0,141
<b>Fibra Cruda (g/100g)</b>	3,07	1,32	2
<b>Carbohidratos (%)</b>	64,45	65,15	69,26

Las muestras LPs/p<sup>α</sup> y LPc/p<sup>α</sup> (se respresentan con la misma letra: α), en cambio la muestra Ps/p<sup>β</sup> difiere estadísticamente de ambas (se simboliza con una letra distinta: β). Se decidió realizar el estudio de vida útil a dos de estas muestras (aquellas que diferían estadísticamente): LPs/p y Ps/p.

Al comparar los valores de los ecotipos estudiados con los datos bibliográficos que aparecen en la Tabla 1.3.1 se puede observar lo siguiente:

- Para las proteínas, los ecotipos LPs/p y LPc/p superan los valores descritos, con excepción de Ps/p. Además, todas las muestras superan ampliamente el porcentaje de proteínas contenido en los cereales. Ejemplo de ello es el maíz, que siendo el más cercano a la quínoa alcanza un 10,6%. En general, los granos andinos difieren de los cereales no sólo en cantidad, sino también en la calidad de la proteína que poseen (Tapia, 1997). Estos valores proteicos hacen pensar que alimentos basados en quínoa, harina de quínoa o sus derivados son una buena alternativa para cubrir algunos de los requerimientos nutricionales del ser humano.
- El contenido de grasa es menor en los tres casos al descrito en la Tabla 1.3.1. Sin embargo, el aceite de quínoa es rico en ácidos oleico, linoleico y linolénico de los cuales los dos

últimos son ácidos grasos esenciales, lo que indica que este aceite es una buena fuente de estos nutrientes (Espinoza y col., 2005)

- En el caso de la fibra cruda, los valores entregados por el análisis del presente estudio, indican que existen diferencias en los tres casos y sólo la variedad LPs/p alcanza los valores mostrados en la bibliografía citada. Se puede apreciar que las variedades sin proceso contienen más fibra que la variedad pulida, esto puede estar indicando la presencia de fibra en la primera capa del episperma, la cual ha sido removida por el proceso de pulido. La fibra se encuentra únicamente en los alimentos de origen vegetal, parte de esta fibra (la dietética) tiene la particularidad de no ser atacada por las enzimas del estómago ni del intestino delgado, por lo que llega al colon (intestino grueso) sin degradarse. Es aquí donde es fermentada por las bacterias intestinales, favoreciendo el mantenimiento y el desarrollo de la flora intestinal, además de aportar otros beneficios en todo el organismo al incrementar la sensación de saciedad, contribuir a hacer más soluble la bilis, ayudar a regular el nivel de glucosa y colesterol en sangre y combatir el estreñimiento. Las necesidades de fibra se estiman en unos 25 - 30 gramos al día (Naturopolis, 2005).
- La cantidad de carbohidratos de LPs/p y LPc/p se ajustan a los datos entregados en la bibliografía por Alía y González (2003), mientras que Ps/p lo supera, prueba fehaciente de que la quínoa es una fuente de energía inmediata, que contribuye por ejemplo a la dieta de personas con sobrepeso.
- Las cenizas de las tres muestras alcanzan un 1,54% de promedio, un 50% menos a lo indicado por Alía y González (2003), esto se puede deber a diversos motivos, entre ellos el agua de riego. Se sabe que la semilla proporcionada por la Cooperativa las Nieves proviene de una zona de secano, lo que indica que es la lluvia el principal afluente de regadío. Esta agua desciende directamente sobre los campos y arrastra consigo sólo una pequeña parte de los minerales de la tierra, los cuales son proporcionados a la planta.

### 3.5 Determinación del contenido de minerales en la harina de quínoa

Tabla 3.5.1 Contenido de minerales de la harina de quínoa (Ps/p)

Mineral	Ps/p
Fósforo, g/100g	0,37

Cadmio, mg/100g	0,02
Plomo, mg/100g	<0,2
Calcio, mg/100g	1010
Hierro, mg/100g	32
Sodio, mg/100g	210
Cobre, mg/100g	6,2
Potasio, mg/100g	408
Magnesio, mg/100g	00
Manganeso, mg/100g	19
Zinc, mg/100g	37
Litio, mg/kg	<0,5

La tabla 3.5.1 muestra los resultados del análisis de minerales. La importancia de éste, radica principalmente en el contenido de calcio, potasio, litio y zinc. El calcio se encuentra tanto en las estructuras esqueléticas como en las celulares. La función del calcio es esencial, porque los huesos que dan soporte al cuerpo están formados por sales de este mineral. También es importante, porque se encuentra en todas las células del organismo, regulando contracciones de los músculos y participando en la coagulación de la sangre, entre otras funciones. Al nacer, el cuerpo ya está dotado de calcio, lo que comienza a reforzarse a través de la lactancia y alimentos derivados de la leche como el queso, quesillo y yogurt. El nivel de calcio elemental requerido en los niños es alrededor de 800 miligramos y en mujeres perimenopáusicas (entre 40 y 55 años), cerca de mil. La necesidad de calcio aumentará a un gramo y medio al día en aquellas que son posmenopáusicas, que están embarazadas, en estado de lactancia o que padecen de osteoporosis (Neira, 2005). La importancia del resultado del análisis de contenido de calcio en la harina de quínoa radica en que, 100 gramos de quínoa (harina o grano) cubrirían las recomendaciones diarias de calcio que una persona necesita para tener una buena salud.

El zinc es un micromineral muy versátil que aparece unido a procesos tan elementales como el crecimiento, la actividad de la vitamina A o la síntesis de enzimas pancreáticas, está presente en cada célula, siendo necesario para el funcionamiento de más de 300 reacciones enzimáticas vinculadas al metabolismo de carbohidratos, proteínas y

grasas, así como en la síntesis de insulina. También, se ha visto que facilita la curación y cicatrización de heridas y quemaduras, disminuye el tiempo de curación de las úlceras gástricas, a la vez que mejora el crecimiento y desarrollo del feto (Salud Mineral, 2005). Es además, un componente que ayuda enormemente a la absorción del calcio que aportan los alimentos (Nutrición, 2004).

El potasio es un mineral que interviene tanto en las funciones eléctricas como celulares que se producen en el cuerpo, cumpliendo varios papeles a nivel metabólico. Ayuda a la regulación del equilibrio ácido-básico y al balance de agua en la sangre y en los tejidos corporales, contribuye en la síntesis de las proteínas a partir de los aminoácidos y en el metabolismo de los carbohidratos, es necesario para la formación de los músculos, el funcionamiento apropiado de las células nerviosas en el cerebro y el crecimiento normal del cuerpo.

La presencia de litio en la harina de quínoa podría ayudar a las personas con trastorno bipolar, también conocido como psicosis maniaco-depresiva, cuyas víctimas alternan estados extremos de euforia (o manía). De hecho, en algunos países europeos como Rumania, a las personas con estos cuadros se les recomienda ingerir productos elaborados con quínoa para mejorar su condición (Canelo, 2005). Las dosis utilizadas en pacientes depresivos, maniáticos o con personalidad bipolar llegan generalmente en adultos a 200-600 mg cada 8 h, ajustando la dosis diaria en 300 mg cada dos días, en función de la respuesta clínica, hasta conseguir unos niveles séricos de litio de 0,75- 1,5 mEq/l (mind-surf.net, 2005).

### 3.6 Determinación de aminoácidos

Tabla 3.6.1 Composición de aminoácidos de las variedades LPc/p y LPs/p por cada 100 gramos de producto fresco

	LPc/p	LPs/p
<u>Aminoácidos</u>	g/100g muestra fresca	g/100g muestra fresca
Ac. Aspártico	1,1	0,8
Ac. Glutámico	2,2	1,5

Serina	0,6	0,5
Histidina	0,4	0,2
Glicina	0,8	0,6
Treonina	0,7	0,5
Arginina	1,3	0,8
Alanina	0,6	0,4
Tirosina	0,5	0,3
Valina	0,7	0,5
Metionina	0,3	0,2
Cistina	0,1	0,1
Isoleucina	0,5	0,4
Leucina	0,9	0,7
Fenilalanina	0,6	0,4
Lisina	0,8	0,6

Se puede observar en la tabla 3.6.1 que la harina de quínoa contiene todos los aminoácidos esenciales (a excepción de triptofano) lo que convierte a la quínoa en uno de los alimentos más completos de la naturaleza. La quínoa es una especie que se acerca casi perfectamente al patrón dado por la FAO para los requerimientos humanos, esto se puede apreciar en la tabla 1.3.2 (Manual de producción de la quínoa, 2002).

### 3.7 Determinación de actividad de agua ( $a_w$ )

Tabla 3.7.1 Determinación de la actividad de agua ( $a_w$ )

Muestra	Actividad de agua ( $a_w$ )
LPs/p	0,522 ± 0,007
LPc/p	0,488 ± 0,005
Ps/p	0,518 ± 0,003

La tabla 3.7.1 muestra que los valores de actividad de agua de las tres harinas analizadas, se encuentran bajo el límite inferior del desarrollo de hongos, bacterias y

levaduras, lo que es un buen indicio en la conservación de estas harinas a lo largo del tiempo, colaborando de esta manera a prolongar su vida útil.

### 3.8 Análisis microbiológicos

Tabla 3.8.1 Análisis microbiológicos realizados a tiempo cero del estudio

Análisis a tiempo cero del estudio	Resultado
Recuento Mesófilos Anaerobios u.f.c/g	$3,9 \times 10^2$
Enterobacterias totales u.f.c/g	20
Coliformes totales NMP/g	<3
Coliformes fecales NMP/g	<3
Escherichia coli NMP/g	<3
<i>Staphylococcus aureus</i> NMP/g	<3
Salmonella Presencia/25g	Ausencia
Listeria monocytogenes Presencia /25g	Ausencia
Recuento de hongos u.f.c/g	<10
Recuento levaduras u.f.c/g	<10

Tabla 3.8.2 Análisis microbiológicos realizados a distintos tiempos del estudio

Análisis a distintos tiempos de estudio	LPs/p (30°C) <sup>10</sup>	Ps/p (40°C) <sup>11</sup>	Ps/p (T° amb) <sup>12</sup>
Recuento Mesófilos Aeróbicos u.f.c./g	$3,0 \times 10^2$	$6,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$
Recuento Hongos u.f.c./g	20	20	40
Recuento Levaduras			

<sup>10</sup> Harina de quínoa almacenada durante 4 meses a 30°C

<sup>11</sup> Harina de quínoa almacenada durante 5 meses a 40°C

<sup>12</sup> Harina de quínoa almacenada durante 3 meses a temperatura ambiente

u.f.c./g	<10	<10	$6,0 \times 10^3$
----------	-----	-----	-------------------

De las tablas 3.8.1 y 3.8.2 se puede deducir que las harinas estudiadas se encuentran microbiológicamente estables, ya que los datos no superan los valores máximos para harina, descritos por el Reglamento Sanitario de los Alimentos, en todos los parámetros analizados, lo que indica que la harina de quínoa se mantendrá en buenas condiciones y libre de la proliferación de hongos y/o levaduras a lo largo del tiempo, siempre y cuando se almacene en condiciones de humedad y temperatura adecuadas. Todo esto, unido a los datos obtenidos de  $a_w$  indican que la harina de quínoa puede mantenerse libre de la proliferación de microorganismos, prolongando de esta manera su período de vida útil.

### 3.9 Contenido de fitoestrógenos

Tabla 3.9.1 Contenido de fitoestrógenos en la harina de quínoa

Fitoestrógenos	mg/kg muestra fresca
Daidzeina	378,2
Genisteina	138,5

Los fitoestrógenos son un grupo de compuestos encontrados en las plantas con similitud estructural con los estrógenos esteroidales y que tienen habilidad para actuar como un estrógeno débil o proveer precursores de sustancias que afectan la actividad estrogénica. A partir de esto, se aprecia la importancia del resultado mostrado en la tabla 3.9.1. Estos fitoestrógenos podrían eventualmente ayudar a personas con irregularidades hormonales o en períodos de menopausia, evitando los inconvenientes propios de los estrógenos. Además, según la evidencia epidemiológica y algunos trabajos realizados in vitro, se sugiere que los fitoestrógenos pueden ser protectores contra el desarrollo de algunas enfermedades comunes durante la menopausia, como cáncer de mama, endometrio, cáncer de colon y osteoporosis (Fitoestrógenos y salud, 2005).

### 3.10 Determinación de vida útil de la harina de quínoa de las variedades LPs/p y Ps/p

A lo largo del tiempo se realizaron distintos análisis de rutina a la harina de quínoa: determinación del contenido de humedad, del Índice de peróxidos, análisis organolépticos (visual, aroma) y de textura. A continuación, se presentan los resultados y algunas discusiones de los análisis realizados (datos se encuentran en el Anexo 1).

### 3.10.1 Determinación del contenido de humedad en la harina de quínoa

Esta humedad se refiere principalmente a la cantidad de agua libre que se encuentra en la harina.

Figura 3.10.1.1: Variación a través del tiempo del contenido de humedad de la harina de quínoa LPs/p a tres temperaturas de almacenamiento.

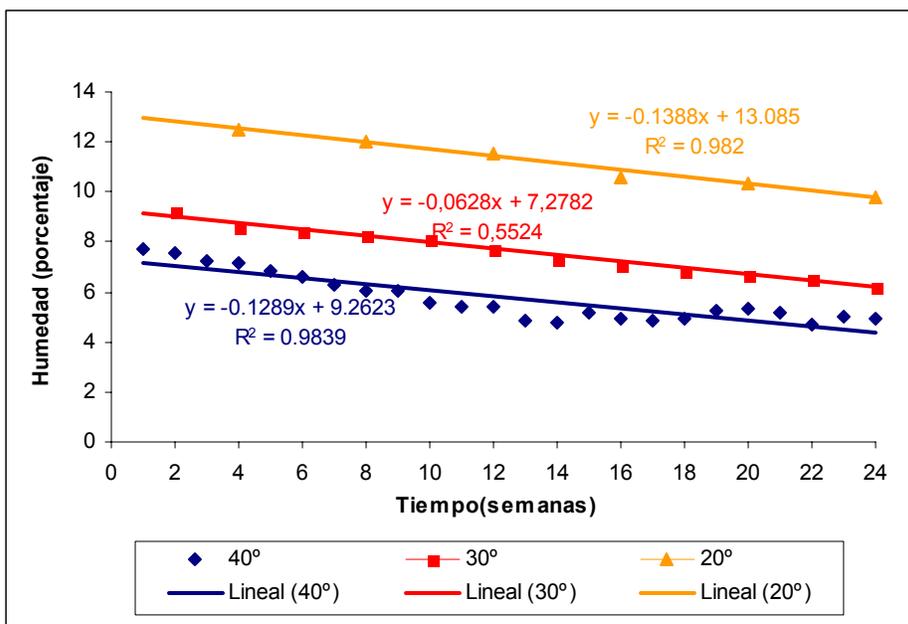
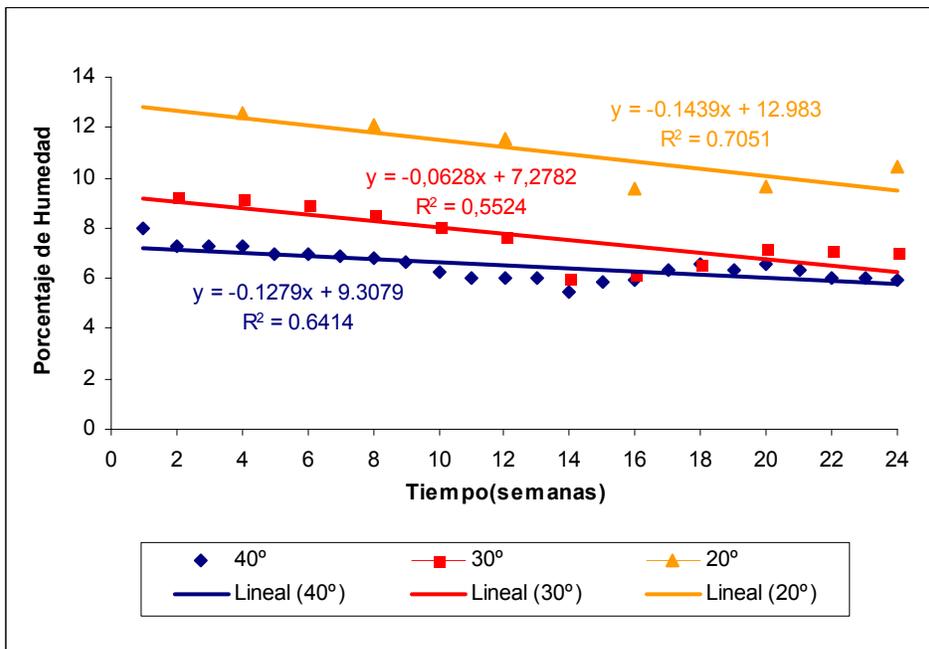


Figura 3.10.1.2: Variación del porcentaje de humedad de la harina de quínoa localidad Ps/p a tres temperaturas de almacenamiento.



En las figuras 3.10.1.1 y 3.10.1.2 se puede observar que la pérdida de humedad sigue un comportamiento lineal para todas las temperaturas de almacenamiento y además, que a mayor temperatura mayor será también dicha pérdida.

Se realizó además un análisis estadístico, el cual indicó que no existen diferencias significativas entre harinas, pero sí entre las diferentes temperaturas de almacenamiento. Según las semanas estudiadas (4, 8, 12, 16, 20 y 24), para una misma harina, sólo existen diferencias significativas entre las semanas 4, 8 y 12 con las semanas 16, 20 y 24, esto se puede representar de la siguiente manera: 4<sup>a</sup>, 8<sup>a</sup>, 12<sup>a</sup>, 16<sup>b</sup>, 20<sup>b</sup> y 24<sup>b</sup>. De estos resultados se deduce que la harina de quínoa se mantiene en buenas condiciones a las tres temperaturas de almacenamiento; sin embargo es recomendable mantenerla a temperatura ambiente (entre 20 y 30°C) donde la pérdida de humedad es menor.

### 3.10.2 Determinación del Índice de peróxidos de la materia grasa de la harina de quínoa.

Figura 3.10.2.1: Variación, a través del tiempo, del Índice de peróxidos de la harina de quínoa LPs/p a tres temperaturas de almacenamiento.

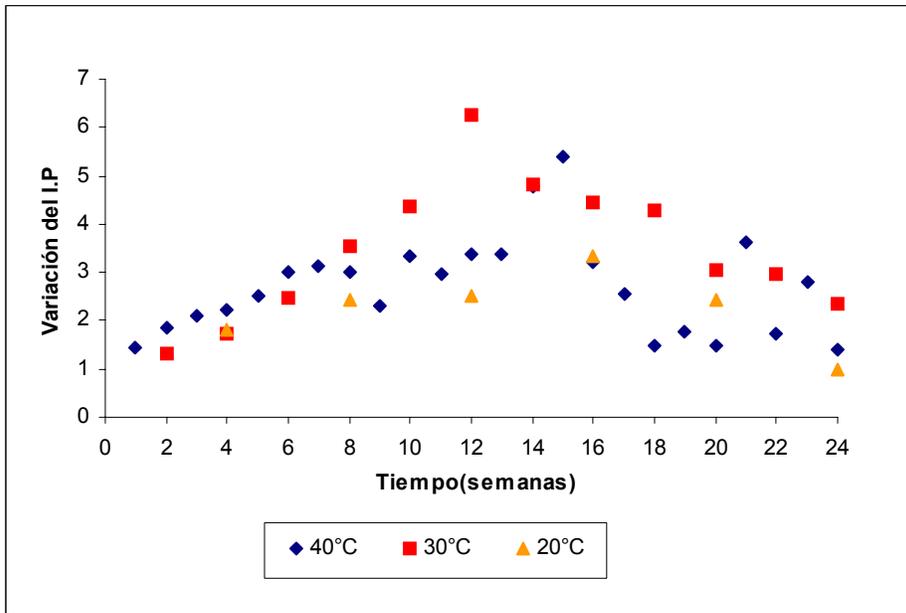
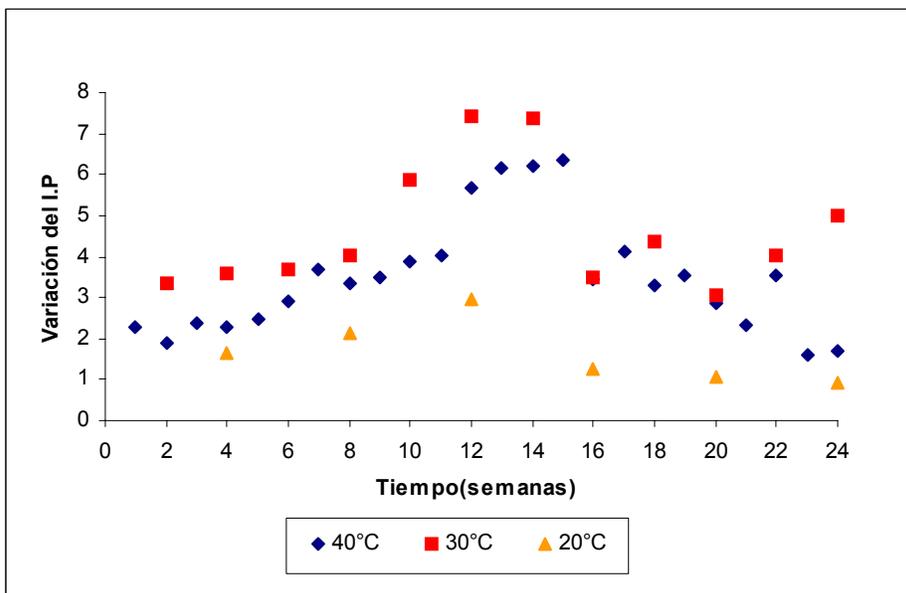


Figura 3.10.2.2: Variación a través del tiempo del Índice de peróxidos de la harina de quínoa localidad Ps/p a tres temperaturas de almacenamiento.



En las figuras 3.10.2.1 y 3.10.2.2 se puede observar que el Índice de peróxidos aumentó linealmente en forma aproximada hasta la semana 14 sin superar el valor de 7 para LP y 8 para P; de ahí en adelante comenzó a disminuir. Esto indica que la materia grasa de

la harina se conserva en buen estado y apta para el consumo, incluso después de seis meses (último análisis realizado) en las condiciones más desfavorables, es decir, a la mayor temperatura de almacenamiento (40°C). Se desprende además, que a menor temperatura menor será el enranciamiento (menores Índices de peróxidos). El Reglamento Sanitario de los Alimentos indica que, para que una grasa sea comestible el Índice de peróxidos debe ser inferior a 10 meq O<sub>2</sub>/kg de aceite y no deberá presentar sus características organolépticas alteradas (Ministerio de Salud, 2000).

El análisis estadístico indica que no existen diferencias significativas entre harinas (para el Índice de peróxidos), pero si existen diferencias significativas entre las temperaturas de almacenamiento, entre diversas semanas de análisis (4, 8, 12, 16, 20 y 24) las diferencias pueden representarse de la siguiente forma: 4<sup>ab</sup>, 8<sup>b</sup>, 12<sup>c</sup>, 16<sup>b</sup>, 20<sup>ab</sup> y 24<sup>a</sup>.

Junto con esto, se debe señalar que semanalmente se sometió a la harina a una inspección sensorial de rutina, el que consiste en apreciar aroma, sabor y aspecto de la harina (proliferación de hongos, larvas de polillas, etc). A través de estos análisis se observó que la harina se mantuvo en perfectas condiciones sensoriales (para las tres temperaturas) hasta la semana 19 donde se percibió un aroma que se presumía rancio. Estos resultados indican, por lo tanto, que pueden existir otros factores que influyan en el aspecto sensorial, datos que deberían profundizarse en otros estudios.

A través de estos datos se puede concluir que la harina de quínoa no sufre daños graves en su almacenamiento, incluso bajo las peores condiciones (40°C) No obstante, es preferible almacenarla a la menor temperatura (20°C) que es aquella a la cual se obtuvo los menores índices de deterioro de la grasa contenida en ella.

### **3.10.3 Determinación de la textura de una masa elaborada con harina de quínoa.**

Figura 3.10.3.1: Variación, a través del tiempo, de la fuerza máxima ejercida sobre una masa elaborada con harina de quínoa LPs/p y agua en una proporción 1:1 (almacenada a distintas temperaturas)

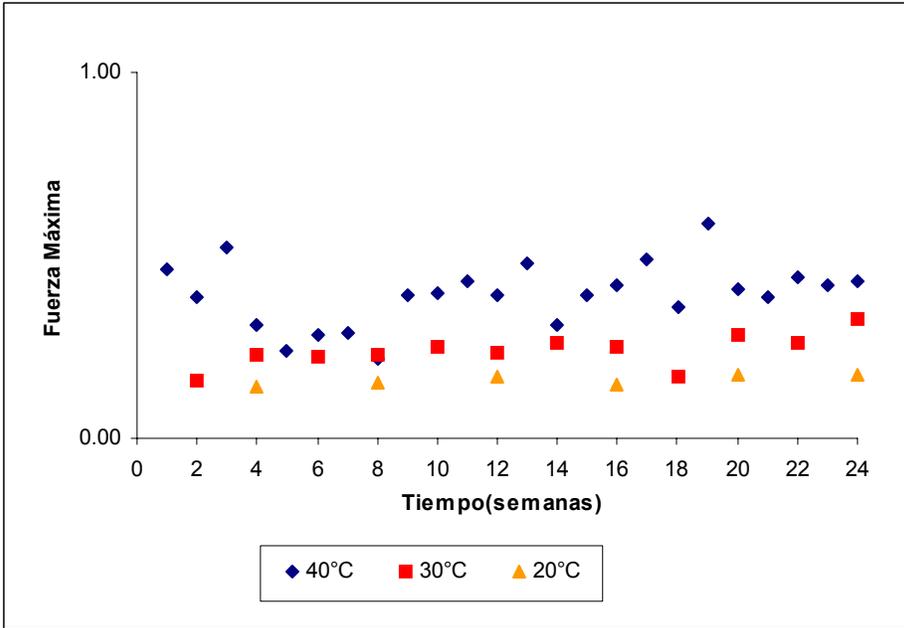
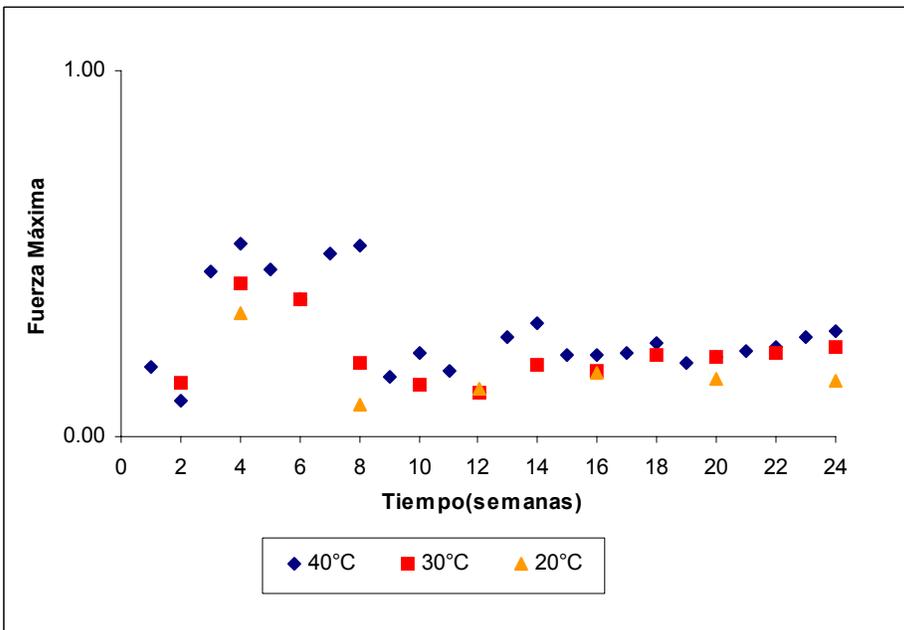


Figura 3.10.3.2: Variación, a través del tiempo, de la fuerza máxima ejercida sobre una masa elaborada con harina de quínoa LPs/p y agua en una proporción 1:1 (almacenada a distintas temperaturas)



Los datos de los análisis de textura de LPs/p se encuentran en el anexo 1 y los datos de Ps/p en el anexo 2. De las figuras 3.10.3.1 y 3.10.3.2 se puede deducir que no existió una variación pronunciada en el tiempo para este parámetro sobretodo a las temperaturas más bajas. A 40°C las variaciones se deben principalmente al contenido de humedad de la muestra, como se grafica en las figuras anteriormente señaladas, lo que influye en la textura de la masa elaborada.

El análisis estadístico indica que para las diferentes semanas no existen diferencias significativas, pero sí existen diferencias entre harinas, lo que no es un dato relevante para el estudio en cuestión, ya que estos valores dependen de factores como la preparación de la muestra. La importancia en esta etapa radica en la diferencia que existe entre almacenar la harina a 20°C ó a 30 y 40°C, ya que a menor temperatura la muestra ha perdido una cantidad menor de agua, se tiene una menor dificultad para elaborar la masa y una menor fuerza para penetrarla.

Desde el punto de vista mecánico conviene almacenar la harina de quínoa a la menor temperatura (20°C).

Figura 3.10.3.3: Variación, a través del tiempo, de la deformación máxima (producto de la penetración) de una masa formada de la harina de quínoa LPs/p y agua en una proporción 1:1 (harina almacenada a distintas temperaturas)

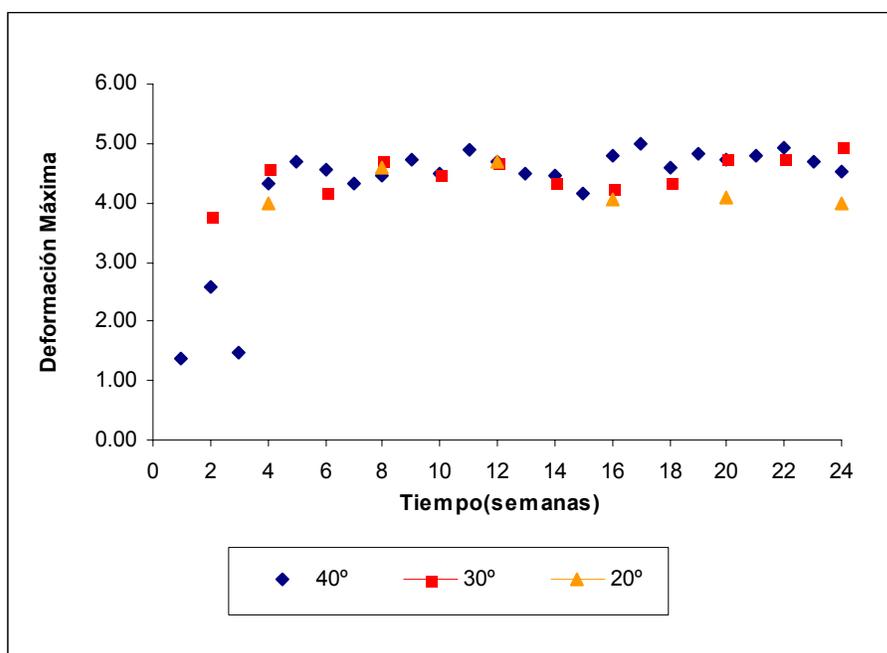
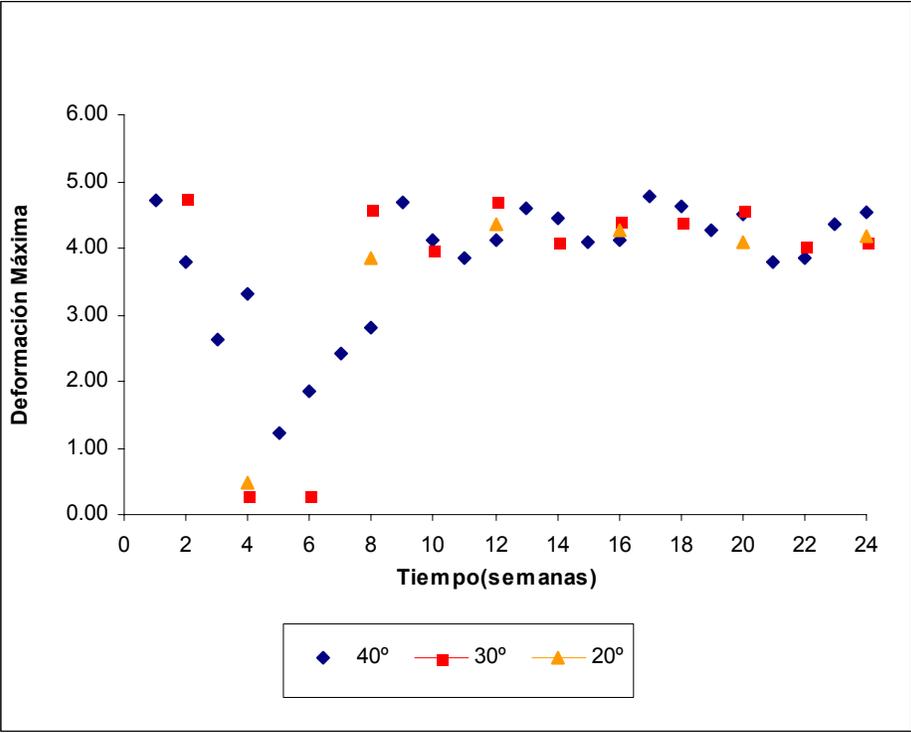


Figura 3.10.3.4: Variación a través del tiempo de la deformación máxima (producto de la penetración) de una masa formada por harina de quínoa Ps/p y agua en una proporción 1:1 (harina almacenada a distintas temperaturas)



De las figuras 3.10.3.3 y 3.10.3.4 se puede deducir que la deformación máxima, se presenta en forma constante a lo largo del tiempo para las tres temperaturas. Existe, sin embargo, un intervalo de tiempo (hasta la séptima semana de almacenamiento aproximadamente) que se escapa de este comportamiento. Esto puede deberse a que la humedad es mayor durante las primeras semanas, por lo tanto el comportamiento de la masa es más irregular.

El análisis estadístico, indica que para las diferentes semanas no existen diferencias significativas, pero sí existen diferencias entre harinas, lo que no es un dato relevante para el estudio en cuestión, ya que estos valores dependen de factores como la preparación de la muestra.

Al igual que en el caso de la fuerza máxima, existen diferencias entre las temperaturas de almacenamiento, ya que a 20°C la muestra ha perdido una cantidad mínima de agua, se tiene una menor dificultad para elaborar la masa y una menor fuerza para

penetrarla. Desde un punto de vista industrial la cualidad de que la masa conserve las propiedades reológicas (fuerza máxima y deformación máxima) a través del tiempo indica, que el almacenamiento no impide que la harina de quínoa pueda utilizarse en la elaboración de productos tales como pastas, galletones, etc.

#### **IV CONCLUSIONES**

A continuación se presentan las principales conclusiones de este trabajo de investigación, que fue realizado con el objetivo de obtener harina integral de quínoa orgánica y el período de vida útil de ésta.

- ♪ A través de esta investigación se puede concluir que bajo las condiciones estudiadas es posible la obtención de harina integral de quínoa orgánica.
- ♪ Se trabajó con harina integral de quínoa orgánica, obtenida a partir de semillas de quínoa procedente de distintas cosechas de las localidades *La Palmilla* (pulida y sin pulir) y *Paredones* (sin pulir). Se decidió realizar el estudio de vida útil a dos de estas muestras (La Palmilla sin pulir y Paredones sin pulir), aquellas que presentaban diferencias significativas en el análisis estadístico. Además se pudo comparar las semillas sin pulir de localidades distintas.
- ♪ Se puede concluir, a partir de los ensayos preliminares, que la condición óptima de secado de la semilla de quínoa, una vez que se ha extraído prácticamente el 100% de la saponina contenida en ella, es de 50°C, llegando a un 15% de humedad, aproximadamente. Bajo estas condiciones y utilizando un molino de martillo/cuchillo, como el presentado en este estudio, el rendimiento y tamaño de partícula promedio que se logró obtener corresponde a un 94,1% y 60 micrones, respectivamente. Además, se determinó que el papel kraft doble conserva el producto en buenas condiciones, libre de la proliferación de hongos y del ataque de algunos insectos (polillas principalmente).
- ♪ La harina de quínoa estudiada presentó un alto porcentaje de proteínas, superando generalmente los valores descritos en la bibliografía.
- ♪ Es importante destacar que la harina de quínoa obtenida contiene prácticamente todos los aminoácidos esenciales, destacando su aporte en metionina y lisina (aminoácidos esenciales) que a diferencia de las leguminosas y los cereales son deficientes en ellos, respectivamente; lo que hace concluir lo balanceada que resulta ser dicha harina, convirtiendo a la quínoa en uno de los alimentos más completos de la naturaleza
- ♪ La harina de quínoa obtenida presenta un importante contenido de minerales: calcio, potasio, litio y zinc, cada uno de ellos indispensable para alguna funciones vitales en los seres humanos.

- ♪ No menos importante es la presencia de fibra en la harina de quínoa, que entre otras cosas ayuda a mantener y desarrollar la flora intestinal, así como a combatir el estreñimiento.
- ♪ La harina de quínoa presenta a tiempo cero una actividad de agua de 0,5 promedio, lo que indica que se encuentra bajo el límite inferior del desarrollo de hongos, bacterias y levaduras, un buen indicio en la conservación de estas harinas a lo largo del tiempo, colaborando de esta manera a prolongar su vida útil. Estos datos, fueron verificados por los resultados de los análisis microbiológicos, los cuales no superaron los valores máximos descritos para harinas en el Reglamento Sanitario de los Alimentos.
- ♪ Los fitoestrógenos presentes en la harina de quínoa podrían, eventualmente, ayudar a personas con irregularidades hormonales o en períodos de menopausia, proteger contra el desarrollo de cáncer de mama, endometrio, colon y osteoporosis durante este período.
- ♪ De acuerdo a los análisis de vida útil se puede concluir que la harina de quínoa orgánica se puede conservar hasta 4½ meses sin presentar deterioro, incluso en las peores condiciones de almacenamiento, es decir, a 40°C, lo que valida la hipótesis propuesta. Posterior a este período de tiempo, la harina de quínoa presentó un olor que se presumía rancio, no concordante con los valores de Índice de peróxidos arrojados por el presente estudio; lo que indica que este aroma no proviene de un deterioro lipolítico. Bajo este punto de vista esta conclusión genera nuevas vetas para trabajos de investigación posteriores a este estudio.
- ♪ La quínoa no contiene gluten, lo que indica que su harina puede incluirse perfectamente en la dieta de personas intolerantes a éste (enfermos celíacos).
- ♪ Desde un punto de vista industrial, la cualidad de que la masa conserve las propiedades reológicas a través del tiempo indica que el almacenamiento no impide que la harina de quínoa pueda utilizarse en la elaboración de productos tales como pastas, galletones, etc.
- ♪ Debido a las características del producto obtenido se puede considerar que la harina de quínoa es un alimento funcional, ya que además de sus cualidades nutricionales contiene un gran número de sustancias beneficiosas para la salud.

## V REFERENCIAS

- Alía, M. y González, A. Agroecología. CCMA-CSIC (2003) "Cultivo de la quínoa (*Chenopodium quínoa Willd*) en la región Centro". [En línea]. <[www.eumedia.es/articulos/vr/cereales/87quinoa.html](http://www.eumedia.es/articulos/vr/cereales/87quinoa.html)> [consulta: 26 de junio de 2004].
- Alaiz, M., Navarro, J., Girón J. y Vioque E. (1992) "Aminoacid analysis by high-performance liquid chromatography after derivatization with diethyl ethoxymethylenemalonate. Journal of Cromatography". v. 591, n. 1, p. 181-186. Instituto de la Grasa y sus Derivados (CSIC), Apartado 178, E-41012. Sevilla. España. Publicado por Elsevier Science Publisher B.V., Amsterdam.
- A.O.A.C. (1990) "Association of Official Analytical Chemists Inc. Official Methods of Analysis", 14ª ed. Arlington, VA. Editorial Williams, S.
- A.O.C.S. (1993). Official Methods and Recommended Practices of the American Chemistry Society. Ab 3-49; Cd 8-53. Four Edition. Champaign.
- A.O.A.C. (1996) "Association of Official Analytical Chemists Inc. Official Methods of Analysis", Métodos: 923.03; 964.06; 968.08.
- Canelo, E. (2005) "Reportaje diario La Nación". Santiago. Chile. Sábado 21 de Mayo. <[http://www.lanacion.cl/prontus\\_noticias/site/artic/20050520/pags/20050520211459.html](http://www.lanacion.cl/prontus_noticias/site/artic/20050520/pags/20050520211459.html)>. [consulta: 26 de junio de 2005].
- Espinoza, C., Repo-Carrasco, R., Jacobsen S-E. (2005) "Caracterización de la fracción lipídica de quinua (*Chenopodium quinoa*) y kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*)" [En línea]. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima. Perú. <<http://www.fao.org/Regional/LAmerica/prior/segalim/prodalim/prodveg/cdrom/contenido/libro14/cap5.7.htm>> [consulta: 26 de junio de 2005]
- Fitoestrógenos y salud (2005) [En línea]. Argentina. <<http://www.diet22.com.ar/fitoestrogenos.htm>> [consulta: 26 de junio de 2005].
- Ministerio de Salud (2000) "Nuevo Reglamento Sanitario de los Alimentos". Decreto supremo N°977. Santiago. Chile. Ediciones Publiley. Editora jurídica Manuel Montt S.A. De acuerdo al artículo 284, Párrafo I, Título X.

- Herencia, L. (1998). “Comportamiento y actividad biológica de la quínoa cultivada en ambiente mediterráneo”. Tesis doctoral UPM, 450 p. Madrid. España.
- Lépore, S. (2003). “El Súper Cereal de los Atletas” [En línea]. Buenos Aires. Argentina.  
<<http://www.fcmax.com/articulos/pages/articulos.asp?art=17&subarea=8>>  
[consulta: 12 de junio de 2004 y 13 abril de 2005].
- “Manual de producción de quínoa de calidad en el Ecuador” (2002). Instituto Nacional Autónomo de Investigación Agropecuaria, pp. 1-41. Ecuador.
- Masson, L. y Mella, M. (1985) “Materias Grasas de Consumo Habitual en Chile. Composición en ácidos grasos”. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Universidad de Chile. Chile.
- Mind-surf.net (2005) [En línea] <<http://www.mind-surf.net/drogas/litio.htm>>.  
[consulta: 28 de septiembre de 2005].
- Naturopolis (2005) [En línea] <http://www.naturopolis.com/categoria.asp?categoria=fibra&area=naturismo>.  
[consulta: 28 de junio de 2005].
- Neira, O. (2005) [En línea] <http://www.alemana.cl/reader/alemana/pub/v03/S9701Articulos/S0101200506/news5797.html;jsessionid=Cv2nVNS8JNt2S7YjyRHrT7DHLrpf5nd1CgiSwPnN27zyLw1B6Tm1!-1723534166>. [consulta: 23 de julio de 2005].
- NCh 2659 Of. 2002 “Técnica de recuento en placa a 35°C”. Instituto Nacional de Normalización. INN. Santiago. Chile
- NCh 2734 Of. 2002 “Productos hidrobiológicos - Determinación de hongos y levaduras”. Instituto Nacional de Normalización. INN. Santiago. Chile
- Nutrición (2004) “Cátedra de la asignatura de Nutrición, de la carrera de Ingeniería en Alimentos”. Instituto de Nutrición y Alimentos (INTA). Universidad de Chile.
- Ogungbenle, H. (2003) “Nutritional and evaluation and functional properties of quinoa flours”. Journal of Food Sciences and Nutrition. 54, 153-158p.
- Oshodi, A., Ogungbenle, H. y Oladimeji, M. (1999) “Chemical composition, nutritionally valuable minerals and functional properties of benniseed (*Sesamum*

*radiatum*), pearl millet (*Pennisetum typhoides*) and quinoa (*Chenopodium quinoa*) flours”. Journal of Food Sciences and Nutrition. 50, 325-331p.

- Pearson, D. (1976) Chemical Analysis of foods, 6 th edn., pp. 6-9. London, Churchill.
- Pennacchiotti, I. (1998) “LAS PROTEINAS: Generalidades y su Importancia en Nutrición y en la Industria de Alimentos”. Santiago. Chile. Editorial Universitaria. S.A.
- Quínoa foods (2005) [En línea] <<http://www.quinoafoods.com/sp/informacion.html>>. [consulta: 26 de junio de 2005].
- Raisman, J. y González, A. (2003) [En línea]. Traductores de la página original: <<http://esg-www.mit.edu:8001/esgbio/chapters.html>> y Aminoacids collection: <<http://micro.magnet.fsu.edu/aminoacids/index.html>> <<http://www.zonadiet.com/nutricion/amacido.htm>> [consulta: 23 de julio de 2005].
- Ruales, J., De Grijalva, Y., Lopez-Jaramillo, P. y Nair, B. (2002) “The nutritional quality of an infant food from quinoa and its effect on the plasma level of insulin-like growth factor-1 (IGF-1) in undernourished children”. Journal of Food Sciences and Nutrition. 53, 143-154p.
- Salud Mineral (2005) [En línea]. <[http://www.pediatraldia.cl/junio2005/los\\_efectos\\_del\\_zinc.htm](http://www.pediatraldia.cl/junio2005/los_efectos_del_zinc.htm)>. [consulta: 23 de julio de 2005].
- Schmidt-Hebbel, H., Pennacchiotti, I., Masson, L. y Mella, M. (1992) Tabla de Composición Química de los Alimentos Chilenos. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Departamento de Ciencia de los Alimentos y Tecnología Química. Universidad de Chile. Chile.
- Solíz, J., Jasso de Rodriguez, D., Rodríguez, R., Angulo J. y Méndez, G. (2002) “Quinoa Saponins: Concentration and Composition Analysis” Reprinted from: Trends in new crops and new uses. 2002. 110-114p.
- Tapia, M. (1997) “Cultivos andinos subexplotados y su aporte a la alimentación”. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. Santiago. Chile.

- Unavarra.es (2005) [En línea] <<http://www.unavarra.es/genmic/micind-2-7.htm>>. [consulta: 23 de julio de 2005].
- Wang, G., Kuan, S., Francis, O., Ware, G. and Carman, A. (1990) “A simplified HPLC Method for the determination of phytoestrogens in soybean and its processed products” .American Chemical Society, cap. 38, pag. 185-190. New Orleans, Louisiana.

## ANEXOS

### ANEXO 1: Datos de vida útil harina de quínoa La Palmilla

T°	Semana	Humedad		I.P		Fuerza	Máxima	Deformación	Máxima
40	1	7.80	7.70	1.42	1.44	0.4263	0.4990	0.7397	1.9760
40	2	7.50	7.62	1.98	1.70	0.3785	0.3966	0.9430	4.1950
40	3	7.25	7.15	2.00	2.21	0.4844	0.5598	0.3502	2.6250
40	4	7.19	7.12	2.25	2.20	0.3310	0.2847	4.6760	3.9670
40	5	6.88	6.79	2.56	2.45	0.2379	0.2441	4.6040	4.7630
40	6	6.60	6.62	3.00	2.98	0.2788	0.2883	4.1190	5.0000
40	7	6.29	6.29	3.23	3.01	0.2746	0.2989	4.4560	4.1940
40	8	6.10	6.01	3.01	3.00	0.2138	0.2206	4.6690	4.2170
40	9	6.01	6.05	2.35	2.25	0.3704	0.4143	4.6100	4.8630
40	10	5.61	5.60	4.10	2.58	0.3831	0.4152	4.5010	4.5090
40	11	5.46	5.43	3.12	2.77	0.4250	0.4294	4.9580	4.8290
40	12	5.46	5.43	3.21	3.56	0.4086	0.3704	4.7050	4.6990
40	13	4.92	4.85	3.45	3.29	0.4631	0.4901	4.0290	4.9700
40	14	4.80	4.82	4.85	4.68	0.3176	0.3041	4.5230	4.3630
40	15	5.21	5.19	5.58	5.21	0.4315	0.3472	4.6260	3.7010
40	16	4.91	4.91	3.20	3.20	0.4570	0.3752	5.0000	4.6090
40	17	4.92	4.86	2.56	2.51	0.4673	0.5158	4.9820	5.0000
40	18	4.98	4.94	1.56	1.38	0.3514	0.3714	4.5900	4.5940
40	19	5.40	5.03	1.54	2.02	0.5888	0.5829	4.6490	5.0000

40	20	5.35	5.33	1.50	1.50	0.3932	0.4231	4.4950	4.9570
40	21	5.22	5.19	2.97	4.24	0.3824	0.3931	4.6040	5.0000
40	22	4.75	4.70	1.69	1.77	0.4545	0.4269	5.0000	4.8270
40	23	5.02	5.04	3.01	2.60	0.4100	0.4230	5.0000	4.3710
40	24	4.99	4.90	1.56	1.20	0.4012	0.4622	4.4570	4.6240

<b>T°</b>	<b>Semana</b>	<b>Humedad</b>		<b>I.P</b>		<b>Fuerza</b>	<b>Máxima</b>	<b>Deformación</b>	<b>Máxima</b>
30	2	9.27	9.15	1.29	1.32	0.1192	0.1987	3.9870	3.5890
30	4	8.55	8.67	1.85	1.65	0.2152	0.2377	4.1530	5.0000
30	6	8.43	8.37	2.40	2.56	0.2220	0.2206	4.8410	3.5490
30	8	8.35	8.27	3.49	3.56	0.2434	0.2134	4.8410	4.6040
30	10	7.89	8.31	4.30	4.40	0.2513	0.2494	4.9470	4.0490
30	12	7.6	7.76	6.21	6.32	0.2309	0.2378	4.6650	4.7530
30	14	7.21	7.39	4.60	5.00	0.2379	0.2788	4.6040	4.1190
30	16	6.97	7.19	4.65	4.28	0.2507	0.2467	4.1550	4.3690
30	18	7.04	6.72	4.23	4.31	0.1607	0.1762	4.5610	4.1210
30	20	6.8	6.64	3.20	2.90	0.2788	0.2883	4.6690	4.8630
30	22	6.56	6.56	2.87	3.10	0.2379	0.2788	4.8630	4.6320
30	24	6.31	6.13	2.31	2.36	0.3010	0.3520	4.9820	4.9530
20	4	12.58	12.45	1.89	1.76	0.1307	0.1522	3.1070	4.8450
20	8	12.12	11.94	2.50	2.44	0.1551	0.1524	4.7700	4.4000
20	12	11.65	11.42	2.65	2.40	0.1852	0.1570	4.9670	4.4510
20	16	10.52	10.66	3.50	3.21	0.1302	0.1664	4.2060	3.8880
20	20	10.35	10.38	2.86	1.99	0.1738	0.1738	4.0930	4.0930

20	24	9.81	9.83	1.00	1.00	0.1916	0.1605	3.4300	4.5370
----	----	------	------	------	------	--------	--------	--------	--------

**ANEXO 2: Datos de vida útil harina de quínoa Paredones**

T°	Semana	Humedad		IP		Fuerza	Máxima	Deformación	Máxima
		40	1	8.02	7.95	1.7	2.84	0.1936	0.1887
40	2	7.12	7.4	1.93	1.88	0.0986	0.0939	3.359	4.195
40	3	7.31	7.3	2.19	2.53	0.4355	0.4702	1.287	3.966
40	4	7.35	7.28	2.3	2.3	0.5324	0.5183	4.16	2.493
40	5	7.09	6.85	2.53	2.4	0.5027	0.4052	2.437	0.0001
40	6	6.98	7.02	3.26	2.6	0.3743	0.3705	2.65	1.032
40	7	6.71	7.02	3.36	4	0.4904	0.5114	2.536	2.281
40	8	6.81	6.78	3.4	3.3	0.5172	0.5317	3.144	2.452
40	9	6.68	6.56	3.56	3.4	0.163	0.1674	4.942	4.433
40	10	6.26	6.31	3.94	3.79	0.2318	0.2252	4.249	3.976
40	11	6.1	5.9	3.49	4.54	0.1816	0.1723	3.581	4.145
40	12	5.92	6.14	5.07	6.32	0.1148	0.1235	4.533	3.706
40	13	6.04	6.04	6.15	6.16	0.2634	0.2813	4.535	4.668
40	14	5.5	5.4	6.2	6.23	0.3176	0.3041	4.523	4.363
40	15	5.84	5.88	6.36	6.38	0.2202	0.2213	4.463	3.704
40	16	5.91	5.96	3.4	3.53	0.2079	0.2404	3.226	5
40	17	6.53	6.05	3.12	5.16	0.2341	0.2227	4.71	4.87
40	18	6.57	6.58	3.43	3.17	0.2629	0.2461	5	4.227

40	19	6.33	6.34	3.79	3.27	0.2003	0.2067	3.64	4.891
40	20	6.53	6.65	2.53	3.15	0.2223	0.2121	4.964	4.058
40	21	6.37	6.23	1.58	3.1	0.2415	0.2267	3.998	3.612
40	22	6.06	6.03	1.89	5.21	0.2557	0.2342	4.056	3.666
40	23	6.05	6.04	1.59	1.62	0.282	0.2603	4.363	4.371
40	24	5.98	5.89	1.58	1.78	0.2871	0.2932	4.457	4.624

<b>T°</b>	<b>Semana</b>	<b>Humedad</b>		<b>I.P</b>		<b>Fuerza</b>	<b>Máxima</b>	<b>Deformación</b>	<b>Máxima</b>
30	2	9.26	9.22	3.46	3.22	0.1627	0.1305	4.94	4.535
30	4	9.15	9.26	3.59	3.62	0.4287	0.4055	0.0001	0.6035
30	6	8.97	8.96	3.72	3.68	0.3708	0.382	0.000027	0.6185
30	8	8.49	8.53	3.49	4.54	0.2134	0.194	4.809	4.382
30	10	8.05	8.11	5.89	5.82	0.1497	0.1338	3.813	4.12
30	12	7.75	7.67	7.39	7.44	0.1209	0.1151	4.858	4.599
30	14	5.94	6.04	7.48	7.26	0.1774	0.2148	3.575	4.584
30	16	6.21	6.17	3.51	3.52	0.1878	0.174	4.532	4.306
30	18	6.6	6.55	1.48	7.23	0.2174	0.2289	3.79	4.995
30	20	7.04	7.3	3.2	2.9	0.2229	0.2143	4.324	4.807
30	22	7.09	7.08	4.92	3.1	0.2274	0.2307	3.732	4.355
30	24	7	7.03	5.02	4.98	0.2374	0.2489	3.895	4.272
20	4	12.78	12.36	1.6	1.68	0.3628	0.3101	0.9513	0.0001
20	8	12.25	11.89	2.53	1.77	0.0835	0.0889	3.83	3.842
20	12	11.59	11.55	3	2.9	0.1308	0.1331	4.457	4.272
20	16	9.8	9.34	1.21	1.3	0.1754	0.173	3.965	4.573

20	20	9.49	9.75	0.88	1.22	0.1581	0.1553	3.178	5
20	24	10.5	10.32	0.85	0.98	0.1765	0.1254	4.629	3.7