

APROVECHAMIENTO INTEGRAL DEL GRANO DE QUINOA

Aspectos Tecnológicos, Fisicoquímicos, Nutricionales y Sensoriales

Bergesse Antonella E.
Boiocchi Paola N.
Calandri Edgardo L.
Cervilla Natalia S.
Gianna Vicente
Guzmán Carlos A.
Miranda V. Patricia P.
Montoya Patricia A.
Mufari Jesica R.



Grasso Florencia V.
Editora

Aprovechamiento integral del grano de quinoa : aspectos

tecnológicos, físicoquímicos, nutricionales y sensoriales /
Antonella E. Bergesse ... [et al.]. - 1a ed. . - Córdoba : Edgardo Luis
Calandri, 2015.

Libro digital, PDF

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-33-8871-2

1. Ingeniería de la Producción. 2. Consumo Alimentario. I. Bergesse , Antonella E.

CDD 664.0092

ISBN 978-987-33-8871-2



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-
NoComercial 2.5 Argentina.



Este documento se encuentra disponible en el
Repositorio Digital de la Universidad Nacional
de Córdoba. <http://rdu.unc.edu.ar>

APROVECHAMIENTO INTEGRAL DEL GRANO DE QUINOA

Aspectos Tecnológicos, Fisicoquímicos, Nutricionales
y Sensoriales

AUTORES

Bergesse Antonella E.

Boiocchi Paola N.

Calandri Edgardo L.

Cervilla Natalia S.

Gianna Vicente

Guzmán Carlos A.

Miranda V. Patricia P.

Montoya Patricia A.

Mufari Jesica R.

Grasso Florencia V.

Editora

Córdoba - Argentina

2015

Editora: Florencia Grasso

Diseño de portada: Romina Mufari y Patricia Miranda

Compilador: Romina Mufari y Patricia Miranda

ACERCA DE LOS AUTORES

Antonella E. Bergesse es estudiante destacada en la Escuela de Nutrición perteneciente a la Facultad de Ciencias Médicas, de la Universidad Nacional de Córdoba. Actualmente posee una Beca de Estímulo a las Vocaciones Científicas 2014, del Consejo Interuniversitario Nacional.



Paola N. Boiocchi es Licenciada en Nutrición por la Facultad de Ciencias Médicas. Su tesis de grado se centró en la obtención de pastas de quinoa. Actualmente ejerce su profesión de manera particular.



Edgardo L. Calandri es Doctor en Ciencias Químicas de la Universidad Nacional de Córdoba. Durante 15 años desempeñó diversas posiciones en empresas privadas del rubro alimenticio. Actualmente es Profesor Adjunto de la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la UNC y miembro del instituto de ciencia y tecnología de los alimentos (ICTA), y del instituto de ciencia y tecnología de los alimentos Córdoba (ICYTAC). El Dr. Calandri ha dirigido y dirige tesis de grado y post-grado que involucran diversos aspectos del grano de quinoa y su aprovechamiento; cuenta con publicaciones nacionales e internacionales sobre temas vinculados con su actividad.



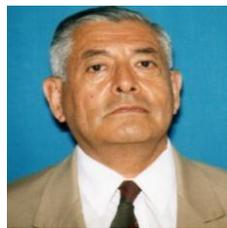
Natalia S. Cervilla es egresada de la Escuela de Nutrición de la Facultad de Ciencias Médicas de la UNC, donde actualmente se desempeña como Instructora de Área de la Cátedra “Técnicas de Investigación y Control de Alimentos”. Actualmente es becaria del Ministerio de Salud de la Nación y se encuentra terminando su doctorado en Ciencias de la Ingeniería de la UNC. Su tema de investigación se vincula con la evaluación nutricional de harinas de quinoa, tema sobre el cual cuenta con varias publicaciones y presentaciones a congresos.



Vicente Gianna es Doctor en Ciencias de la Ingeniería por la Universidad Nacional de Córdoba, posee una Diplomatura en Estudios Avanzados en Educación Científica por Universidad Autónoma de Madrid y actualmente es Profesor Consulto de la Universidad Nacional de Córdoba. Se desempeña como docente de la Maestría en Educación en Ciencias Experimentales y Tecnología (UNC) y es Investigador en el Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA) y del Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba (ICYTAC). CONICET - UNC. Sus investigaciones se centran en la extracción, purificación y cuantificación de las saponinas de la quinoa, contando con varias publicaciones y presentaciones a congresos relacionados.



Carlos A. Guzmán, es doctor en Farmacia y Bioquímica, Profesor Emérito de la Universidad Nacional de Córdoba y Académico de la Academia Nacional de Ciencias Agropecuarias y Veterinarias. Centró sus trabajos de investigación en el estudio de semillas oleaginosas y potencialmente oleaginosas y últimamente sus esfuerzos se encaminan hacia el estudio de la quinoa. El Dr. Guzmán es Investigador en el Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA) y del Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba (ICYTAC) CONICET - UNC.



Patricia P. Miranda Villa, es Ingeniera de Alimentos por la Universidad de Cartagena, Colombia y posee una maestría en Formulación y Tecnología del Producto por la Universidad Internacional de Andalucía, España. Posee experiencia en investigación y docencia universitaria en el área de Ciencias, Tecnología y Calidad de los Alimentos. Actualmente realiza su Doctorado en Ciencias de la Ingeniería en la Universidad Nacional de Córdoba y es miembro de Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA) y del Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba (ICYTAC) CONICET - UNC.



Patricia A. Montoya es Ingeniera Química (UNC) y Profesor Asistente de Química Orgánica I y Química Orgánica II de Ingeniería Química (UNC). Actualmente cursa el Doctorado en Ciencias de la Ingeniería (FCEfyN-UNC) y su área de investigación es la extrusión reactiva enzimática. Es miembro de Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA)



Jesica R. Mufari es Licenciada en Química por la Facultad de Ciencias Químicas de la UNC y actualmente realiza su doctorado en Ciencias de la Ingeniería en esta universidad. Actualmente es adscrita a la cátedra de Química Orgánica de la carrera de Ingeniería Química de la FCEfyN de la UNC y miembro del Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA) y del Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba (ICYTAC) CONICET - UNC. Su tema de tesis se vincula con el germen y las proteínas de la quinoa y su aprovechamiento.



Florencia V. Grasso Es Ingeniera Química por la UNC y Doctora en Ingeniería de la Universidad Nacional de la Plata. Actualmente es Profesora Adjunta de Química Orgánica I y II, en la carrera de Ingeniería Química de la FCEfyN de la UNC y Profesora Titular de Operaciones Unitarias de la Industria de los Alimentos en la Maestría en Ciencia y Tecnología de los Alimentos de la UNC. Es miembro del Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA), donde dirige trabajos finales de grado y de maestría y de proyectos subsidiados en el área de diseño de equipos, procesos y productos de la Industria de Alimentos.



PRÓLOGO

El libro APROVECHAMIENTO INTEGRAL DEL GRANO DE QUINOA. Aspectos Tecnológicos, Físicoquímicos, Nutricionales y Sensoriales, tiene por objeto difundir las investigaciones y desarrollos realizados en la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina por el “Grupo quinoa”. Este grupo está constituido por un conjunto de docentes-investigadores los que integran un equipo multidisciplinario que llevan a cabo su trabajo en el Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos (ICTA) y del Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos Córdoba (ICYTAC), Unidad Ejecutora del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

El grupo comenzó a desarrollar sus actividades en el año 2007. Desde ese entonces ha indagado sobre los frutos y semillas de quinoa que se cultivan en la provincia de Salta, Argentina.

La presente obra contiene 13 capítulos en los que se pueden advertir un trabajo interdisciplinario. Las temáticas abordadas abarcan datos de antecedentes históricos, aspectos legales, consumo tanto a nivel nacional cuanto internacional, aspectos nutricionales, productos y procesos entre otros.

Los trabajos realizados por este grupo abarcan temas relacionados con los metabolitos primarios y secundarios de la quinoa. Con respecto a los primeros se indagaron sobre hidratos de carbono (almidón y azúcares reductores), lípidos (aceite crudo y composición ácida) y proteínas (proteínas totales, fracciones proteicas y composición aminoacídica). En relación a metabolitos secundarios se estudiaron las saponinas.

A partir de la semilla entera se prepararon productos a saber: sopas, galletas, aderezos, hojuelas y pastas frescas. Todos estos productos fueron sometidos a análisis sensorial. La metodología usada en la elaboración de los citados productos fueron las convencionales y otras de factura original. También en esta obra se proponen algunas perspectivas tecnológicas futuras a desarrollar por el Grupo quinoa.

Carlos Alberto Guzmán

Vicente Gianna

Córdoba, mayo de 2015.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Pág
Antecedentes y estadísticas de producción y consumo regional e internacional de la Quinoa	1
Antecedentes históricos	3
Producción y consumo de quinoa: marco regional e internacional	6
Referencias bibliográficas	11
Parte I. El grano de quinoa y sus subproductos	13
Capítulo 1. Grano de quinoa	15
1.1 Descripción del grano	16
1.2 Definiciones legales	20
1.3 Caracterización física de los granos	22
1.4 Valor nutritivo	27
1.5 Desamargado de los granos	28
1.6 Tablas Nacionales	31
1.7 Cocción de las semillas	34
Referencias bibliográficas	40
Capítulo 2. Saponinas	43
Introducción	45
2.1 Saponinas	46
2.2 La quinoa	48
2.3 Métodos de extracción de laboratorio	50
2.4 Purificación de las saponinas	61
2.5 Determinación de la constante de reparto	62
Referencias bibliográficas	65

Capítulo 3. Harina Integral	71
3.1 Definición legal	73
3.2 Proceso de obtención de la harina integral	75
3.3 Valor nutricional de las harinas	80
Referencias bibliográficas	95
Capítulo 4. Germen	97
4.1 Generalidades	99
4.2 Proceso de elaboración del germen	100
Referencias bibliográficas	104
Capítulo 5. Almidón	105
Referencias bibliográficas	115
Capítulo 6. Aceite	117
6.1 Lípidos	119
6.2 Extracción y consumo de aceites	119
6.3. Aceite de quinoa	121
6.4 Proceso de extracción	122
6.5 Estabilidad oxidativa	124
Referencias bibliográficas	129
Capítulo 7. Aislado proteico	131
7.1 Proteínas y péptidos	133
7.2 Métodos de obtención de aislados y concentrados proteicos	136
7.3 Aislados y concentrados proteicos de quinoa	137
7.4 Optimización de la obtención de aislados proteicos	140
7.5 Caracterización de la fracción proteica	143
Referencias bibliográficas	148

Parte II. Productos elaborados a partir de quinoa	149
Capítulo 8. Sopas	151
8.1 Generalidades	153
8.2 Ingrediente para las sopas	157
8.3 Elaboración de sopa instantánea	158
8.4 Composición nutricional de las sopas	159
8.5 Evaluación sensorial	161
8.6 Estabilidad oxidativa de las sopas	163
Referencias bibliográficas	167
Capítulo 9. Galletas	169
9.1 Generalidades	171
9.2 Consumo de galletas en Argentina	172
9.3 Modificación de las galletas durante el horneado	173
9.4 Galletas sin TACC	175
9.4.1 Composición química y valor nutricional	178
9.4.2 Análisis sensorial	179
Referencias bibliográficas	182
Capítulo 10. Aderezo	185
10.1 Generalidades	185
10.2 Aderezo con granos de quinoa	187
10.2.1 Composición nutricional del aderezo	188
10.2.2 Análisis sensorial	190
Referencias bibliográficas	194
Capítulo 11. Hojuelas para desayuno	195
11.1 Generalidades	197

11.2 Elaboración de las hojuelas	199
11.3 Determinación fisicoquímica del producto final	199
11.3.1 Composición química	199
11.3.2 Cálculo del valor energético	200
11.3.3 Medición de la textura	201
11.3.4 Medición del color	202
11.3.5 Análisis sensorial	202
11.4 Resultados	204
Referencias bibliográficas	206
Capítulo 12. Fideos frescos	207
Pastas alimenticias	209
12.1. Generalidades	210
12.1.1. Producción y consumo de pastas en Argentina	210
12.1.2 Proceso de elaboración de pastas frescas	211
12.2. Fideos frescos adicionados con fibra	212
12.2.1 Calidad de cocción de los fideos frescos	213
12.2.2 Evaluación química de los fideos frescos	214
12.3 Resultados	214
12.4 Análisis sensorial	217
Referencias bibliográficas	219
Capítulo 13. Diseño de secador para quinoa lavada	221
13.1 Generalidades	223
13.2 Desamargado de quinoa	223
13.3 Lavado sin circulación	224
13.4 Selección de secados	225

13.5 Secador de lecho fluidizado	227
13.5.1 Tiempo de secado	228
13.5.2 Dimensiones del secador	228
13.5.3 Caudal de aire	229
13.5.4 Tiempo de secado	229
13.5.5 Diseño del dispositivo	230
13.5.6 Materiales para la construcción del secador y costos	230
13.5.7 Consideraciones operativas	231
13.5.8 Estimaciones de gasto energético	232
Referencias bibliográficas	234
Parte III. Perspectivas futuras	235

ÍNDICE DE TABLAS

Antecedentes y estadísticas de producción y consumo regional e internacional de la Quinoa

Parte I. El grano de quinoa y sus subproductos

Capítulo 1. Grano de quinoa

Tabla 1. Clasificación de los granos de quinoa en función de su diámetro promedio	22
Tabla 2. Dimensiones, tamaño y esfericidad de frutos de quinoa	24
Tabla 3. Peso, densidad y porosidad de frutos de quinoa	25
Tabla 4. Valores $L^*a^*b^*$	26
Tabla 5. Composición química de cereales y granos andinos (g/100 g de materia seca)	28
Tabla 6. Comparación del contenido de minerales entre frutos y semillas de quinoa (Lote 2009)	30
Tabla 7. Composición mineral de cereales	31
Tabla 8. Composición química de los granos y comparativos	34
Tabla 9. Pérdidas de proteínas por distintos métodos de cocción	36
Tabla 10. Pérdida de nutrientes durante la cocción de quinoa con vapor y presión	38

Capítulo 2. Saponinas

Tabla 1. Matriz del diseño experimental	54
Tabla 2. Matriz del diseño experimental	59

Capítulo 3. Harina Integral

Tabla 1. Requisitos físico-químicos para las harinas de quinoa	74
Tabla 2. Composición química de harinas obtenidas con bajos y altos rendimientos	77

Tabla 3. Determinación de color en harina	78
Tabla 4. Caracterización nutricional de harinas integrales de quinoa (g/100 g de materia seca)	81
Tabla 5. Composición química de granos de quinoa	81
Tabla 6. Caracterización nutricional de harinas integrales precocidas de quinoa (g/100 g en b.s)	81
Tabla 7. Composición mineral de harina de quinoa	83
Tabla 8. Perfil de Ácidos Grasos de la harina de quinoa	84
Tabla 9. Discriminación de las fracciones de hidratos de carbono en las HCR (g/100g de harina en b.s)	86
Tabla 10. Discriminación de las fracciones de hidratos de carbono en las HPR (g/100g de harina en b.s)	86
Tabla 11. Cómputo aminoacídico (CA) de la proteína de quinoa.	91
Tabla 12. Aminoácidos limitantes en harinas de quinoa, según grupos etéreos.	92
Tabla 13. PDCAAS de la harina de quinoa en relación a los grupos etéreos.	92
Tabla 14. Comparación del contenido de aminoácidos de los alimentos (AA/100 g de producto).	94
Capítulo 4. Germen	
Tabla 1. Composición centesimal del germen de quinoa	102
Capítulo 5. Almidón	
Capítulo 6. Aceite	
Tabla 1. Contenido lipídico de harina integral y semilla de quinoa	123
Tabla 2. Composición relativa de ácidos grasos determinada por cromatografía gaseosa	123
Tabla 3. Clase y composición de ácidos grasos presentes	124
Tabla 4. Efectos del almacenado bajo condiciones de	125

oxidación acelerada a 60°C en los parámetros de calidad de aceite medidos

Capítulo 7. Aislado proteico

Tabla 1. Aplicaciones de las propiedades funcionales de las proteínas en alimentos 134

Tabla 2. Porcentajes de extracción proteica con soluciones alcalinas. 138

Parte II. Productos elaborados a partir de quinoa

Capítulo 8. Sopas

Tabla 1. Ingredientes de la formulación de sopa crema 157

Tabla 2. Ingredientes de la formulación de sopa instantánea 157

Tabla 3. Composición nutricional de las sopas 159

Tabla 4. Acidez Libre y Dienos Conjugados en sopa crema y sopa instantánea de quinoa 164

Capítulo 9. Galletas

Tabla 1. Formulación de galletas dulces y saladas 177

Tabla 2. Información nutricional de galletas por porción 179

Tabla 3. Valores medios de los atributos sensoriales 180

Capítulo 10. Aderezo

Tabla 1. Reporte nutricional del aderezo 188

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos de semillas de quinua (%) 189

Tabla 3. Clase y composición de ácidos grasos presentes 190

Tabla 4. Composición relativa de ácidos grasos determinada por cromatografía gaseosa 191

Tabla 5. Valores medios de los atributos sensoriales 192

Capítulo 11. Hojuelas para desayuno

Tabla 1. Factores de ponderación para cada atributo 203

evaluado	
Tabla 2. Instrumento de evaluación sensorial	203
Capítulo 12. Fideos frescos	
Tabla 1. Calidad de cocción de los fideos frescos control y adicionados con fibra	215
Tabla 2. Composición química de los fideos control y adicionados con fibra	216
Tabla 3. Determinación del contenido de fibra bruta	216
Tabla 4. Aceptabilidad general de los fideos frescos	218
Capítulo 13. Diseño de secador para quinoa lavada	
Tabla 1. Condiciones óptimas de lavado	224
Tabla 2. Tipos de secadores industriales	225
Parte III. Perspectivas futuras	

ÍNDICE DE FIGURAS

Antecedentes y estadísticas de producción y consumo regional e internacional de la Quinoa

Fig 1. El imperio Inca en distintas épocas 4

Parte I. El grano de quinoa y sus subproductos

Capítulo 1. Grano de quinoa

Fig 1. Vista ventral del fruto de quinua 17

Fig 2. Sección longitudinal media del grano de quinua 17

Fig 3. Fotografía de las semillas 18

Fig 4. Sección longitudinal media de la semilla lavada 18

Fig 5. Sección longitudinal media de las semillas con tintaciones vegetales 18

Fig 6. Dimensiones de las semillas de quinoa: Ancho, largo y espesor (mm). 23

Fig 7. El espacio de color CIELAB 26

Fig 8. Esquema del lavado de la quinoa por flujo ascendente de agua 29

Capítulo 2. Saponinas

Fig 1. Dispositivo para la extracción de saponinas en microondas 51

Fig 2. Dispositivo para extracción de saponinas de quinoa a alta presión 58

Fig 3. Dispositivo de extracción en baño termostatzado 58

Fig 4. Concentrado de saponinas sin purificar 61

Capítulo 3. Harina Integral

Fig 1. Elaboración de harina integral de quinoa 75

Fig 2. Micrografías 87

Capítulo 4. Germen

Fig 1. Proceso de obtención del germen	100
Fig 2. Curva de humectación de las semillas de quinoa	101
Fig 3. Contenido de proteínas durante el proceso de obtención del germen.	103

Capítulo 5. Almidón

Fig 1. Cadenas de amilosa y de amilopectina	108
Fig 2. Estructuras de la amilosa y la amilopectina	108
Fig 3. Estructura del gránulo de almidón	109
Fig 4. Microfotografías de gránulos de almidón	110
Fig 5. DSC de almidón de quinoa	111
Fig 6. Curvas de pasting de harina de arroz, féculas de mandioca y maíz y almidón de quinoa	112
Fig 7. Curvas de pasting de harinas de quinoa	113

Capítulo 6. Aceite

Fig 1. Consumo mundial de aceite vegetal años 2011-2014	120
Fig 2. Proceso de extracción de aceite	122
Fig 3. Evolución del índice de peróxidos del aceite de quinoa crudo.	126
Fig 4. Evolución del índice de acidez del aceite de quinoa crudo.	127
Fig 5. Evolución del coeficiente de extinción específica K232	128

Capítulo 7. Aislado proteico

Fig. 1 Porcentaje de proteínas extraídas a diferentes pH	137
Fig. 2 Porcentajes de extracción proteica con enzimas.	139
Fig. 3 Proteínas solubilizadas en las diferentes condiciones de trabajo.	141

Fig. 4 Determinación de punto isoelectrico promedio.	142
Fig. 5 Pureza y rendimiento de obtención de aislados proteicos.	142
Fig. 6 Porcentaje de proteínas totales en cada fracción proteica.	143
Fig. 7 Electroforesis SDS PAGE de las distintas fracciones proteínas.	143
Fig. 8 PAGE- Nativa extracto de proteínas de harinas de quinoa con buffer de pH entre 3-11.	144
Fig. 9 PAGE- SDS de extractos de proteínas de harinas de quinoa con buffer de pH entre 3-11.	145
Fig. 10 PAGE- SDS en condiciones reductoras de extractos de proteínas de harinas de quinoa con buffer de pH entre 3-11.	146
Fig. 11 Cambio del perfil de aminoácidos del aislado proteico respecto de la harina de quinoa.	147

Parte II. Productos elaborados a partir de quinoa

Capítulo 8. Sopas

Fig 1. Diagrama de flujo sopa instantánea	158
Fig 2. Resultados análisis sensorial	163

Capítulo 9. Galletas

Fig 1. Consumo Per cápita de galletas y bizcochos	172
Fig 2. Diagrama de flujo “elaboración de galletas”	176
Fig 3. Preferencia entre galletas	180

Capítulo 10. Aderezo

Fig 1. Proceso de elaboración de aderezos	187
Fig 2. Ácidos grasos destacados en el aderezo de quinoa	191
Fig 3. Calificaciones por atributos sensoriales de los aderezos de quinoa formulados	193

Capítulo 11. Hojuelas para desayuno

Fig 1. Elaboración de copos 199

Fig 2. Texturómetro 201

Capítulo 12. Fideos frescos

Fig 1. Proceso de elaboración de fideos frescos adicionados con fibra 212

Fig 2. Medidas del ranking de preferencia 217

Capítulo 13. Diseño de secador para quinoa lavada

Fig 1. Fenómenos en un lecho de partículas fluidizadas 227

Fig 2. Esquema y dimensiones del secador 230

Parte III. Perspectivas futuras

**ANTECEDENTES Y
ESTADÍSTICAS DE
PRODUCCIÓN Y CONSUMO
REGIONAL E INTERNACIONAL
DE LA QUINOA**

Antonella Bergesse y Edgardo Calandri

Antecedentes históricos

La región andina de Suramérica ha sido el centro de origen de numerosos granos y frutos que actualmente se consumen en todo el mundo, como el ají o pimentón (*Capsicum annuum*), el zapallo (*Cucurbita maxima*), el tomate (*Lycopersicon esculentum*), el poroto común (*Phaseolus vulgaris*), la papa andina (*Solanum andigenum*) y la papa común (*Solanum tuberosum*). Numerosas culturas precolombinas cultivaron la quinoa desde tiempos remotos; su gran adaptación a diversos climas y suelos ha permitido que los antiguos habitantes de los valles interandinos, así como de zonas más altas (> 3500 msnm), frías (medias de 12 °C) y áridas (regímenes medios de 350 mm) pudieran aprovechar la excelente calidad nutritiva de este grano (FAO, 2011).

Según Cárdenas (1944), el centro de origen de la quinoa se encuentra en los Andes de Bolivia y Perú. Gandarillas (1979b) coincide con esto y agrega que su área de dispersión geográfica es bastante amplia, no sólo por su importancia social y económica, sino porque allí se encuentra la mayor diversidad de ecotipos, tanto cultivados como en estado silvestre. Existen evidencias de su cultivo en Perú y Argentina en épocas que se remontan a los comienzos de la era cristiana (Heisser y Nelson, 1974). Incluso, se encontraron semillas de quinoa en tumbas indígenas halladas en la región norte de Chile (Cárdenas, 1949). Jacobsen (2003) afirma que este cultivo tiene una antigüedad en la región de más de 7000 años, contribuyendo al desarrollo de culturas como la de Tiahuanaco y la Inca.

Precisamente esta última tuvo mucho que ver en su distribución, como lo prueban semillas de esta especie encontradas en antiguos asentamientos incaicos en la provincia de Catamarca, casi en el extremo sur de ese imperio (Couso y col., 2011).

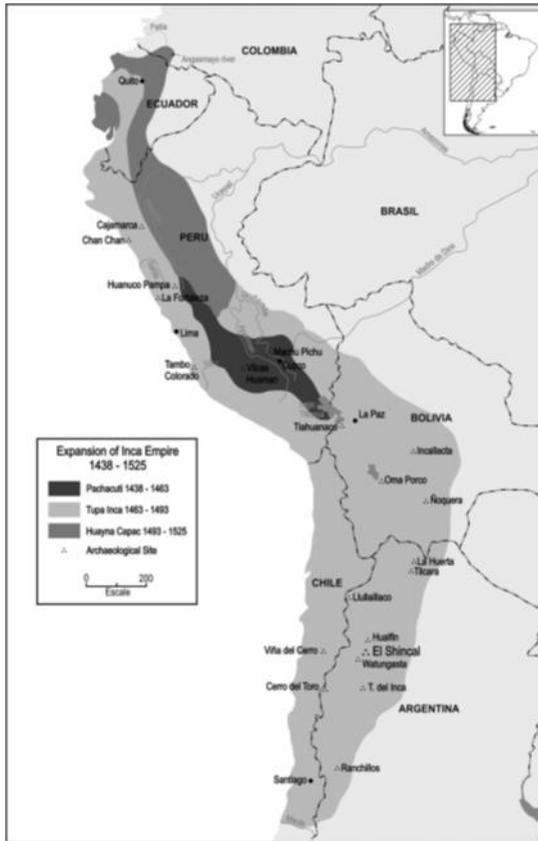


Figura 1. El imperio Inca en distintas épocas (Couso y col., 2011)

A la llegada de los españoles, la distribución de la quinoa copiaba la del imperio incaico, desde Ecuador hasta centro de Chile y centro norte de Argentina (figura 1). En Concepción, Pedro de Valdivia observa que los nativos siembran también la quinua, entre otras plantas, para su alimentación. Garcilaso de la Vega, también la menciona como “uno de los segundos granos que se cultivan sobre la faz de la tierra” y dice que se asemeja algo al mijo o arroz pequeño. Garcilaso también menciona un primer envío de semillas hacia Europa, que llegaron muertas y sin poder germinar (Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2013). No obstante, su marginación y reemplazo se inició con la conquista e introducción de cereales como la cebada y el trigo (Mujica, 1992; Jacobsen y Stolen, 1993). El cultivo nunca se perdió para los campesinos andinos, pero pasaba desapercibido entre los pobladores urbanos de la región, por razones económicas y sociales (Risi, 1997). Sin dudas que la creciente urbanización de la población, otrora mayoritariamente rural, hizo que su cultivo fuera disminuyendo gradualmente hasta casi su extinción. Sin embargo, otros autores sostienen que el consumo de la quinoa fue combatido por parte de los españoles, quedando relegado a pequeñas áreas, en zonas agrestes y aisladas (Rivas, 2013). Así, de la riqueza del patrón alimentario Incaico el conquistador sólo tomó un limitado espectro de productos (entre los que se destacan maíz, papa, pimientos), la mayoría de estos granos andinos (quinoa, qiwicha) quedaron en el noroeste como comida de aborígenes (Aguirre, 1997).

El fruto de la quinoa se encuentra rodeado de saponinas, sustancias amargas que deben ser removidas para poder consumir este grano (Mujica 1992, Heisser y Nelson 1974). La necesidad de desamargar el grano de quinoa debería considerarse como otra posible causa para su abandono temporal como alimento, ya que lo colocaba en desventaja frente al trigo, que no necesita de ese tratamiento y que además, es panificable.

Pero en épocas recientes y a partir de trabajos apoyados desde organizaciones como la FAO, la quinoa fue redescubierta y puesta en valor gracias a sus propiedades nutricionales poco comunes. A esto debe agregarse que, como cultivo, brinda la posibilidad de aprovechar terrenos de escasa aptitud o en regiones cuyos climas desérticos o semidesérticos no permiten la explotación de otros granos (FAO, 2011). La NASA (Administración Nacional de la Aeronáutica y el Espacio) de Estados Unidos, ha incluido a la quinoa como un cultivo apropiado para el espacio, ya que mostró índices de cosecha y rendimientos de grano incluso mayores que otros cultivos ensayados, en experimentos conducidos en condiciones controladas (Schlick & Bubenheim, 1993).

Producción y consumo de quinoa: marco regional e internacional

Desde hace algunos años se constata un sistemático aumento de la demanda en los mercados internacionales de quinoa y sus productos derivados, lo que se ve reflejado igualmente en

el rápido aumento de la superficie bajo cultivo. Los principales países exportadores son Bolivia y Perú, sin perjuicio de lo cual, existen otros países interesados en aumentar su producción y participar en los mercados internacionales, como son los casos de Ecuador y en menor medida Chile, Colombia y Estados Unidos. Las razones que explican este aumento en la demanda son diversas, entre ellas la alta calidad nutricional de la quinua y sus derivados, la propensión hacia patrones de alimentación saludables, la revalorización de las culturas ancestrales, el hecho de que se trata de un producto originado en pequeñas explotaciones campesinas y la condición mayoritariamente orgánica de la oferta.

El interés reciente por su cultivo tiene una doble componente: comercial, por su rentabilidad en el contexto actual, y de rescate del patrimonio cultural de los pueblos indígenas del NOA y la Patagonia (Andrade et al., 2013). Existen pocos antecedentes de producción de quinoa en Argentina; de hecho, este cultivo no estuvo inscripto hasta 2013 en el Código Alimentario Nacional. El área de cultivo actual más importante se extiende en la región noroeste del país, sobre una amplitud significativamente heterogénea de ambientes comprendidos entre los 1100 a los 3800 msnm. Se estima para esta región una superficie cultivada total próximas a las 150 ha, donde se destacan las provincias de Catamarca (74 ha), Salta (47 ha) y Jujuy (25 ha) con rendimientos promedio de 1.25 t/ha. Por su parte, las provincias de Buenos Aires y La Pampa en la zona centro-sur de Argentina proveen una

producción de al menos 26 ha con rindes promedio de 1.6 t/ha (Alarcón, 2012). La producción de quinoa en Argentina para el período 2009-2011 se estimó entre 97 a 150 t y representaría el 0,2 % de la producción mundial (Andrade et al., 2013).

La mayor parte de la producción local se vende como grano, sin generación de valor agregado. Sin embargo, la demanda actual de quinoa, por parte de empresas argentinas del rubro golosinas y gastronómicas, especialmente aquellas dedicadas a la alta cocina, es abrumadoramente superior a la producción actual. Este hecho promete un incremento constante, difícil de satisfacer en el corto plazo, de quinoa con valor agregado.

Los principales consumidores a nivel mundial son Bolivia, Perú y Ecuador. El primero de estos países tiene el consumo per cápita más elevado del mundo, equivalente a 5 kilos anuales. En los tres casos es consecuencia, principalmente, del autoconsumo de los campesinos de bajos recursos. Algo semejante a lo que ocurre en la provincia de Catamarca, como en otras zonas andinas de nuestro país, en donde el cultivo de quinoa se sitúa en las comunidades campesinas, como forma de autoabastecimiento, siendo incipiente la producción de tipo comercial. Distinto es el caso de los consumidores estadounidenses y europeos, de altos ingresos, que focalizan su consumo principalmente en los productos funcionales (Cofecyt).

Por otra parte, aunque desde el punto de vista cuantitativo el consumo de quinoa en las principales ciudades de Argentina

es bajo, existe la percepción de que se trata de un alimento de alta calidad alimenticia; prueba de ello es su presencia en la mayoría de los negocios de productos saludables y en grandes supermercados.

En el capítulo IX del Código Alimentario Argentino, la quinoa figura como dentro de los alimentos farináceos y por tanto, como alimento debe considerárselo como tal. Las Guías Alimentarias para la Población Argentina, que emite el Ministerio de Salud de la Nación, en su última actualización establece que la cantidad diaria recomendada consiste en medio plato de cereales cocidos.

Lo destacable de este grano radica no solamente en su excelente calidad nutricional sino también en ser apto para ser consumido por celíacos, debido a que no contiene gluten, y, de la misma manera, poder ser incluido dentro de la alimentación complementaria luego de los 6 meses de edad, etapa en donde se pueden comenzar a forjar hábitos alimentarios saludables.

Asimismo, es un alimento muy dúctil, adaptable para una alimentación tradicional o altamente sofisticada. Se puede consumir de diversas maneras, como grano, harina en panificados, pastas, insuflados, hojuelas, granolas, barras energéticas, etc.

Buena parte de estos productos han sido estudiados y/o desarrollados dentro de nuestro grupo de trabajo y ha inspirado la redacción de este libro. Pretendemos así contribuir al desarrollo de una alternativa productiva que si bien no es nueva, su expansión como cultivo abre nuevos

horizontes para regiones relegadas de nuestro país, mejorando las condiciones de vida de las personas involucradas, mediante la incorporación de valor agregado.

Referencias bibliográficas

- Aguirre P. Patrón alimentario, estrategias domésticas de consumo e identidad en Argentina, 1995. En: Procesos Socioculturales y Alimentación. Pinotti LV y Álvarez M. Serie Antropológica Ediciones del Sol Buenos Aires; 1997. pp 161-187.
- Andrade AJ, Babot P, Bertero HD, Costa Tártara SM, Curti RN, Maníffesto M. Contexto del cultivo en su área originaria. Argentina. En: Bazile D. et al. (Editores). Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013. Santiago, Chile: FAO y Montpellier, Francia: CIRAD; 2013. pp. 504-518.
- Cardenas, M. 1944. Descripción preliminar de las variedades de Chenopodium quinoa de Bolivia. Revista de Agricultura. Universidad Mayor San Simón de Cochabamba (Bol.) Vol. 2, 2, 13-26.
- Couso MG, Moralejo RA, Giovannetti MA, del Papa LM, Páez MC. Inka occupation of enclosure 1- Kancha II, at El Shincal de Quimivil (Catamarca, Argentina). 2011. Quaternary International. 245, 159-169.
- Dirección Nacional de Alimentos. Marco regulatorio. Código Alimentario Argentino [Serie en Internet]. 2004. [Acceso el 18 de febrero de 2015]; disponible en: <http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/marco/marco2.php>
- FAO, Julio de 2011. La quinua: cultivo milenario, para contribuir a la seguridad alimentaria mundial.
- Gandarillas, H. 1979b. Genética y origen. En: M. Tapia (ed). Quinua y Kañiwa, cultivos andinos. Bogota, Colombia, CIID, Oficina Regional para América Latina. pp 45-64.
- Golsberg C, Orcasitas E, Chauque JG y Daza R. La quinua en la Región del Noroeste Argentino. Reconstrucción del conocimiento del cultivo y revalorización cultural y alimenticia. III Congreso Mundial de la Quinua. Bolivia; Marzo 2010. Argentina: Instituto de Investigación y Desarrollo Tecnológico para la Pequeña Agricultura Familiar, Región NOA; 2010. pp. 1-10.
- Heisser C.B. y D.C. Nelson. 1974. On the origin of the cultivated chenopods (Chenopodium). Genetic 78: 503-505.
- Jacobsen S. y O. Stolen. Quinoa - Morfology, phenology and prospects for its production as a new crop in Europe. 1993. Eur. J. Agron. 2(1):19-29.

- Jacobsen SE, Mujica A y Ortiz R. La importancia de los cultivos andinos. *Fermentum*. 2013;(36):14-24.
- Lema S, Longo EN y Lopresti A. *Guías Alimentarias para la Población Argentina*. Buenos Aires: Asociación Argentina de Dietistas y Nutricionistas Dietistas; 2003.
- Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, 2013. Disponible en: <http://www.minag.gob.pe/portal/la-quinua/historia-de-la-quinua> (última consulta: 19/12/2014)
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación productiva. Presidencia de la Nación. Debilidades y desafíos tecnológicos del sector productivo. Quinoa y amaranto. Jujuy [Serie en Internet]. [Acceso el 18 de febrero de 2015]; disponible en: http://www.cofecyt.mincyt.gov.ar/pdf/productos_alimenticios/Quinoa_y_Amaranto.pdf
- Mujica A. Granos y leguminosas andinas. In: J. Hernandez, J. Bermejo y J. Leon (eds). *Cultivos marginados: otra perspectiva de 1492*. 1992. Organización de la Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación FAO, Roma. 129-146.
- Risi J. La quinua: actualidad y perspectivas. En: *Taller sobre desarrollo sostenible de la quinua*. 1997. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA, Cámara de Exportadores. La Paz, Bolivia. 21 de noviembre de 1997.
- Rivas JC. *Avances en el cultivo de quinoa en el sur de Argentina*. Buenos Aires: Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA); 2013.
- Schlick G. & Bubenheim L. Quinoa: an emerging “new” crop with potential for CELSS. 1993. NASA Technical Paper 3422. 1-6

Parte I

**EL GRANO DE QUINOA Y SUS
SUBPRODUCTOS**

Capítulo 1

EL GRANO DE QUINOA

Natalia Cervilla y Patricia Miranda Villa

1.1 Descripción del grano

Su nombre científico es *Chenopodium quinoa* (Hunziker, 1943). El grano varía en tamaño entre 1,5 y 2,5 mm de diámetro, dependiendo de la variedad. El color de los granos depende del color del pericarpio y del episperma; existen quinoas de color crema, plomo, amarillo, rosado, rojo y morado. Una vez beneficiados los granos pierden su coloración inicial (IBNORCA, 2006; Repo Carrasco et al., 2007).

El fruto de quinoa es un aquenio; el perigonio cubre una sola semilla por completo y se desprende con facilidad al frotarlo en la madurez o puede permanecer adherido incluso después de la trilla (Gallardo et al., 1997) (Fig 1).

La semilla presenta idéntica forma que el fruto. De afuera hacia adentro consta de: testa, endosperma, embrión y perisperma (Gallardo et al., 1997). Presentan un embrión periférico y un cuerpo basal está presente en el tejido de almacenamiento o perisperma (Fig 2).

Los carbohidratos de reserva se ubican principalmente en el perisperma (Fig 5. b), mientras que las proteínas, minerales y las reservas de lípidos están localizadas en su mayoría en el endospermo y embrión (Prego et al., 1998) (Fig 5 c y d). La celulosa se localiza predominantemente en el perisperma, aunque también es posible observar algo en el embrión (Fig 5. a) (Martini y Storani, 2010).



Figura 1. Vista ventral del fruto de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) al microscopio electrónico de barrido (Gallardo, 1997).

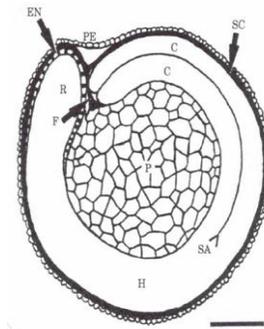
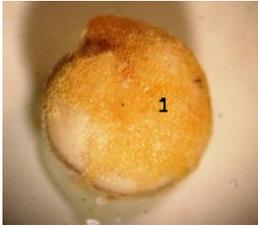
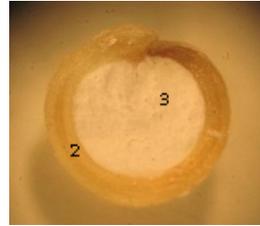


Figura 2. Sección longitudinal media del grano de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) (Prego, 1998).

Martini y Storani (2010), realizaron tinciones vegetales en semillas de quinoa para realizar un reconocimiento cualitativo de la localización de las macromoléculas constituyentes de los granos (Figura 5, a, b, c y d).



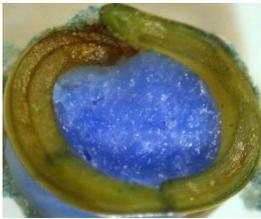
1. Episperma del grano



2. Embrión, 3. Perisperma

Figura 3. Fotografía de la semillas

Figura 4. Sección longitudinal media de la semilla.



(a) Celulosa. Tinción con reactivo de Schweitzer



(b) Almidón. Tinción con Lugol



(c) Proteínas. Tinción con ácido nítrico



(d) Lípidos. Tinción con Sudán

Figura 5. Sección longitudinal media de las semillas con tinciones vegetales. (a) Celulosa; (b) Almidón; (c) Proteínas y (d) Lípidos.

La semilla presenta tres partes bien definidas: episperma, embrión y perisperma. En la Fig 3 se presenta la fotografía de una semilla de quinoa, en la que es posible visualizar el episperma.

El episperma, está constituida por cuatro capas: la más externa es de superficie rugosa, quebradiza y se desprende fácilmente al frotarla, en ella se ubica la saponina que le da el sabor amargo al grano (Mujica et al., 2001).

En la Fig 4 se muestra el corte longitudinal medio de una semilla de quinoa, allí es posible identificar las otras dos partes representativas de los granos: el embrión y el perisperma. El embrión representa el 34% de la superficie de la semilla y el perisperma alrededor del 60% (Mujica et al., 2001).

La quinoa se caracteriza por ser un grano con destacables características nutricionales. Además del valor nutritivo, tiene un gran potencial económico, ya que toda la planta puede ser utilizada. Las hojas se pueden consumir en ensalada, las semillas enteras o molidas en harina pueden ser empleadas en una gran variedad de aplicaciones en alimentos. Las saponinas (sustancia amarga localizada en el epicarpio) que deben ser removidas para su consumo y que en la actualidad constituye principalmente un desecho industrial, cuentan con un interesante nicho en la industria farmacéutica, de cosméticos, en detergentes y en la industria minera (Montoya Restrepo et al., 2005).

1.2 Definiciones legales

Normas Nacionales

Con la denominación de quinua o quinoa se entiende las semillas sanas, limpias y bien conservadas del género *Chenopodium quinoa* Willd. que de acuerdo con el Código Alimentario Argentino (CAA), debe cumplir las siguientes especificaciones:

Proteínas totales sobre base seca: mínimo 10 % (Método Kjeldalh- Nitrógeno x 6.25).

Humedad a 100-105°C: máximo 13,5%.

Cenizas a 500-550°C sobre base seca: máximo 3,5%.

Las semillas de quinoa que se industrialicen deberán ser sometidas a un proceso que asegure la eliminación de las saponinas y la biodisponibilidad de los aminoácidos. Las semillas que se comercialicen envasadas en ausencia del cliente, listas para ofrecerlas a los consumidores, deberán llevar en la cara principal del rótulo con caracteres de buen realce, visibilidad y con tamaño no inferior a 2 mm la leyenda "Lavar hasta eliminación de espuma. No apto para el consumo crudo, cocer previo a su consumo" (Código Alimentario Argentino, art. 682) (ANMAT, 2014).

Normas Internacionales

Actualmente, existen en los principales países productores de quinoa como son Bolivia y Perú, especificaciones generales del grano (IBNORCA, 2006; INDECOPI, 2009), que son fundamentales para conocer el lenguaje apropiado al

momento de referirse a este grano. Algunas de estas definiciones mencionadas en IBNORCA (2006) son:

Quinoa ecológica (orgánica o biológica): es la quinoa cuyo sistema de producción, beneficiado, manipuleo, almacenamiento y comercialización, está regido por normas nacionales como internacionales, cuyo propósito fundamental está condicionado al desarrollo del cultivo sostenible, la preservación de los recursos naturales, la biodiversidad y la conservación del medio ambiente; respaldado por las respectivas certificación por un organismo legalmente acreditado.

Quinoa convencional: es aquella quinoa que no cumple con los requisitos establecidos en la definición de quinoa ecológica.

Quinoa natural: se entiende como aquella producida por el agricultor sin el uso de maquinaria agrícola o insecticidas químicos.

Quinoa bruta: son los granos de quinoa que se obtienen después del trillado.

Quinoa beneficiada: son los granos de quinoa bruta que han sido sometidos a un proceso de selección y limpieza (clasificado, escarificado, lavado, secado y despedrado), resultando un producto listo para su consumo.

Mojuelo (saponina en polvo): son residuos, en forma de polvo, que provienen del escarificado (desaponificado en seco) de la quinoa y llevan un alto porcentaje de saponinas.

De acuerdo con los requisitos bromatológicos del grano, las normas de Bolivia y Perú legislan los contenidos de: humedad, proteína, ceniza, grasa, fibra cruda, carbohidratos

y saponinas; mientras que el CAA solo establece límites (máximo o mínimo) de proteína, humedad y cenizas.

Tabla 1. Clasificación de los granos de quinoa en función de su diámetro promedio

Clase	Tamaño de los granos	Diámetro promedio de los granos (mm)
Especial	Extra grandes	> a 2,0
Primera	Grandes	2 a 1,70
Segunda	Medianos	1,70-1,40
Tercera	Pequeños	< a 1,40

Fuente: IBNORCA, 2007; NTP, 2009.

1.3 Caracterización física de los frutos

Los frutos de quinoa que se emplearon en las investigaciones realizadas por el grupo de trabajo provinieron de los departamentos Molinos (25°25'S 66°19'O) (Cosechas 2007 - 2008) y La Poma (24°13'00"S) (Cosechas 2009, 2010 y 2011) de la Provincia de Salta, Argentina.

Clasificación y limpieza: el objetivo de esta operación es clasificar los granos por tamaño y liberarlo de impurezas. Para esto se utiliza un tamiz vibratorio el cual dispone de mallas de acero inoxidable de diferentes tamaños. Se emplean las mallas N° 8, 12, 16 ASTM y el ciego o colector. En el ciego quedan retenidas material fino que se desprenden del epicarpio, y también parte de las saponinas.

Los frutos seleccionados para el análisis de las propiedades físicas fueron los retenidos en la malla 16 ASTM.

Humedad: se realiza por método indirecto. Consiste en la desecación de muestras en estufa de vacío, a una temperatura de 100° - 105°C hasta obtener peso constante. Técnica 934.01, AOAC internacional (1999).

Propiedades gravimétricas

Masa de los frutos: Se pesaron en una balanza analítica con precisión 0,0001 g 100 unidades seleccionadas al azar.

Densidad aparente (ρ_b): fue establecida según la relación masa/volumen (Vilche et al., 2003).

Densidad real (ρ_p): fue medida por picnometría (Stroshine, 1998).

Dimensiones espaciales, tamaño y esfericidad

Dimensiones: Las dimensiones de los frutos, ancho (D1), largo (D2) y espesor (e) se midieron con calibre milimétrico. Los resultados se expresaron en mm.

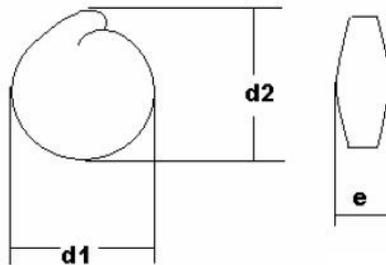


Figura 6. Dimensiones de las semillas de quinoa: Ancho, largo y espesor (mm).

Diámetro equivalente (d_e): fue calculado utilizando la expresión propuesta por Vilche et al. (2003).

Esfericidad (\emptyset): Se determinó la esfericidad de los frutos de quinoa a partir de la ecuación propuesta por Stroshine, 1998.

Tabla 2. Dimensiones, tamaño y esfericidad de frutos de quinoa

	2007	2008	2009	2010	2011	IC (95%)
D1	2,1	2,0	2,4	2,1	2,2	2,1-2,2
D2	2,1	2,1	2,4	2,1	2,2	2,1-2,2
E	1,1	1,0	1,4	1,1	1,1	1,1-1,2
D_e	1,7	1,6	2,0	1,7	1,7	1,7-1,8
(\emptyset)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	
Humedad (%)	10	11,5	8,0	10,3	8,9	

Fuente: Cervilla et al., 2012.

La tabla 2 muestra los valores medios de las dimensiones y forma de frutos de quinoa. Dentro de las mediciones ortogonales prevalecen largo y ancho por sobre el espesor. El tamaño de los frutos, junto a otras características físico-químicas son considerados requisitos de calidad, por ejemplo, los consumidores exigen en general granos grandes y de colores claros, pero si el producto se empleara en la elaboración de harina, el tamaño deja de ser un factor de calidad. La clasificación propuesta por las NTP y el IBNORCA, permite clasificar a los granos de quinoa aquí analizados como a los lotes 2007 y 2008 son “granos medianos de segunda clase”, los lotes 2010 y 2011 “granos

grandes de primera clase” y por último, el lote 2009 presentó los granos de mayor tamaño, siendo clasificados como “granos extra grandes de clase especial”.

El lote 2009 fue el que mostró las mayores diferencias en los parámetros físicos respecto de los demás.

Tabla 3. Peso, densidad y porosidad de frutos de quinoa

	2007	2008	2009	2010	2011
Peso 100 frutos (g)	0,3	0,3	0,5	0,3	0,4
Densidad aparente (g/mL)	-	-	0,7	0,7	0,7
Densidad real (g/mL)	1,2	1,2	1,5	1,3	1,3
Porosidad	-	-	1,6	1,6	1,6

Se encontraron diferencias en el peso de los frutos de quinoa. El lote 2009 presentó el mayor peso y fue estadísticamente diferente del resto. Como era de esperar, la densidad de los frutos del lote 2009 fue mayor que en los otros dos, y no fueron diferentes estos entre ellos.

Determinación del color en los frutos.

Se midieron los parámetros $L^*a^*b^*$.

L^* : Representa el índice de luminosidad (100 = blanco y 0 = negro).

a^* : Mide los colores de rojo (+) a verde (-), y el 0 es neutro.

b^* : Mide los colores de amarillo (+) a azul (-) y 0 es neutro.

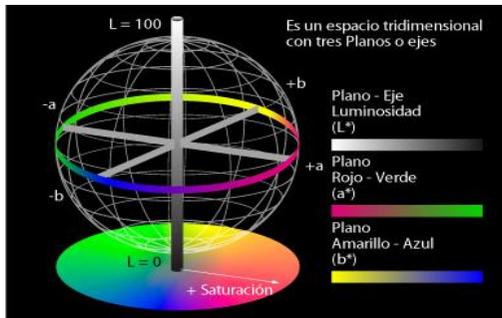


Figura 7. El espacio de color CIELAB (Westland, 2001)

Tabla 4. Valores $L^*a^*b^*$

	L^*	a^*	b^*	Color
2007	68,1	5,2	28,8	
2008	66,3	3,3	24,1	
2009	69,5	4,1	24,5	
2010	67,6	8,2	36,1	
2011	71,4	3,7	24,9	

Los datos presentados en la tabla 4, muestran que los lotes 2007 a 2010 tienen luminosidades similares y menores que el año 2011, lo que indica que los frutos presentan brillantez o claridad en su superficie. Por otro lado, los valores positivos en las coordenadas a^* muestran muy poca presencia de color rojo, siendo más predominante los valores positivos en la coordenada b^* que indica color amarillo, siendo esta mayor en los frutos del lote 2010.

1.4 Valor nutritivo

El grano de quinoa no es un alimento excepcionalmente alto en proteínas aunque en general supera ligeramente a cereales como el trigo, la cebada, el centeno, arroz y la avena (tabla 5). Sin embargo, el verdadero valor de los granos y subproductos de quinoa está relacionado con la calidad de sus proteínas, ya que posee mayor proporción de aminoácidos esenciales para la alimentación humana que los cereales tradicionales, especialmente lisina, principal aminoácido deficitario en cereales.

El contenido de grasas es superior al arroz, sorgo, cebada, centeno y similar a maíz, avena y otros cereales andinos como kañiwua y kiwicha (tabla 5).

La fibra cruda (FC) que figura en la tabla 5 hace referencia a las fracciones de la fibra dietética total que tradicionalmente se denominaron “fibra insoluble”. Esta fracción está representada por celulosa, lignina y algunas hemicelulosas. Tienen la capacidad de retener el agua en su matriz estructural formando mezclas de baja viscosidad; esto produce un aumento de la masa fecal que acelera el tránsito intestinal. Es la base para utilizar la fibra insoluble en el tratamiento y prevención de la constipación crónica. Además, contribuye a disminuir la concentración y el tiempo de contacto de potenciales carcinogénicos con la mucosa del colon (Escudero-Álvarez y González-Sánchez, 2006). El contenido de FC en los granos de quinoa es superior al de trigo, maíz, sorgo y centeno.

Tabla 5. Composición química de cereales y granos andinos
(g/100 g de materia seca)

	Proteínas	Grasas	Fibra cruda	Cenizas	Carbohidratos
Trigo	10,5	2,6	2,5	1,8	78,6
Cebada	11,8	1,8	5,3	3,1	78,1
Avena	11,6	5,2	10,4	2,9	69,8
Arroz	9,1	2,2	10,2	7,2	71,2
Sorgo	12,4	3,6	2,7	1,7	79,7
Centeno	13,4	1,8	2,6	2,1	80,1
Quinoa	14,6	6,0	4,0	2,9	72,6
Kañiwua	18,8	7,6	6,1	4,1	63,4
Kiwicha	14,5	6,4	5,0	2,6	71,5

Fuente: Repo-Carrasco, Espinoza y Jacobsen, 2003.

1.5 Desamargado de los frutos

Las frutos se lavan con agua potable (método húmedo) en bolsas de lienzo con corriente ascendente de agua y utilizando el método de la espuma, para determinar el punto final de lavado (Harari y Orecchia, 2009; Bonamino, Carreño y Cervilla, 2009).

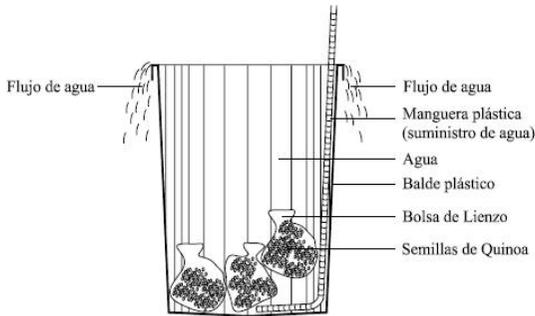


Figura 8. Esquema del lavado de la quinoa por flujo ascendente de agua.

Según las regiones y la disponibilidad de agua, se pueden aplicar otros procesos. Los métodos secos (escarificación o descascarado abrasivo) consisten básicamente en el desprendimiento del perisperma mediante la fricción mecánica de los granos sobre una superficie abrasiva y la separación del polvillo resultante, mediante ventilación (Tapia y Fries, 2007). Otra alternativa consiste en humedecer los granos y tostarlos ligeramente para poder frotarlos suavemente y enjuagarlos con agua, este procedimiento es más utilizado en el campo (Tapia y Fries, 2007). Los métodos que no emplean agua son menos eficientes para remover las saponinas, y se corre el riesgo de perder componentes de importancia nutricional si se aumentara la eficiencia del proceso, por pérdida parcial o total del germen. Sin embargo, tienen como ventajas el menor costo de secado y la disminución de la concentración de saponina en las aguas residuales (Repo-Carrasco et al., 2003).

Un riesgo del método húmedo es que los granos germinen durante el lavado, dado el alto poder germinativo de la quinoa (Repo-Carrasco et al., 2003). Además, se produce pérdida de minerales.

En la tabla 6 se ven reflejadas las pérdidas por lavado en cuanto a Ca, Fe, Zn, Mg y metales pesados (Pb y Cd). De los nutrientes determinados, el que se encuentra en mayor concentración es el Mg. Existe una clara tendencia a disminuir como consecuencia del lavado. La magnitud de esta reducción no fue igual en todos los minerales. La mayor merma se produjo con el Fe (39,3%), en el caso del Zn y el Mg el porcentaje de pérdida fue de 36,5% y 32,8 % respectivamente. En cuanto al Ca, la disminución fue del 13% (Cervilla et al., 2012).

Tabla 6. Comparación del contenido de minerales entre frutos y semillas de quinoa (Lote 2009).

Muestras	mg/100 g materia seca				mg/kg de materia seca	
	Calcio	Hierro	Zinc	Magnesio	Plomo	Cadmio
Frutos de quinoa	57,9	3,0	1,7	117,1	s/d	s/d
Semillas de quinoa	50,3	1,8	1,1	78,7	0,1	0,01

Tabla 7. Composición mineral de cereales.
(mg/100 g de materia seca)

	Composición química de granos enteros			
	Trigo	Avena	Cebada	Centeno
Calcio	48	94	52	49
Hierro	4,6	6,2	4,6	4,4
Zinc	3,3	3,0	3,1	2,0
Magnesio	152	138	145	138

Fuente: Repo-Carrasco et al., 2003.

La concentración de Ca en semillas de quinoa es similar a la de trigo, cebada y centeno (tablas 6 y 7), caso contrario ocurrió con la avena, cuyo contenido de este mineral es significativamente superior. En cuanto al Fe, Zn y Mg, los valores son inferiores tanto en semillas como en frutos de quinoa respecto de los otros granos (Cervilla et al., 2012).

1.6 Tablas de Composición química de Alimentos

A pesar de que el consumo de quinoa en Argentina se ha incrementado en los últimos tiempos, aún no se encuentra registrada su composición química en las Tablas Nacionales de Composición Química de los Alimentos (Argenfood, 2015). Existen numerosos estudios que aportan datos acerca de su composición proximal, sin embargo, la mayoría de ellos no pertenecen a nuestro país. Es preciso contar con información nacional para así establecer valores promedio a

partir de datos que contemplen la realidad local (Cervilla et al., 2012). La importancia de la incorporación de este grano a las tablas nacionales radica en la importancia que estos datos tienen para la realización de investigaciones en nutrición y salud; para la formulación de dietas institucionales y/o terapéuticas, estudios epidemiológicos sobre la relación dieta/salud, educación alimentario-nutricional, elaboración de metas alimentarias, etiquetado nutricional, regulaciones alimentarias, desarrollo de nuevos alimentos y comercio internacional de alimentos. Argentina, miembro del capítulo nacional ARGENFOODS que integra parte de la Red LATINFOODS tiene a cargo la generación y compilación de datos de composición de alimentos de la República Argentina. LATINFOODS a su vez pertenece a la red internacional INFOODS (International Network of Food Data System) que se desarrolla en conjunto con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (Sammán & Portela, 2010).

La tabla 6, muestra los datos de composición química publicados por diferentes países miembros de la red LATINFOOD.

Existen numerosos estudios que aportan datos acerca de su composición proximal, sin embargo, la mayoría de ellos no pertenecen a nuestro país. Es preciso contar con información nacional para así establecer valores promedio a partir de datos que contemplen la realidad local (Cervilla et al., 2012). La importancia de la incorporación de esta semilla a las tablas nacionales radica en la importancia que estos datos tienen

para la realización de investigaciones en nutrición y salud; para la formulación de dietas institucionales y/o terapéuticas, estudios epidemiológicos sobre la relación dieta/salud, educación alimentario-nutricional, elaboración de metas alimentarias, etiquetado nutricional, regulaciones alimentarias, desarrollo de nuevos alimentos y comercio internacional de alimentos.

Argentina, miembro del capítulo nacional ARGENFOODS que integra parte de la Red LATINFOODS tiene a cargo la generación y compilación de datos de composición de alimentos de la República Argentina. LATINFOODS a su vez pertenece a la red internacional INFOODS (International Network of Food Data System) que se desarrolla en conjunto con la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (Sammán & Portela, 2010).

La tabla 8, muestra los datos de composición química publicados por diferentes países miembros de la red LATINFOOD.

Tabla 8. Composición química de los granos y comparativos

Alimento	Energía (kcal)	Agua	Proteína	Grasa	Carbohidratos totales	Carbohidratos disponibles	FC	FDT	Cenizas
Quinoa, afrecho de ¹	338	14,1	10,70	4,5	65,9	65,9	8,4	.	4,8
Quinoa blanca (Junín) ¹	343	11,8	12,20	6,20	67,2	61,3	5,7	5,9	2,6
Quinoa blanca (Puno) ¹	346	11,1	13,30	6,1	67,1	61,2	5,1	5,9	2,4
Quinoa cocida ¹	86	79	2,80	1,3	16,3	16,3	0,7	-	0,6
Quinoa	343	11,5	13,60	5,8	66,6	60,7	1,9	5,9	2,5
Quinoa dulce, blanca (Junín) ¹	352	11,1	11,10	7,7	67,4	61,5	6,0	5,9	2,7
Quinoa dulce, blanca (Puno) ¹	340	11,2	11,6	5,3	68,9	63	6,8	5,9	3,0
Quinoa dulce Rosada (Junín) ¹	342	11,0	12,30	7,2	67,1	61,2	7,0	5,9	2,4
Quinoa Rosada (Puno) ¹	348	10,2	12,50	6,4	67,6	61,7	3,1	5,9	3,3
Quinoa var. Coitu ²	372	10,20	13,45	5,42	68,12	-	3,12	-	2,81
Quinia var. Pasancalla ²	381	9,74	10,82	6,32	70,33	-	3,58	-	2,99
Quinoa var. Real ²	374	11,20	12,46	6,32	66,91	-	4,90	-	3,11
Quinoa var. Surumi ²	370	11,0	10,83	5,00	70,37	-	3,40	-	2,80
Quinoa ³	331	9,8	13,0	7,4	74,1	-	3,7	-	3,3
Quinoa (sin variedad disponible) ⁴	346	13,0	16,40	2,0	65,60	-	-	-	3,0

Fuentes: ¹Tablas Peruanas de Composición de Alimentos, 2009. ²Tabla Boliviana de Composición de Alimentos, 4° Edición, La Paz, Bolivia. Ministerio de Salud y Deportes, 2005. ISBN 99905-0-856-9. ³Tabla de Composición Química de Alimentos Chilenos, 1992. ⁴Tablas de Composición de Alimentos Colombianos.

1.7 Cocción de las semillas

La quinoa es un grano típicamente agroindustrial, pues requiere en mayor o menor medida de algún tipo de acondicionamiento previo ya sea para su consumo directo o para ser procesada. Es necesario transformarla para lograr un mejor aprovechamiento de sus cualidades nutritivas, mejorando la disponibilidad de nutrientes, sus características organolépticas y su seguridad microbiológica.

Los métodos de cocción de las semillas de quinoa a nivel doméstico, al igual que los cereales en general, emplean un medio húmedo o acuoso para la transferencia de calor, siendo la convección la forma de transmisión calórica corriente. Dentro de ellos se encuentran la cocción por inmersión tradicional o hervido, el hervido fuego lento, vapor a presión normal y vapor a presión elevada (Garda, 2009). La cocción de las semillas produce la disolución de cuerpos pépticos y ablandamiento de membranas que permite la entrada de agua a los espacios intercelulares, con el consiguiente aumento de peso y volumen, la gelificación del almidón, coagulación de las proteínas e incremento de la digestibilidad (Moncada Rodríguez y Gualdrón de Hernández, 2006).

La pérdida de sustancias nutritivas depende en gran medida de la metodología empleada. Según sean las condiciones del proceso de cocción, se tendrá una mayor o menor difusión de sustancias hidrosolubles desde el alimento hacia el medio que le rodea y viceversa.

Durante el hervido, la temperatura máxima del agua es de 100°C a 1 atmósfera, esto no sólo favorece el desarrollo de las transformaciones físico-químicas mencionadas, sino que también hay solubilización parcial de minerales y deterioro de algunas vitaminas, dependiendo principalmente del tamaño del alimento y tiempo de cocción (Moncada & Gualdrón, 2006). Por otro lado, en la cocción al vapor, si bien se alcanza la misma temperatura, se evita el contacto con el diluyente por ende los fenómenos de disolución son menos extensos. Los alimentos no entran en contacto directo con el agua líquida, sino que lo hacen con vapor. Otra alternativa, la cocción con presión, permite que la temperatura de trabajo oscile entre los 110°C y 120°C, en función de la presión utilizada (Garda, 2009). La mayor temperatura acelera el tiempo de cocción de los alimentos, sin embargo, si existe inmersión en el agua se podrían producir pérdidas indeseables de nutrientes de interés nutricional (Caracuel, 2008).

La combinación de ambos métodos permite contrarrestar el efecto de disolución de nutrientes ocasionado por la inmersión y al utilizar presión, los tiempos de cocción se reducen, con esto se logra una menor pérdida de sustancias nutritivas.

A fin de evaluar la pérdida de proteínas durante la cocción de las semillas de quinoa por los métodos culinarios tradicionales, se realizaron distintas cocciones.

Hervido: en un vaso de precipitado se colocan 2.5 partes de agua, cuando alcance el hervor se incorpora una parte de semillas y se lo deja hervir durante 11 min.

Cocción al vapor y presión atmosférica: En una olla se colocan una relación semilla/agua 1:5 sobre una vaporiera. Y se continúa la cocción durante 11 min.

Cocción por inmersión a presión: En una olla a presión se coloca una relación 1:5 de semilla/agua, y se cocina durante 11 min.

Cocción al vapor y presión de 1 atmósfera: sobre una vaporiera metálica colocar una relación 1:2,5 de semilla/agua, y se cocinaron durante 11 min.

Tabla 9. Perdidas de proteínas por distintos métodos de cocción

Método	Perdida de proteínas (mg/100g de semillas)
Inmersión en agua a ebullición; presión normal	144 + 10
Al vapor y presión atmosférica	<1,0 + 0,0
Inmersión a presión de 1 atm	80 + 6
Al vapor a presión de 1 atm	35 + 7

La cocción al vapor y presión atmosférica provocó las menores pérdidas de proteínas (tabla 9); sin embargo, la gelatinización del almidón fue parcial durante el tiempo de

cocción analizado. La cocción con vapor a presión de 1 atm permitió una completa gelatinización, dentro del tiempo de cocción del ensayo y pérdidas menores a las de los dos métodos restantes, tal como se muestra en tabla 9. Por otro lado, y como era de esperar las cocciones por inmersión provocan las mayores pérdidas de proteínas, siendo la cocción a presión atmosférica normal la que genera la mayor merma.

Por ello, la cocción al vapor con presión de 1 atmósfera fue el método elegido para analizar en mayor profundidad las pérdidas por cocción.

Métodos empleados para la caracterización de las aguas de cocción.

Sólidos Totales (ST): La determinación de los ST se realiza por el método de la estufa de aire (Osborne y Voogt, 1986).

Azúcares Reductores Libres (ARL): determinación con aplicación del método colorimétrico del ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS). Las lecturas se realizaron a 540 nm.

Glucosa: El contenido de glucosa libre se determina espectrofotométricamente (505 nm) con el kit de glicemia enzimática de Wiener lab.

Calcio (Ca) y Magnesio (Mg): A partir de las cenizas se determina la concentración de Ca y Mg por medio de una valoración complexométrica con Ácido Etilendiaminotetraacético (EDTA) (Kolthoff et al., 1972).

Los resultados que se presentan en la tabla 10, muestran las pérdidas de componentes de interés nutricional durante la cocción de semillas con vapor y presión durante 11 minutos.

Tabla 10. Pérdida de nutrientes durante la cocción de quinoa con vapor y presión.

Lote	Perdidas de nutrientes expresadas en mg/100g de semillas					
	ST	Proteínas	ARL	Glucosa	Ca	Mg
2007	262,9	32,7	0,04	0,03	3,6	1,1
2008	297,4	15,7	0,04	0,03	1,1	1,0
2009	322,1	35,9	0,07	0,06	4,4	2,2
2010	162,1	9,0	0,02	0,01	3,4	1,8
2011	252,8	32,4	0,04	0,01	1,6	3,1
Li	222,6	19,7	0,09	0,02	2,1	1,3
Ls	292,5	32,2	0,14	0,04	4,3	2,2

Li: límite inferior (95%). Ls: límite superior (95%)

La pérdida de ST y proteínas durante la cocción de los granos varió entre lotes (tabla 10). Los ST que difundieron de las semillas durante el tratamiento térmico se encontraron entre 223-290 mg/100 g de quinoa y ese intervalo comprende a todos los nutrientes y no nutrientes de la quinoa. Son valores realmente bajos, así por ejemplo, el lote 2009 que presentó la mayor merma, esta apenas superó el 0,3% del peso total de las semillas cocinadas. La pérdida en proteínas también fue baja en todos los lotes, aunque con variaciones entre ellos. La escasa pérdida de proteínas podría explicarse teniendo en

cuanta que en el método de cocción estudiado las altas temperaturas alcanzadas, producirían desnaturalización y coagulación proteica con mayor exposición de aminoácidos hidrófobos en la superficie con lo que se reduciría la solubilidad y la probabilidad de pérdidas por lixiviado (Gualdrón y Moncada, 2006; Fennema, 1993).

Por otro lado, la cantidad de ARL halladas en las aguas de cocción también son escasas; si consideramos que está presente en un 4% aproximadamente (Cervilla et al., 2012), la pérdida fue apenas de un 0,02% al final de la cocción. El principal componente de los ARL fue la glucosa, entre el 50-70% del total, a excepción del lote 2011, en donde sólo constituyó el 25% de los ARL. La pérdida de Ca y Mg rondarían el 8,5% y 2,8% respectivamente al ser se comparadas con el contenido inicial de estos minerales (Cervilla et al., 2012).

Referencias bibliográficas

- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica - ANMAT. Alimentos farináceos - cereales, harinas y derivados. Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/capitulo_ix.pdf.
- Agenfood. Tablas Argentinas de Composición química de alimentos. <http://www.argenfoods.unlu.edu.ar/Tablas/Tabla.htm>. 2015
- Bonamino MJ, Carreño VI y Cervilla NS. Elaboración de sopas cremas e instantáneas a partir de semillas de quinoa (*Chenopodium quinoa Willd*) [Tesis de grado]. Córdoba: Escuela de Nutrición, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Córdoba; 2009.
- Caracuel García A. (2008). Técnicas de Cocción Saludable aplicables a la alimentación Mediterránea. Disponible en: http://www.insacan.org/racvao/anales/2008/10_ANALES_2008_cara_cuel.pdf.
- Cervilla N.S., Mufari J.R., Calandri E.L., Guzmán C.A. (2014). Pérdidas nutricionales durante la cocción de semillas de *Chenopodium quinoa Willd* bajo presión de vapor. *Revista nutrición clínica y dietética hospitalaria*, 41(1): 72-76.
- Cervilla, N.S, Mufari, J.R., Calandri, E.L y Guzmán, C.A. (2012) Composición química de harinas de quinoa de origen argentino. Pérdidas minerales durante el lavado. *Actualización en Nutrición* 13 (4) 293-299.
- Cervilla, N.S., Mufari, J.R., Calandri, E.L y Guzmán, C.A. (2012). Propiedades físicas de semillas y análisis proximal de harinas de *Chenopodium quinoa Willd* cosechadas en distintos años y provenientes de la provincia de Salta. II Jornadas de Investigación en Ingeniería del NEA y Países Limítrofes. Resistencia - Argentina. 14 y 15 de junio de 2012.
- Escudero Álvarez, E y Gonzáles Sánchez, P. (2006). La fibra dietética. *Nutrición Hospitalaria*. *Nutr. Hosp.* (2006) 21 (Supl. 2) 61-72.
- Gallardo, M., Gonzáles, J y Ponessa, G. (1997). Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinoa Willd* (quinoa). *Chenopodiaceae*. *Lilloa*, 71-80.
- Garda, M.R. (2009). Técnicas del manejo de los alimentos. Buenos Aires, Argentina: Editorial Eudeba, 3° Edición.

- Harari, S y Orecchia, A. (2009). "Chenopodium quinoa Willd estudio y caracterización de la semilla y su harina. Diseño de un equipo escarificador. Aplicaciones y productos novedosos". Tesis de grado de Ingeniería Química. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Universidad Nacional de Córdoba.
- Hunziker A. T. (1943). *Revista Argentina Agronómica*. 10 (4), 306-319.
- IBNORCA (2006 y 2007). Instituto Boliviano de Normalización y Calidad IBNORCA 312003:2006 (tercera revisión) y 312004:2007 (segunda revisión). La Paz, Bolivia, el Instituto.
- INDECOPI (2009). Norma Técnica Peruana NTP 205.062:2009. Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) requisitos. Primera edición. Lima, Perú, el instituto.
- Kolthoff, I.M., Sandell, E.B., Meehan, E.J y S. Bruckenstein. (1972). "Análisis químico cuantitativo". Librería y editorial Nigar.
- Moncada Rodriguez, L.M, & Gualdrón de Hernández, L. (2006). Retención de nutrientes en la cocción, freído y horneado de tres alimentos energéticos. *Revista de Investigación*. ISSN:1657-6772.6:002:179-187.
- Montoya Restrepo, L., Martínez Vianchá, L y Peralta Ballesteros, J. (2005). Análisis de variables estratégicas para la conformación de una cadena productiva de quinua en Colombia. *INNOVAR*, revista de ciencias administrativas y sociales. Universidad Nacional de Colombia, 25, 103-119.
- Mujica, A., Jacobsen, S., Izquierdo, J., Marathee, J. P. (2001). Quinoa: ancestral cultivo andino, alimento del presente y del futuro. FAO. Chile.
- Osborne, D. R; Voogt, P .Análisis de los nutrientes de los alimentos. Ed. Acirbia, 1986.p. 111-112;136-138;158-161.
- Prego, I., Maldonado, S y Otegui, M. (1998). Seed Structure and Localization of Reserves in *Chenopodium quinoa*. *Annals of Botany* 82: 481-488.
- Repo-Carrasco, R., Cortez, G., Onofre Montes, R., Quispe Villapando, L y Ramos I. (2007). Cultivos Andinos. En: A. León y C. Rosell (Eds.). *De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación Iberoamericana* (pp. 245-294). Córdoba: editorial.
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C y Jacobsen, S.E. (2003). Nutritional Value and Use of the Andean Crops Quinoa (*Chenopodium quinoa*) and

Kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). Food Reviews International. Vol. 19, Nos. 1&2, pp. 179–189, 2003.

- Sammán, N y PM de Portela ML. (2010). Situación actual y perspectivas futuras de las tablas y base de datos sobre composición de alimentos en el marco de las redes LATINFOODS/INFOODS. *Diaeta*, 28 (132): 29-34.
- Stroshine, R. (1998). *Physical Properties of Agricultural Materials and food products*. Course Manual, Purdue University, West Lafayette.
- *Tabla Boliviana de Composición de Alimentos*, 4° Edición, La Paz, Bolivia. Ministerio de Salud y Deportes, 2005. ISBN 99905-0-856-9.
- *Tablas Chilenas de Composición de Alimentos*, 1992. 8° Edición.
- *Tablas Peruanas de Composición de Alimentos*, 2009. 8° Edición, Lima, Perú. Ministerio de Salud. Instituto Nacional de Salud, 2009. ISBN 978-9972-857-73-7.
- Vilche, C., Gely, M y Santalla, E. (2003). *Physical Properties of Quinoa Seeds*. *Biosystems Engineering*, 86,59-65.
- Westland S. (2001). Qué es el espacio de color CIE L*a*b*. Disponible en: http://www.gusgsm.com/espacio_color_cie_lab

Capítulo 2

SAPONINAS

Vicente Gianna y Carlos Guzmán

Introducción

Las saponinas son metabolitos secundarios sintetizados por organismos vegetales y se encuentran en una gran cantidad de estos.

Los organismos sintetizan productos químicos distintos por diferentes mecanismos metabólicos, mediados por información genética la cual es propia para los diferentes seres vivos. En general, el camino que recorren las reacciones, las denominamos “**biosíntesis**” (Derwick, C.K., 2002).

El desarrollo del conocimiento científico nos ha mostrado que los organismos biosintetizan moléculas que les son comunes a todos ellos, como por ejemplo las proteínas, los carbohidratos, las grasas y los ácidos nucleicos. Estos llevan el nombre de **metabolitos primarios**. A partir de ellos, mediados por procesos bioquímicos suelen ocurrir una serie de reacciones que forman “esqueletos” de numerosos edificios moleculares base, que servirán como sustrato para finalmente biosintetizar productos finales diversos como por ejemplo alcaloides, flavonoides, terpenos, betacianinas, antraquinónicos, entre otros. Estos compuestos son denominados **metabolitos secundarios**.

En el reino vegetal, estos metabolitos están distribuidos en diferentes familias, géneros y especies y que en la mayoría de los casos les son propios, hechos que ha permitido el desarrollo de estudios **quimiotaxonómicos**. El avance de la ciencia ha permitido y permite conocer miles de metabolitos secundarios. Nuestra civilización, de una forma empírica o racional ha utilizado muchos de estos compuestos que sirvieron para ser

usados en numerosas industrias, entre ellas la farmacéutica, de polímeros, aditivos alimentarios, colorantes, entre otros.

2.1 Saponinas

Las saponinas son compuestas triterpénicos (C30) y/o esteroidales distribuidos ampliamente en el reino vegetal, especialmente en plantas superiores. Así, se han reportado la presencia de saponinas en 53 familias de plantas indagando a más de 200 especies de las cuales el 22% mostraron saponinas esteroidales y el 78% a triterpenoides. Esta división no es estricta para cada una de las especies, sino que en algunas se encontraron tanto saponinas esteroidales cuanto triterpenoides. Entre otras, fueron el caso de *Scheffera leucocantha* (Araliaceae), *Albizia lebbek* (Fabaceae) y *Phytolaca dodecandra* (Phytolacaceae). Las familias que mayor número de saponinas mostraron fueron Araliaceae con 19 especies y Fabaceae con 24 especies. En Chenopodiaceae se han reportado 4 especies con 2 géneros, a saber: *Beta* y *Chenopodium*. (Sparg, et al., 2004).

Hasta el momento no se conoce el detalle de la biosíntesis de las saponinas de quinoa. Se han propuesto esquemas basados en la bibliografía respectiva y es probable que así sea (Trosi, et all.,2014) .

Efectivamente, las saponinas de quinoa poseen un esqueleto pentacíclico en el que por órdenes genéticas y por características estéricas, se ubican en determinados sitios de ese edificio varios sustituyentes; en los carbonos 4, 14, 17 y 20, encontramos grupos funcionales oxidados tales como alcohol

primario, aldehído y ácido, estos últimos como ácido glucurónico ubicado en el C17 del pentaciclo.

Las saponinas de la quinoa pueden "originarse" a partir del ácido mevalónico o de la 1-deoxixilulosa 5P. Luego de formado el monoterpeno C10 por sucesivas adiciones de carbono mediadas por el isopentenil pirofosfato dando como productos finales de reacción los triterpenoides y de ellos derivan los esteroides. La vía escualeno es probable que sea otro camino. Este compuesto se ha encontrado por vez primera en el aceite de hígado de tiburón. No obstante en el reino vegetal, el escualeno se encuentra presente en el aceite seminal de *Amaranthus cruentus* (Amarantaceae). Es interesante destacar que la corteza de *Quillaja saponaria* (Rosaceae) contiene saponinas triterpenoides crudas en concentraciones del 10% (Hostettmann K. y Marston, 1995).

Si bien en estos tiempos los estudios agronómicos de la quinoa han avanzado en forma vertiginosa y sostenida los estudios básicos aportados no son tan numerosos como aquellos. Conocemos que en relación a los granos de quinoa, existen variedades "dulces" y "amargas". Ward, S. M. (2001), puso en evidencia que un alelo recesivo inhibe la síntesis de saponina en los granos de quinoa dulce. Los niveles de saponinas tanto en las variedades dulces cuanto en las amargas están controladas cuali y cuantitativamente y la producción de saponinas al final requiere la expresión de un alelo dominante y la cantidad de estos compuestos en el grano está determinada por un desconocido número de loci cuantitativos adicionales.

La expresión genómica para la síntesis de saponinas de quinoa, desde el punto de vista anatómico y celular, todavía no está determinado. Las mismas han sido encontradas en diferentes órganos y en diferentes concentraciones. Se las ha podido cuantificar en flores, frutos y semillas. La mayor concentración se encontró en el episperma del aquenio (Kuljanabagavad et al., 2008). Cabe preguntar: ¿Las saponinas de *Chenopodium quinoa* se sintetizan cuali y cuantitativamente en todos los órganos estudiados? ¿Son sintetizadas in situ en un órgano determinado y luego migran al resto de la planta? ¿En qué momento se desencadena la síntesis? ¿Si el lugar de síntesis originario es en el aquenio, que célula o grupo de células son las productoras de las saponinas? ¿En las células son sintetizadas en partículas o en el citosol? Son uno de los tantos desafíos que nos esperan.

2.2 La quinoa

Las saponinas de quinoa se concentran en el exterior de las capas del grano, el cual es un aquenio con un pericarpio adherido cubriendo dos capas como si fueran un revestimiento de la semilla (Varriano-Marston y DeFrancisco, 1984). Szakiel et al., 2011 consideran que el contenido de saponinas oscilan entre el 0,1 y el 5%.

Las cuatro estructuras principales de agliconas que se han identificado en las semillas de quinoa son: ácido oleanólico, hederagenina, ácido fitolacagénico, y ácido serjánico (30-O-methylspergulagenato) (Zhu et al., 2002).

La quinoa puede ser clasificada de acuerdo a la concentración

de saponinas como: dulce (libre de saponinas o con un contenido menor de 0,11 % de saponinas libres en base a peso fresco, o amarga con más de 0,11 %. (Koziol, 1992).

Bacigalupo y Tapia, (1990), consideran que para la alimentación humana el contenido máximo aceptable de saponinas oscila entre 0,06 y 0,12%. Como se menciona en el capítulo 1; los métodos de “desamargado”: por vía seca el escarificado (es el más utilizado a nivel industrial) por vía húmeda (método utilizado por los Incas), y combinado.

En el ICTA el grupo que investiga la extracción de saponinas por vía húmeda, lo ha desarrollado en una primera etapa a nivel de laboratorio con la finalidad de reducir los tiempos de extracción con soluciones hidroalcohólicas de varias horas (clásico método de extracción por Soxhlet) a métodos de extracción de varios minutos, y métodos de extracción asistidos por microondas (Gianna et al., 2012), ultrasonido, alta presión y por agitación turbulenta. Una vez obtenidas las saponinas en solución se las cuantifica por el método analítico más conveniente (espectrofotometría, HPLC, etc.).

Además se ha desarrollado con la colaboración del Dr. Juan Lopensino y colaboradores (de la UTN-Facultad Regional Córdoba) un dispositivo electromecánico (que permite realizar las determinaciones en las condiciones descriptas por Koziol con muy buena reproducibilidad de resultados) para cuantificar por el método de las espumas (Koziol, 1991) el contenido de saponinas contrastando los resultados con los métodos analíticos antes mencionados, (Gianna, et al, 2014). Si bien este método originalmente se empleó para determinar si

el lavado era adecuado, con las modificaciones por nosotros introducidas se puede ampliar a un rango de concentración de saponinas mucho mayor.

2.3 Métodos de extracción de laboratorio

Microondas

Las microondas son radiaciones electromagnéticas no ionizantes, no causan cambios en la estructura molecular pero producen movimientos, como la migración de iones o la rotación de dipolos de moléculas, que generan colisiones moleculares, dando como resultado que algunas sustancias se calienten. Si bien las microondas tienen frecuencias comprendidas entre 300 MHz a 300 GHz (lo que corresponde a longitudes de onda comprendidas entre 1 m y 1 mm, la frecuencia más usada a nivel industrial y dispositivos domésticos es de 2,45 GHz (Lidström et al., 2001).

Dispositivo experimental

El reactor utilizado para la extracción está compuesto por el sensor de temperaturas del microondas, un frasco de gruesas paredes Schott DURAN de 50 mL que resiste presiones de hasta 5 bar, una tapa torneada de Teflón provista de 2 aros sellos para evitar que escapen los vapores del solvente extractante, una cámara protectora como medida de seguridad en el eventual caso de una explosión del extracactor evitando la proyección de los trozos de vidrio.

Todo el conjunto armado para realizar la extracción, se puede ver en la **Figura 1**. El reactor se introduce en el microondas con la cámara de protección colocada como se puede observar.



Figura 1. Dispositivo para la extracción de saponinas en microondas.

El microondas utilizado es un microondas de uso doméstico, sin bandeja giratoria. La potencia del microondas es de 900 Vatios y la masa del reactor con las semillas (entre 1 y 2 gramos) y el solvente extractante (entre 10 y 40 mL) tienen en conjunto una capacidad calorífica muy pequeña. Para poder mantener la temperatura constante, cuando se alcanza la temperatura consignada el magnetrón deja de emitir microondas y vuelve a hacerlo cuando la temperatura disminuye trabajando de manera pulsante. Al ser la capacidad

calorífica tan pequeña el pulso de microondas generado por el magnetrón aumenta la temperatura en el reactor muy por encima de la consignada, ya que estos aparatos están destinados a cocinar alimentos que poseen capacidades caloríficas muchos mayores. Por este motivo, para controlar la temperatura se determinó experimentalmente que era necesario colocar un vaso de precipitación de vidrio con 400 mL de agua a temperatura ambiente (cantidad determinada empíricamente), además de seleccionarse distintos “Niveles de cocción” que van de 1 a 10 el nivel 1 corresponde al 10% de la potencia total y el 10 al 100%. En la actualidad se ha modificado el microondas, con la colaboración del Ing. Sergio San Román de Tecnología Educativa, disminuyendo la potencia del generador de microondas cambiando el condensador eléctrico original y además mediante un dispositivo electrónico programable se puede controlar la temperatura de 40 a 100°C con una precisión de $\pm 0,5^\circ\text{C}$ y el tiempo de extracción.

Reactivos utilizados

Alcoholes metílico, etílico e isopropílico calidad reactivo analítico y agua destilada para preparar los solventes extractantes (mezclas hidroalcohólicas).

Extracción por microondas

Entre las principales ventajas de la extracción asistida por microondas se destacan que los tiempos de extracción por lo general no superan los 20 o 30 minutos, entre otros factores

porque inicialmente se calienta el solvente extractante y no el recipiente que lo contiene. Además, hace uso de pequeños volúmenes de disolventes orgánicos, (entre los 20 y los 50 mL). (Chee *et al.*, 1996).

La EAM (Extracción asistida con microondas) ha sido utilizada para la extracción de fitoquímicos, como en la extracción de taxanos a partir de biomasa de *Taxus* (Mattina *et al.*, 1997), extracción de saikosaponinas de las raíces de *Blupearum falcatum* (Kwon *et al.*, 2006), extracción de aceites esenciales de Cardamomo (Marie *et al.*, 2007).

En la optimización de las condiciones de extracción, los parámetros a tener en cuenta fueron: composición y volumen del disolvente, temperatura, potencia de microondas, tiempo de extracción y características de la matriz.

La temperatura es un parámetro de gran importancia ya que la velocidad de extracción depende de ella y debe controlarse adecuadamente para no superar valores que produzcan la descomposición de sustancias termolábiles. En recipientes cerrados, el disolvente puede calentarse por arriba de su punto de ebullición, y así, de esta forma se produce un aumento en la eficiencia de la extracción y un aumento de la velocidad del proceso de extracción. Sin embargo, temperaturas elevadas podrían ocasionar la descomposición de la sustancia a extraer.

Se analizó la eficiencia de extracción de saponinas de la semilla de quinoa, mediante una adecuada combinación de las variables operativas, en combinación con la radiación de microondas, para lograr extracciones en tiempos más breves

que en los métodos clásicos de extracción sólido-líquido, como el método de Soxhlet.

El tipo de extracción fue sólido - líquido, siendo el sólido el fruto entero, y el líquido, las mezclas previamente mencionadas.

Las variables intervinientes en la extracción fueron: 1- Temperatura, 2- Composición del solvente, 3- Tiempo de contacto y 4- Relación volumen de solvente / masa de frutos.

Diseño experimental

Con el fin de encontrar las mejores condiciones de extracción, se analizaron cuatro variables independientes o factores, cada una con cuatro niveles.

Para lograr este objetivo, se recurrió al diseño experimental de Taguchi.

La **Tabla 1** muestra la matriz del diseño experimental donde se muestran los valores (niveles) asignados a cada variable (factor).

Tabla 1. Matriz del diseño experimental

Nivel	Factor A	Factor B	Factor C	Factor D
	Vol. Solvente/g fruto	Tiempo, min.	T °C	% alcohol V/V
I	15	5	50	20
II	20	15	60	60
III	25	20	70	80
IV	30	30	90	95/100

Las variables independientes fueron: “volumen de solvente por gramo de fruto”, denominado Factor A, “tiempo”, Factor B, “temperatura a la que se realiza la extracción”, Factor C y “porcentaje de alcohol en la mezcla hidroalcohólica”, Factor D. Cada una de estas variables presenta cuatro niveles denominados I, II, III y IV.

Respecto a la temperatura fue variada entre 50 y 90°C. Cuidando no sobrepasar esta temperatura debido a que las saponinas comienzan a descomponerse por encima de los 90°C (Yi *et al.*, 2007).

Cuantificación de las saponinas

En el extracto se puede determinar el contenido de saponinas de diversas maneras (espectrofotometría, cromatografía gaseosa, cromatografía líquida de alta presión, etc.). En esta investigación la determinación se realizó por derivatización de las saponinas y medición de su absorbancia en la parte visible del espectro a 528 nm.

Para la cuantificación de las saponinas en el extracto se utilizó la reacción de Libermann-Burchard, (Monje *et al.*, 2006):

Conclusiones

Las condiciones óptimas fueron:

- Volumen de solvente/gramos de frutos: 20 mL/g
- Tiempo de extracción: 20 minutos.
- Temperatura de extracción: 80°C.
- Porcentaje de metanol: 100%.

El rendimiento de la extracción fue de 2,79 % de saponinas extraídas por cada 100 gramos de frutos. Si se tiene en cuenta que el porcentaje de saponinas en los frutos de quinoa es de 2,91% el porcentaje de saponinas extraído es de 95,88%.

Extracción de las saponinas a altas presiones

La extracción con líquidos presurizados es una técnica innovadora que ha sido desarrollada como una alternativa a los métodos convencionales de extracción en muchas áreas, tales como el medio ambiente, los alimentos, análisis farmacéutico, extracción de fitoquímicos (Peng y Shao-Ping, 2013). Para estas extracciones se utiliza generalmente agua, alcoholes de bajo peso molecular o soluciones tensioactivas no iónicas.

Kaufmann y Christen, (2002) expresan que hay un interés creciente en el uso de las técnicas que implican extracción asistida por microondas y extracción con solvente a presión en los laboratorios analíticos. Esta revisión presenta una breve descripción de ambos métodos, y los informes sobre su aplicación a la extracción de productos naturales y la influencia de parámetros tales como la naturaleza del disolvente y el volumen, la temperatura, el tiempo y el tamaño de partícula de la matriz.

Una presión mayor que la atmosférica fuerza al disolvente a penetrar en los poros de la matriz, ayudando a la extracción de los analitos. Las altas temperaturas disminuyen la viscosidad del disolvente líquido, lo que permite una mejor penetración

del mismo en la matriz y el debilitamiento de la interacción soluto / matriz. El aumento de la temperatura aumenta la capacidad de transferencia de masa al solvente (aumentan los coeficientes de difusión) y además disminuye la polaridad del agua modificando la capacidad extractante del solvente (Güçlü-Üstündaget *al.*, 2007, 2008).

Además, las temperaturas elevadas mejoran la difusividad del disolvente, resultando en un aumento de la velocidad de extracción.

Se evaluó la eficiencia extractiva del método a altas presiones, en función de las distintas variables operativas, a fin de establecer su aptitud tanto para el análisis cuantitativo, como para la remoción del contenido de saponinas en los granos de *Chenopodium quinoa*.

Dispositivo experimental empleado

A los efectos de efectuar la extracción de las saponinas a alta presión, se diseñó y se construyó un reactor de acero inoxidable (Pressure Extraction Vessel: PEV), con tapa del mismo material provisto de un manómetro con escala hasta 5 bar y una llave de paso para inyectar nitrógeno a presión, mediante un cilindro de que contiene nitrógeno puro (99% de pureza). En la **Figura 2**se presenta el reactor empleado.



Figura 2. Dispositivo para extracción de saponinas de quinoa a alta presión

El volumen que puede contener es de 350 cm³.



Figura 3. Dispositivo de extracción en baño termostático

La llave de paso permite introducir el nitrógeno (gas inerte para aumentar la presión en el PEV) y su eliminación posterior,

al finalizar la extracción. El aparato está dotado de cierres y juntas adecuadas para garantizar hermeticidad en las condiciones extremas de los ensayos realizados (100 °C y 5 bar).

De la combinación de las variables en sus distintos niveles se obtuvieron las condiciones de cada ensayo. La relación volumen de solvente/gramo de semillas se mantuvo en todos los experimentos 20:1, que es la relación óptima para la extracción con MO (Gianna *et al.*, 2012) En la tabla siguiente se presenta la matriz de diseño experimental para las extracciones realizadas.

Matriz de diseño experimental

Tabla 2. Matriz del diseño experimental

Nivel	Factor A	Factor B	Factor C	Factor D
	Presión manométrica inicial (bar)	Tiempo (min)	T (°C)	% alcohol
I	3	5	50	20
II	2	15	60	60
III	1	20	70	80
IV	0	30	90	95/100

Los factores A, B, C y D son las variables independientes cada una con cuatro niveles (I a IV). A: presión manométrica inicial; B: tiempo; C: temperatura y D: % de alcohol en el solvente.

Se verificó que una presión mayor a la atmosférica aumentó el rendimiento de la extracción, posibilitando la remoción total en

menor tiempo. Todo esto parece ser consecuencia de una mayor difusión del extractante en el pericarpio.

Los parámetros de extracción óptimos fueron:

- presión manométrica inicial 2 bar,
- temperatura de extracción 90°C,
- tiempo de extracción 20 minutos
- porcentaje de isopropanol en la solución hidroalcohólica 20%,

El rendimiento de la extracción fue de 2,88 % de saponinas extraídas por cada 100 gramos de semillas. Si se tiene en cuenta que el porcentaje de saponinas en los frutos de quinoa es de 2,91% el porcentaje de saponinas extraído es de 98,96%.

La máxima presión manométrica empleada en esta investigación fue de 5 bar, pues en otros ensayos pudo comprobarse que a mayores presiones se producía un marcado deterioro de los granos de quinoa (se reventaban) y el almidón liberado gelificaba, al tratar la solución extraída se formaba un producto carbonoso entre el almidón y el ácido sulfúrico concentrado que contiene el reactivo de Lieberman-Burchard lo cual produjo interferencia en la determinación espectrofotométrica, por esa razón la presión manométrica inicial no debía superar los 3 bar.

Conclusiones generales de métodos de extracción de saponinas

Las principales ventajas en estos métodos de extracción se pueden resumir en los siguientes aspectos:

- Una masa de semillas de 1 a 2 gramos en lugar de 25 a 60 gramos utilizadas en el método de extracción por Soxhlet.
- Un volumen de solvente considerablemente menor que en el método clásico antes mencionado.
- Un tiempo de extracción muy inferior.
- Se pueden utilizar alcoholes en solución hidroalcohólicas en bajos o elevados porcentajes.

2.4 Purificación de las saponinas

Las soluciones de extracciones de las saponinas de las semillas por microondas y por alta presión se concentraron en un evaporador rotativo a escala piloto.

Se obtuvo un concentrado de saponinas de un color ámbar como se puede observar en la Figura 4



Figura 4. Concentrado de saponinas sin purificar

El concentrado se secó a una temperatura de 50°C en una estufa con vacío hasta masa constante y se guardó en un desecador. El contenido de saponinas en este concentrado de saponinas sin purificar fue del 82,3%.

2.5 Determinación de la constante de reparto

Se colocaron los tubos en un “shaker” orbital y se realizó la extracción de las saponinas en solución acuosa con n-butanol a 25°C durante 1 hora. Se centrifugaron los tubos a 2000 g durante 45 minutos lograndose una muy buena separación de las dos fases. Estas muestras se utilizaron para determinar por espectrofotometría mediante la reacción antes mencionada, las concentraciones de saponinas en la fase acuosa original, y en las fases acuosa y orgánica en equilibrio. Por balance de masa se determinó que la masa remanente en la fase acuosa más la masa ganada por la orgánica equivalen a la masa contenida en la fase acuosa original. Con estos datos se determinó la constante de reparto, como sigue: $K_D = [S]_o/[S]_w$, donde K_D es la constante de reparto o de partición; $[S]_o$ es la concentración de saponinas en la fase orgánica y $[S]_w$ es la concentración de saponinas en la fase acuosa en equilibrio. Por la ley de Beer las concentraciones son proporcionales a las absorbancias, la constante de reparto se puede determinar realizando el cociente de las absorbancias, por lo tanto:

$$K_D = 1.5354/2.0450 = 0.75$$

Por otro lado, si se realizan los cálculos teóricos correspondientes para 4 extracciones sucesivas en la fase acuosa debería permanecer el 4,5% de la concentración inicial.

La medición experimental estableció que quedaba sin extraer el 5,1 %. lo cual pone de manifiesto que la constante de reparto tiene un valor aceptable.

Para la extracción y purificación de las saponinas, se procedió a una nueva extracción, esta vez empleando un recipiente con tapa (frasco) de 750 mL en el agitador orbital.

El extracto butanólico se concentró a sequedad en el evaporador rotativo escala laboratorio, el producto obtenido tenía un color blanco muy poco amarillento, se analizó y se determinó que la concentración en saponinas fue del 90,7%.

Finalmente se disolvió la saponina purificada por precipitación en la menor cantidad de agua destilada necesaria y esta solución se procedió a verter en un tubo de centrifuga que contenía un solvente poco polar como el éter dietílico (1 volumen de éter 10 veces mayor que el de la solución acuosa), el éter tiene una constante dieléctrica de 4,3 (el del agua es 80,1) esto produce una disminución de la solubilidad de las saponinas que son componentes polares, produciendose un precipitado blanco que se separó por centrifugación y que está constituido por la saponina purificada por precipitación. La saponina secada se disolvió en un mínimo volumen de agua destilada a 60°C y por enfriamiento se efectuó la recristalización de la misma, separandola de la solución saturada por centrifugación y secandola. Determinada la concentración en saponinas por el método espectrofotométrico fue del 96,3%.

Los porcentajes de pureza de saponinas (no de quinoa) que ofrece Sigma-Aldrich tienen purzas del 97 al 98%, por lo tanto consideramos que se alcanzó una pureza aceptable.

Conclusiones

Este método de purificación de saponinas por extracción líquido - líquido (Treyball, R.E., 1968) se podrá extrapolar a escala piloto diseñando 4 unidades mezcladores - sedimentadores en serie obteniendo una concentración de saponinas del 90,7%, que para la mayor cantidad de aplicaciones industriales, es suficiente.

Adenda

Estas técnicas de extracción y cuantificación de saponinas, se han aplicado para determinar la concentración de las mismas en los trabajos del Grupo quinoa, además se determinaron el contenido de saponinas de 21 accesiones de quinoa de las provincias de Salta y Jujuy y de 4 variedades de la Provincia de La Pampa (Vidueiros et al., 2014).

Referencias bibliográficas

- Bacigalupo, A. y Tapia, M. (1990) Potencial agroindustrial de los cultivos andinos subexplotados. En: Tapia M. (ed.). Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación. FAO. Ediciones Geagra S. A. Santiago, Chile. Pp. 136-163.
- Bojanic A. (2011). La Quinoa: Cultivo milenario para contribuir a la seguridad alimentaria mundial. FAO, p: II.
- (Chee, K. K., Wong M.K. y Lee. H.K. Optimization of microwave-assisted solvent extraction of polycyclic aromatic hydrocarbons in marine sediments using a microwave extraction system with high-performance liquid chromatography-fluorescence detection and gas chromatography-mass spectrometry J. Chromatogr. A. 723: 259.
- Derwick, P. M. (2012). Medicinal natural products. A Biosynthetic approach. John Wiley and Sons Ltd. second edition: 30; 168; 170; 212; 219; 221; 237.
- Gianna, V., Montes, J. M., Calandri, E. L., Guzmán, C. A. (2012) Impact of several variables on the microwave extraction of *Chenopodium quinoa* Willd saponins. International Journal of Food Science and Technology. 47, 1593-1597.
- Gianna, V., Lopensino, J., Paoli, M., Ribotta, S., Calandri, E., Guzmán, C. Estandarización y construcción de un dispositivo para el método de la espuma para cuantificación de saponinas de quinoa. Presentado como poster en el Simposio Internacional de la Quinoa. 28 y 29 de noviembre de 2013. Jujuy. CONICET, Universidad Nacional de Jujuy.
- Güçlü-Üstündag, O. and Mazza, G. (2007). Pressurized low polarity water extraction of saponins from cow cockle seeds. Journal of Food Engineering. Elsevier, 80, 2, 619-630.
- Güçlü-Üstündag, O. and Mazza, G. (2008) Extraction of saponins and cyclopeptides from cow cockle seed with pressurized low polarity water. LWT - Food Science and Technology. 41, 8, 1600-1606
- Hosttmann, K. and Marston. (1995) Saponins. Cambridge University Press: 1; 275; 277; 285; 327-328.
- Kaufmann B., Christen P. (2002). Recent Extraction Techniques for Natural Products: Microwave-assisted Extraction and Pressurized Solvent Extraction. Phytochem. Anal. 13, 105-113

- Koziol, M. J. (1992). Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *Journal of Food Composition and Analysis: an Official Publication of the United Nations University, International Network of Food Data Systems.* 5(1):35-68.
- Koziol, M.J., (1991). Afrosimetric estimation of threshold saponin concentration for bitterness in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J. Sci. .Food Agric.* 54, 211-219.
- Kuljanabhagavad, T., Thongataphasuk, P., Chamulitrat, W. and Wink, M. (2008). Triterpene saponines from *Chenopodium quinoa* Willd. *Phytochemistry* (69) : 1919-1926.
- Lidström P.; Tierney J.; Wathey b; Westman J. (2001). "Microwave assisted Organic Synthesis- a review". *Tetrahedron.* 57, 9225-9283.
- Marie, E. L., Jacqueline, S., Steven, B., Willem, L., & Farid, C. (2007). Solvent free microwave extraction of *Elletaria cardamomum* L.: A multivariate study of a new technique for the extraction of essential oil, *Journal of Food Engineering,* 79(3), 1079-1086
- Mattina, M. J. I., Berger, W. A. I., & Denson, C. L. (1997). Microwave-assisted extraction of taxanes from biomass. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 45(12), 4691-4696.
- Monje C. Yarko A, Raffailac Jean Pierre. Determinación de saponina total en quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) Memoria IV Congreso Nacional de la Asociación Boliviana de Protección Vegetal. 5 al 7 de abril de 2006. C.E.A.C. - Dpto. Fitotecnia-FCAPV-UTO. ABPV. Oruro, Bolivia.
- Peng, L., Shao-Ping, L. (2013). Pressurized Liquid Extraction in Phytochemical Analysis. *Reviews in Pharmaceutical & Biomedical Analysis.* Bentham Science Publishers. (19) 130-148.
- Sparg, S. G., Light, M.E. and van Staden, J. (2004) Biological activities and distribution of plant
- Saponins. Review. *J. Ethnopharmacology.* 94:219-243.
- Szakiel, A., Paczkowsky, C., Henry, M. (2011). Influence of environmental abiotic factors on the content of saponins in plants. *Phytochem Rev.* 10:471-491.
- Treybal, R.E. (1968). Extracción en fase líquida. *UTEHA.* 463-539.
- Trosi, J., Di Fiore, R., Piuventi, C., Di Andria R., Vega-Galvez, A., Miranda M., Martínez, E. y Lavini ,A. (2014) Saponinas. Estado del Arte de la Quinoa en el mundo en 2013. *FAO y CIRAL.* Capítulo 3.3: 317-330.

- Varriano-Marston, E., DeFrancisco, A. (1984). Ultrastructure of quinoa fruit (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Microstruct.* 3, 165-173.
- Vidueiros, S. M, Gianna, V, Cervilla, N, Calandri, E, Sanahuja, M. C, Bertero, H. D, Guzmán, C, Pallaro, A. (2014) Determinación del contenido de saponinas en quinua de distintas regiones de Argentina. III Reunión Interdisciplinaria de Tecnología y Procesos Químicos (RITEQ). Los Cocos Córdoba. Argentina.
- Ward, S. M. (2001). A recessive allele inhibiting saponin synthesis in two lines of bolivian quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). *J. Hered.* 92 (1) : 83-86.
- Yi Chen, Ming-Yong Xie, Xiao-Feng Gong. (2007). Microwave-assisted extraction used for the isolation of total triterpenoid saponins from *Ganoderma atrum*. *Journal of Food Engineering.* 81162-170.
- Zhu, N., Sheng, S., Sang, S., Jhoo, S., Bai, S., Karwe, M., Rosen, R., and Ho, C. (2002). Triterpene saponins from debittered quinoa (*Chenopodium quinoa*) seeds. *J. Agric. Food. Chem.* 50, 865-867.

Capítulo 3

HARINA INTEGRAL

Natalia Cervilla y Patricia Miranda Villa

3.1 Definición Legal

La harina de quinoa es el producto obtenido de la molienda de las semillas desecadas, sanas y limpias del *Chenopodium quinoa* Willd, privadas mecánicamente o por acción de álcalis de sus tegumentos (Código Alimentario Argentino, art. 682). Su contenido de agua no será superior al 14% a 100° - 105°C, la fibra bruta no será mayor de 0,6%, y su materia grasa no excederá del 1% (Código Alimentario Argentino, art. 682) (ANMAT, 2014).

La definición de *Harina de quinoa* legislada por el Código Alimentario Argentino se trataría de una harina obtenida de granos previamente privados de su germen, ya que una harina con un 1% de lípidos como lo exige la norma seguramente cumpla con esa característica, con la pérdida concomitante de las proteínas que allí se localizan (Cervilla *et al.*, 2012b). Sería útil, que la denominación legal incluya esta particularidad, para así ser más preciso al referirse a esta harina. El Instituto Boliviano de Normalización y Calidad, al referirse a Harinas de quinoa, marca la diferencia entre *Harina de quinoa desgerminada*, *Harina Integral de quinoa* y *Harina de quinoa*.

Se entiende por harina integral de quinoa, al producto resultante de la molienda de la quinoa perlada (grano entero obtenido del escarificado y desaponificado del grano de quinoa), su finura depende del número de zaranda o malla utilizada en la molienda (Infoagro, 2003). El producto resultante debe contener todos los componentes del grano de quinoa beneficiado, entendido este, como aquel que es seleccionado por su tamaño y lavado (Bonamino *et al.*, 2009).

Definiciones del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad para Harinas de quinoa

Harina Integral de quinoa: Se define así a los granos de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) beneficiada, sometida a un proceso de trituración y molienda, reducida a diferentes grados de granulometría determinado para los diferentes usos que se tenga, habiendo desde 200, 500 y 700 micrones (de acuerdo al número de tamiz utilizado). El producto resultante debe contener todos los componentes del grano de quinoa beneficiado.

Harina de Quinoa desgerminada: La harina de quinoa desgerminada, es el producto obtenido, por la molienda de las semillas beneficiadas, sanas y limpias del *Chenopodium quinoa* Willd, en cuyo proceso se separa gran parte de su germen. Este producto se rotulará: Harina de Quinoa desgerminada.

Tabla 1. Requisitos físico-químicos para las harinas de quinoa.

	Harina de quinoa (CAA, art. 682) ¹		Harina integral de quinoa ²		Harina de quinoa desgerminada ²	
	Mín	Máx	Mín	Máx	Mín	Máx
Humedad	-	14,0	-	11	-	13,5
Proteína	-	-	10	-	10	-
Grasas	-	1,0	5,3	-	-	4,0
Fibra Cruda	-	0,6	1,7	-	1,5	-
Cenizas	-	-	2,0	3,0	2,5	3,0
Hidratos de carbono	-	-	72,7	-	71	-
Valor energético (kcal)	-	-	384	-	360	-

Fuente: 1. ANMAT, 2015. 2. Anteproyecto del Instituto Boliviano de Normalización y Calidad, IBNORCA. Anteproyecto de Norma Boliviana. APNB 312041. Pseudo Cereales – Harina de Quinoa – Requisitos.

3.2. Proceso de obtención de la Harina Integral

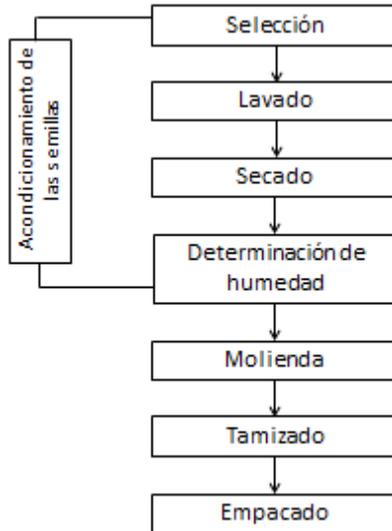


Figura 1. Elaboración de harina integral de quinoa

1. *Selección y tamizado:* Ver Capítulo 1, página 22.
2. *Lavado:* Ver Capítulo 1, página 28.
3. *Secado:* Esta operación unitaria permite reducir la humedad de los granos, evitar la germinación y la formación de mohos además de acondicionar los granos para ser sometidos al proceso de molienda. Las temperaturas de secado muchas veces depende del objetivo final por el cual se están procesando las semillas, si la intención es mantener inalteradas las características físico-químicas de los granos se opta por temperaturas bajas, o por lo menos por debajo de la temperatura de gelatinización de los granos de almidón de

quinoa y de la temperatura de desnaturalización de las proteínas.

Las semillas se secan en un secador de lecho fluidizado a 50°C por aproximadamente 25 min. Este procedimiento también se puede realizar en un horno con circulación forzada de aire a una temperatura de 100°C, sobre bandejas de chapa enlozada perforadas (Barboza *et al.*, 2010).

4. Molienda y tamizado: para este procedimiento se emplea molino de martillo, que muele por impacto. La malla utilizada es de 0,25mm. Dependiendo de los fines para los cuales se requiera emplear la harina integral, esta puede ser empleada con la granulometría que presenta luego de la molienda o ser tamizada, El tamaño de la zaranda empleada dependerá de las características del producto que se pretende obtener. En las galletas libres de glúten (capítulo 8) se emplean harinas tamizadas en tamiz vibratorio con malla 70 y 100 (ASTM) durante 10 min.

5. Empacado: la harina se empaca en bolsas de polietileno y se termosellan para su conservación y almacenamiento.

Condiciones óptimas de molienda de granos de quinoa crudos y precocidos:

La harina integral de quinoa se encuentra entre los principales productos obtenidos de este grano; el rendimiento de la molienda y su composición nutricional varían además en función de las condiciones en que la molienda es realizada. Se estudiaron el efecto de la humedad, el tamaño de la malla y la velocidad de dosificación del molino sobre el rendimiento y la composición proximal de las harinas.

Las variables estudiadas fueron: humedad de semillas, tamaño de malla y velocidad de dosificación del molino, en los siguientes niveles: 7 y 12%; 0,12 y 0,25 mm; 13,6 y 26,7 g/min, respectivamente.

El mayor rendimiento en la molienda de semillas crudas fue: 77,5%, que se obtuvo molturando los granos con un 12% de humedad, malla de 0,25mm y dosificando a una velocidad de 13,6g/min. Por otro lado, el rendimiento más bajo fue de 19,2, obtenido al emplear la malla de 0,12 mm, con la máxima velocidad (26,7 g/min) de dosificación y la menor humedad.

En las semillas cocidas, el máximo rendimiento fue 56,2 %. Para la molienda de estos granos, las condiciones óptimas fueron: humedad 7%, malla 0,25 mm y a la velocidad de dosificación más baja (13,6 g/min).

El tamaño de la malla fue la variable que más influyó en el rendimiento, tanto en granos crudos como cocidos. La malla de mayor apertura produjo los rendimientos más altos.

Tabla 2. Composición química de harinas obtenidas con bajos y altos rendimientos.

	Condiciones con > rendimiento		Condiciones con < rendimiento	
	HCR	HPR	HCR	HPR
Proteínas	18,3	15,2	17,0	16,9
Grasa	6,3	6,0	8,7	15,9
Hidratos de carbono	73,3	75,9	72,2	64,9
Cenizas	2,1	2,0	2,1	2,2

HCR: harina cruda, HPR: harina precocida

Tabla 3. Determinación de color en harina

	Condiciones con > rendimiento		Condiciones con < rendimiento	
	HCR	HPR	HCR	HPR
L	87,83	80,87	88,62	83,11
a*	13,77	0,19	12,81	0,04
b*	0,18	18,23	-0,15	17,82

HCR: harina cruda, HPR: harina precocida

L*: Índice de luminosidad (100 = blanco y 0 = negro); a*: colores de rojo (+) a verde (-), el 0 es neutro y b*: Colores de amarillo (+) a azul (-) y 0 es neutro.

Se encontraron diferencias en el contenido de proteínas de las harinas obtenidas con mayor y menor rendimiento de molienda, tanto en harinas provenientes de semillas crudas como cocidas. Para el primer caso, el contenido proteico fue mayor en las harinas que tuvieron el rendimiento más alto, observándose el fenómeno contrario para las harinas cocidas. En cuanto al color, fueron notables las diferencias entre las harinas de semillas crudas y las cocidas (tabla 3). El parámetro L* fue mayor en las primeras de estas, indicando una mayor intensidad del color blanco que en las otras, por el contrario en las harinas de semillas cocidas prevaleció el parámetro b*, es decir que tuvieron mayor intensidad del color amarillo o tostado. Este color, podría deberse a reacciones de Maillard durante la cocción de los granos.

Técnicas empleadas para la caracterización química-nutricional.

Las determinaciones son realizadas con el empleo de las técnicas descritas por AOAC Internacional, 1999:

Grasa total: El contenido total de grasa libre se determina por el método de extracción con Soxhlet utilizando n-hexano como solvente. Técnica 920,39.

Análisis de cenizas: Se lleva a cabo por calcinación en la mufla a 600 °C. Técnica 923,03.

Hidratos de Carbono: se calculan por diferencia, utilizando la formula descrita por Bernal (1993).

Hidratos de carbono = $100 - (\% \text{ de humedad} + \% \text{ de cenizas} + \% \text{ de proteínas} + \% \text{ de lípidos})$

Carbohidratos disponibles “por diferencia”: Estos carbohidratos representan la fracción de los hidratos de carbono que puede ser digerida por las enzimas digestivas humanas y absorbidas en intestino para ingresar al metabolismo. Una de las formas de conocer la cantidad de “carbohidratos disponibles” es por diferencia. Para calcularlo se realiza la siguiente operación (FAO, 2002): $100 - (\text{peso en gramos [proteínas} + \text{grasa} + \text{agua} + \text{cenizas} + \text{Fibra dietética total}] \text{ en } 100 \text{ g de alimento})$.

Fibra Dietética Total (FDT): La AACC (American Association of cereal Chemists, 2001) adoptó la siguiente definición: Fibra dietética es una parte comestible de las plantas o hidratos de carbono análogos que son resistentes a la digestión y absorción en el intestino delgado con fermentación completa o

parcial en el intestino grueso. La determinación se realizó a partir del método enzimático-gravimétrico (AOAC 985.29).

Fibra Detergente Ácida (FDA): se cuantifica principalmente celulosa y lignina, pero pueden interferir residuos de pectina y hemicelulosas. La determinación de FDA se realizó según el método descrito por Osborne y Voogh, 1986.

Azúcares reductores libres (ARL): se determinaron espectrofotométricamente a 525nm utilizando el reactivo dinitrosalicílico.

Glucosa: se determinaron espectrofotométricamente a 505 nm empleando el kit de glicemia enzimática Winer Lab.

3.3 Valor nutricional de las harinas

Los resultados obtenidos por el grupo de investigación se encuentran dentro de los rangos publicados por Alandía Borda (1979). Dentro de los rangos publicados existen numerosos trabajos de investigación con resultados que se ubican entre esos valores.

Tabla 4. Caracterización nutricional de harinas integrales de quinoa (g/100 g de materia seca)

LOTE	Proteínas	Grasas	Cenizas	Hidratos de Carbono
2007	16,6	6,4	2,0	71,9
2008	16,8	7,1	2,0	72,3
2009	13,4	5,2	1,9	77,7
2010	13,5	7,8	2,1	76,4
2011	18,3	6,0	2,1	73,3

Fuente: Cervilla *et al.*, 2012.b.**Tabla 5.** Composición química de semillas de quinoa.

Componentes	Rango	Promedio
Humedad	6,8 - 20,70	12,65
Proteínas	7,47 - 22,08	13,81
Grasa	1,80 - 9,30	5,01
Cenizas	2,22 - 9,80	3,36
Carbohidratos	38,72 - 71,30	59,74
Celulosa	1,50 - 12,20	4,38
Fibra	1,10 - 16,30	4,14

Fuente: Alandia Borda, 1979.

Tabla 6. Caracterización nutricional de harinas integrales precocidas de quinoa (g/100 g en b.s)

LOTE	Proteínas	Grasas	Cenizas	Hidratos de Carbono
2007	14,6	9,6	2,1	77,3
2008	15,1	9,6	2,1	75,7
2009	13,2	6,9	2,0	77,7
2010	13,3	7,7	2,4	80,0
2011	15,2	6,3	2,0	75,9

Fuente: Cervilla *et al.*, datos no publicados.

Minerales

La harina de quinoa aporta cantidades significativas de Zn si se tienen en cuenta las “Raciones Dietéticas Recomendadas” (RDA) para el hombre y para la mujer, que fueron establecidas en 11 y 8 mg/día respectivamente. Lo mismo ocurre con el Fe, ya que su valor en 100 g de producto es significativo, aun comparándolo con el contenido promedio que aportan alimentos fuentes del mismo (Bonamino et al., 2009).

La cantidad de Mg hallada es baja en relación a las “Ingesta Dietética de Referencia” (RDI) para el hombre y para la mujer, las cuales son 420 y 320 mg/día respectivamente (Bonamino et al., 2009).

Esta harina es buena fuente de Mn ya que 100 g de la misma cubren las RDA para ambos sexos (Mujer 1,8 mg/día y hombre 2,3 mg/día).

Las cantidades detectadas de calcio son bajas en relación con otros alimentos tanto de origen animal como vegetal (Bonamino et al., 2009).

Tabla 7. Composición mineral de harina de quinoa.

Elemento	mg/100 g de harina (b.s) (Lote 2008)
Molibdeno (Mo)	Nsd
Cromo (Cr)	Nsd
Manganeso (Mn)	2,1
Níquel (Ni)	Nsd
Cobre (Cu)	0,99
Plomo (Pb)	Nsd
Hierro (Fe)	6,2
Calcio (Ca)	13,7
Sodio (Na)	7,8
Potasio (K)	516,9
Zinc (Zn)	4,1
Magnesio (Mg)	33,0
Cadmio (Cd)	0,1

Nsd: No se detecta. Fuente: Harari y Orecchia, 2009; Bonamino et al., 2009.

Lípidos

La harina de quinoa presenta valores apreciables de ácidos grasos poliinsaturados de la serie $\omega 6$ y $\omega 3$. Dentro de estos, el que más se destaca es el linoleico (C18:2) y representa casi el 50% del total de ácidos grasos, le sigue en orden decreciente el ácido linolenico (C18:3) con un 17%. Estos ácidos grasos son considerados esenciales ya que el organismo humano no tiene capacidad para sintetizarlos por lo tanto deben ser consumidos en la dieta habitual. La importancia de estos ácidos grasos reside en la capacidad que poseen de reducir los niveles plasmáticos de colesterol y además poseen efectos antitrombogénicos.

La harina de quinoa presentó 16% de ácido oleico. Este ácido graso es capaz de reducir el nivel plasmático de colesterol LDL, sin afectar la fracción HDL.

De los ácidos grasos saturados, el que se encuentra en mayor proporción es el ácido palmítico (C16:0), con un 10,9 %.

Tabla 8. Perfil de Ácidos Grasos de la harina de quinoa

Ácidos Grasos	Cantidad en %
Ácido Mirístico (C14:0)	0,2
Ácido Palmítico (16:0)	10,9
Ácido Esteárico (C18:0)	0,8
Ácido Oleico (C18:1)	16,3
Ácido Linoleico (C18:2)	47,8
Ácido Linolénico (C18:3)	17,1
Ácido Behénico (C 20:0)	1,8
Ácido Araquidónico (20:4)	0,6
Ácido Erúcico (22:1)	2,2
Ácido Lignocérico (24:0)	0,4

Fuente: Harari y Orecchia, 2009; Bonamino et al., 2009.

Carbohidratos

Los valores hallados de los nutrientes y no nutrientes analizados (tabla 9 y 10), varían entre lotes, pero se encuentran dentro de los rangos que reporta la bibliografía, sobre todo en lo que respecta a las harinas crudas. Los contenidos de FDT son apreciables, siendo relativamente equivalentes entre las fracciones “soluble” e “insoluble”, por lo que los efectos beneficiosos de estos componentes funcionales se encontrarían distribuidos entre los metabólicos y mecánicos. Los

carbohidratos disponibles incluyen además del almidón a los azúcares de bajo peso molecular, como son los ARL; se observó una marcada disminución de azúcares entre las harinas crudas y las cocidas, parte de esta pérdida es producida en el proceso de cocción, pero otra posiblemente se deba a la reacción de Maillard entre los ARL y los grupos amino libres de aminoácidos, principalmente lisina. Estas harinas además de ser de reconstitución instantánea, podrían emplearse en la elaboración de productos alimenticios en los que sea necesario el color “tostado”, así como también en otros donde se requiera una menor carga glucémica que la versión sin cocción previa. A menos que el alimento sea formulado teniendo como único objetivo tener una carga glucémica reducida, debería estudiarse cuánta es la lisina comprometida en la reacción de Maillard, ya que, si se reduce mucho, se pierde el aporte nutricional de este aminoácido esencial.

Tabla 9. Discriminación de las fracciones de hidratos de carbono en las HCR (g/100g de harina en b.s)

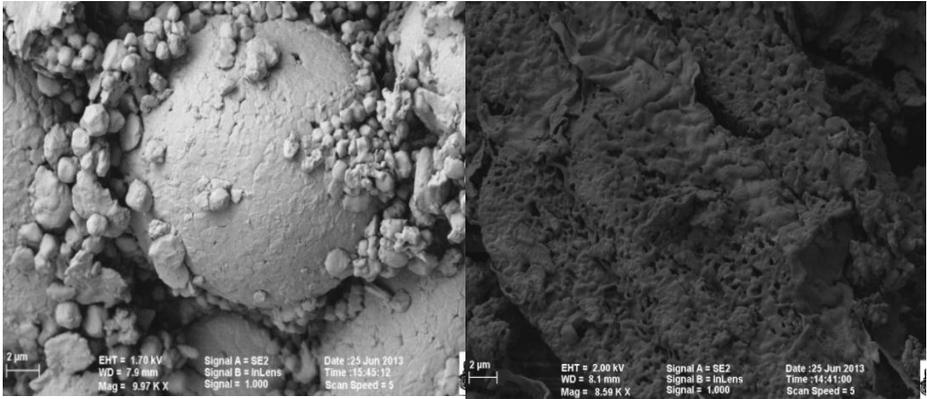
Lote	Carbohidratos totales	FDT	FDA	FS	Carbohidratos disponibles	ARL	Glucosa
2007	71,9	7,6	5,1	2,2	64,3	3,1	0,8
2008	72,3	7,7	5,2	2,5	64,6	3,4	0,7
2009	77,7	7,3	5,1	2,1	70,5	4,5	0,8
2010	76,4	9,9	3,3	6,7	66,5	6,7	2,0
2011	73,3	8,2	3,1	5,1	65,1	6,5	1,8
Rangos e IC (95%)	71,91 - 77,7	7,2-8,7	4,1- 5,0	2,1- 6,7	64,3- 70,5	4,2- 5,8	1,0 - 1,5

Tabla 10. Discriminación de las fracciones de hidratos de carbono en las HPR (g/100g de harina en b.s)

Lote	Carbohidratos totales	FDT	FDA	FS	Carbohidratos disponibles	ARL	Glucosa
2007	77,4	8,7	4,7	4,0	68,7	0,63	0,2
2008	75,5	9,9	5,1	4,8	65,6	0,67	0,1
2009	79,2	7,3	3,1	4,2	71,9	0,71	0,1
2010	77,5	7,1	3,6	3,5	70,4	1,1	0,2
2011	74,8	8,2	5,6	2,6	66,6	0,7	0,2
Rangos e IC (95%)	74,8 - 77,5	7,1-9,9	3,7 - 4,8	3,5 - 4,1	70,5 - 72,0	0,7 - 0,9	0,1 - 0,2

Fuente de las tablas 9 y 10: Cervilla et al., 2013.

Microscopia Electrónica de Barrido



a. Harina integral de Quinoa

b. Harina integral de Quinoa precocida

Figura 2. Micrográficas (a y b)

En la figura 2.b se presenta la micrografía de la harina obtenida de granos de quinoa cocidos, que muestra una fase continua y extensa, en donde la estructura nativa del almidón ha desaparecido por completo, como consecuencia de la gelatinización de sus gránulos de almidón durante el tratamiento hidrotérmico de las semillas.

Proteínas

Las proteínas pueden ser clasificadas de diversas maneras, entre ellas por su solubilidad, su función biológica, estructura, forma, etc. Otra de las formas incluye el origen de la fuente proteica y su calidad nutricional. Las proteínas en la alimentación pueden ser de origen animal o vegetal. En este último grupo se distinguen las proteínas de las semillas y sus derivados por la frecuencia por la que son consumidos,

formando parte de la dieta habitual. La cantidad de proteína presente en las semillas varía de 10% (en los cereales) a 40% (en ciertas leguminosas y oleaginosas) del peso seco, y constituyen una gran proporción de la proteína de la dieta en muchas sociedades del mundo (Shewry et al., 1995).

Desde el punto de vista de la nutrición humana, interesa además del origen de la fuente proteica, la calidad biológica de la misma. En este sentido las proteínas pueden clasificarse como biológicamente completas o incompletas (Thompson et al., 2008). La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) ha señalado que una proteína es biológicamente completa cuando contiene todos los aminoácidos esenciales en una cantidad igual o superior a la establecida para cada aminoácido en una proteína de referencia o patrón e incompleta cuando al menos uno de los aminoácidos esenciales se encuentra en una concentración inferior a la establecida para la proteína patrón, ya que esta situación limita la síntesis proteica no pudiendo ser utilizadas completamente por el organismo (Repo-Carrasco et al., 2007). Para que la síntesis de una determinada proteína se lleve a cabo, todos los aminoácidos esenciales deben estar disponibles en las células en las concentraciones necesarias. Si uno de los aminoácidos se encuentra en menor cantidad a la requerida, se limita la síntesis proteica y este aminoácido es denominado aminoácido limitante (Thompson et al., 2008).

La calidad de una proteína depende de su contenido en aminoácidos esenciales y condicionalmente esenciales, es decir,

aquellos que se vuelven indispensables en determinadas situaciones (Ettinger, 2000). De los 20 aminoácidos que conforman las proteínas, el organismo sintetiza 11 a partir del adecuado suministro de nitrógeno, y los que no pueden ser sintetizados (aminoácidos esenciales) a la velocidad y cantidad requerida, son suministrados a través de ciertos alimentos que integran la dieta. Ellos son: leucina, isoleucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, valina, triptófano y arginina, para los lactantes hay que considerar además histidina (Ettinger, 2000).

Las proteínas de origen animal son biológicamente completas y además poseen una elevada digestibilidad. Por el contrario, las proteínas de origen vegetal son en general deficientes en uno o más aminoácidos esenciales.

La lisina es el aminoácido limitante en el arroz y otros cereales; el triptófano es el limitante en el maíz y la metionina y cistina son los limitantes en el fíjol. Los aminoácidos limitantes en muchas nueces y semillas son lisina e isoleucina; el maní tiene bajo contenido de metionina y treonina (Lagua y Claudio, 2007). De aquí que lisina, triptófano y los aminoácidos azufrados (metionina y cisteína) sean los principales aminoácidos esenciales que representan mayores problemas para la nutrición humana, debido a que su carencia es típica en poblaciones que tienen difícil acceso a productos de origen animal, y en las cuales, los cereales y/o los tubérculos se convierten en la base de su alimentación.

El patrón de aminoácidos recomendado para evaluar la calidad biológica de las proteínas para todas las edades (excepto los menores de un año) se basa en los requerimientos de aminoácidos de los niños edad preescolar. La relación del limitante que se encuentra en menor proporción con respecto al mismo aminoácido en la proteína patrón, se denomina cómputo aminoacídico (CA) (Tapia et al., 2000).

Según la FAO los aminoácidos de la proteína de quinoa se encuentran en la concentración adecuada para satisfacer los requerimientos de todos los grupos etáreos y esto es lo que le otorga un elevado valor biológico (Repo-Carrasco et al., 2007). Sin embargo, esta afirmación podría no ser aplicable a todas las variedades o ecotipos.

La OMS y la FDA (Food and Drug Administration) de Estados Unidos adoptaron como medida para valorar la calidad de una proteína el cómputo químico o score de aminoácidos corregido por la digestibilidad de la proteína en cuestión (protein digestibility corrected amino acid score) o PDCAAS (Ettinger, 2001).

El puntaje químico de la proteína de quinoa (Tabla 11) asciende a medida que la edad de los grupos analizados es mayor; esto se debe a que los requerimientos de aminoácidos disminuyen como consecuencia de la menor demanda metabólica, dado que no se precisa un balance nitrogenado positivo (anabolismo) a edades más avanzadas (Cervilla et al., 2012.a).

Tabla 11. Cómputo aminoacídico (CA) de la proteína de quinoa.

	Harina de quinoa Lote 2009			Harina de quinoa Lote 2010		
	Preescolares (2-5 años)	Escolares (10-12 años)	Adultos	Preescolares (2-5 años)	Escolares (10-12 años)	Adultos
Histidina	136,8	136,8	162,5	400,0	400,0	475,0
Isoleucina	125,0	110,7	269,2	128,6	128,6	276,9
Leucina	87,9	131,8	305,3	90,9	136,4	315,8
Lisina	69,0	90,9	250,0	86,9	114,5	315,0
Metionina + Cistina*	59,2	67,3	87,1	50,8	57,7	74,7
Fenilalanina + Tirosina	88,9	254,5	294,7	95,4	273,2	316,3
Treonina	82,4	100,0	311,1	86,2	104,6	325,6
Triptófano	427,3	522,2	940,0	s/d	s/d	s/d
Valina	217,1	304,0	584,6	134,0	187,6	360,8

*Los resultados resaltados en **negrita** representan los aminoácidos limitantes (AAL).

La Tabla 12 muestra los AAL para cada grupo edad de las harinas de quinoa de ambos lotes.

Las harinas analizadas no poseen proteínas biológicamente completas ya que carecen de la concentración suficiente de aminoácidos esenciales.

Tabla 12. Aminoácidos limitantes en harinas de quinoa, según grupos etéreos.

	Preescolares		Escolares		Adultos	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
1° Limitante	AAS	AAS	AAS	AAS	AAS	AAS
2° Limitante	Lisina	Treonina	Lisina	-	-	-
3° Limitante	Treonina	Lisina	-	-	-	-
4° Limitante	Leucina	Leucina	-	-	-	-
5° Limitante	AAA	AAA	-	-	-	-
Cómputo Químico:	59,2%	50,8%	67,3%	57,7%	87,1%	74,7%

AAA: Aminoácidos Aromáticos (Fenilalanina + Tirosina)

AAS: Aminoácidos Azufrados (metionina + cisteína)

AAL: Aminoácidos Limitantes

Fuente: Cervilla et al., 2012 a.

Tabla 13. PDCAAS de la harina de quinoa en relación a los grupos etéreos.

Grupo etéreo	Lote	Cómputo químico:	Digestibilidad teórica	PDCAAS
			de Granos Andinos (%):	
Preescolares	2009	0,59	0,8	0,47
	2010	0,51	0,8	0,41
Escolares	2009	0,67	0,8	0,54
	2010	0,58	0,8	0,46
Adultos	2009	0,87	0,8	0,70
	2010	0,75	0,8	0,60

Fuente: Cervilla et al., 2012 a.

Si bien los AAL disminuyen la utilización de la proteína del alimento, la dieta no está constituida por un único alimento, por lo tanto, la calidad de la alimentación dependerá de las combinaciones de alimentos que se realicen. En este sentido, es importante destacar que a pesar de que los valores de PDCAAS son bajos (tabla 13) la quinoa puede complementarse de manera óptima con maíz, arroz y trigo.

El grupo de los cereales y derivados posee un CA de 68,8% y tienen como AAL a la lisina, pero es rico en AAS, justamente lo opuesto que la quinoa. Caso contrario ocurre con las legumbres, en donde la complementación con harina de quinoa no será óptima ya que también carecen de AAS. También se puede mejorar la calidad proteica de las preparaciones culinarias añadiendo proteínas de origen animal (Cervilla et al., 2012. a).

A pesar de que la quinoa tenga como segundo AAL la lisina, la cantidad presente supera a la determinada en trigo, cebada y avena, arroz (Tabla 14), por lo que es un recurso útil para complementar estas proteínas vegetales.

Tabla 14. Comparación del contenido de aminoácidos de los alimentos (AA/100 g de producto).

Fuente: Cervilla et al., 2012.

	Harina de quinoa		Quinoa	Harina de trigo	Arroz	Avena	Maíz	Cebada	Leche
	Resultados								
	2009	2010							
Ác. Aspártico	1,09	0,84	0,88	0,49	0,81	1,06	0,60	0,67	0,26
Ác. Glutámico	1,0	1,47	1,43	4,17	1,62	2,92	1,8	2,77	0,76
Serina	0,55	0,11	0,44	0,56	0,43	0,66	0,47	0,48	0,20
Histidina	0,40	0,90	0,29	0,25	0,20	0,29	0,26	0,25	0,09
Glicina	0,78	0,66	0,62	0,42	0,39	0,66	0,35	0,45	0,07
Treonina	0,43	0,35	0,42	0,32	0,31	0,46	0,34	0,39	0,15
Arginina	1,15	0,89	0,84	0,42	0,65	0,88	0,40	0,56	0,11
Alanina	0,58	0,48	0,56	0,37	0,47	0,63	0,72	0,46	0,12
Tirosina	0,32	0,09	0,34	0,28	0,28	0,46	0,36	0,37	0,16
Valina	0,71	0,28	0,54	0,49	0,43	0,71	0,46	0,59	0,20
Metionina	0,13	0,56	0,24	0,17	0,18	0,23	0,18	0,20	0,09
Cistina	0,06	0,11	---	0,30	0,08	0,37	0,15	0,27	0,03
Isoleucina	0,53	0,04	0,43	0,44	0,3	0,53	0,35	0,42	0,16
Leucina	0,88	0,43	0,72	0,84	0,65	1,01	1,19	0,78	0,33
Fenilalanina	0,52	0,71	0,49	0,58	0,41	0,70	0,46	0,60	0,19
Lisina	0,60	0,43	0,67	0,25	0,30	0,52	0,25	0,41	0,27
Triptófano	-	-	---	0,13	---	---	0,07	---	---
Prolina	0,35	0,60	0,37	1,39	0,37	0,72	0,85	1,28	0,31

Referencias bibliográficas

- AACC. American Association of Cereal Chemistry. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 9th Ed., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. 1999. USA.
- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica - ANMAT. Código Alimentario Argentino. Alimentos farináceos - cereales, harinas y derivados. [Serie en internet]. 2014 [Acceso 17 dic 2014]; Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/capitulo_ix.pdf
- Alandía Borda, S., Cardozo Gonzáles, A.,Gandarillas Santa Cruz, H., Mujiza Sanchez, Á., Ortiz Romero, R., Otazu Monzón, V., Rea Clavijo, Julio., Salas Turpo, B., Tapia Nuez, M., Zanabria Huisa, E.; Quinoa y Kañiwa Cultivos Andinos, Centro Internacional de Investigaciones para el desarrollo (CUD) Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas(IICA), Bogotá, Colombia, 13, 149, 153,177, 1979.
- AOAC International. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemist. 16th Edition, 5th Revision, Gaithersburg, USA; 1999.
- Barboza C.M., Bertoni V.A. y Martin A.L. Harina integral de quinoa: Elaboración de galletas libres de gluten [Tesis]. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Médicas; 2010.
- Bernal R.I. Análisis de Alimentos. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Santafé de Bogotá: Colección Julio Carrizosa Valenzuela No.2; 1993
- Bonamino M., Carreño V. y Cervilla N. Elaboración de sopas cremas e instantáneas a partir de semillas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd). [Tesis]. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Médicas. Escuela de Nutrición; 2009. p. 48-49.
- Cervilla N.S., Mufari J.R., Brutti N.I., Calandri E.L y Guzmán C.A. Determinación de Azúcares Reductores Libres, Glucosa y fibra en harinas de quinoa crudas y cocidas de origen argentino. En: III Congreso de Alimentos Siglo XXI. XXXVI Reunión del Capítulo Argentino de la Sociedad Latinoamericana de Nutrición (CASLAN) "Tecnología Nutrición y Salud: El desafío de mejorar los hábitos de vida". Mendoza, Argentina; 2013.
- Cervilla N.S., Mufari J.R., Calandri E.L y Guzmán C.A. a. Determinación del contenido de aminoácidos en harinas de quinoa de

origen argentino. Evaluación de su calidad proteica. Revista de la Sociedad Argentina de Nutrición. 2012; 13(2):107-113.

- Cervilla N.S, Mufari J.R., Calandri E.L y Guzmán C.A. b. Composición química de harinas de quinoa de origen argentino. Pérdidas minerales durante el lavado. Revista Actualización en Nutrición. 2012; 13(4): 293-299.
- Ettinger, S. (2000). Macronutrientes: carbohidratos, proteínas y lípidos. En: Kathleen Mahan, L & Escott-Stump, S. (Eds.), Nutrición y Dietoterapia de, Krause (pp. 33-72). Lugar: Mc Graw Hill.
- FAO. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Integration of Analytical Methods and Food Energy conversion Factors. In: Food and Nutrition. Food energy – methods of analysis and conversion factors. Roma: FAO; 2002.
- Harari S. y Orecchia A. "Chenopodium quinoa Willd estudio y caracterización de la semilla y su harina. Diseño de un equipo escarificador. Aplicaciones y productos novedosos". [Tesis]. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales; 2009.
- Infoagro. Estudio de quinua 2003. [serie en internet]. 2013.[Acceso 13 de marzo de 2014] Disponible en: <http://www.infoagro.net/shared/docs/a5/cproandinos5.PDF>
- Laguna R.T. y Claudio V.S. Diccionario de Nutrición y Dietoterapia. 5ta. Edición. México: Mc Graw Hill; 2007.
- Osborne D.R y Voogt P. Análisis de los nutrientes de los alimentos. Madrid: Editorial Acribia; 1986.
- Repo-Carrasco, R., Cortez, G., Onofre Montes, R., Quispe Villapando, L y Ramos I. Cultivos Andinos. En: A. León y C. Rosell (Eds.). De tales harinas, tales panes. Granos, harinas y productos de panificación Iberoamericana. Córdoba; 2007. p. 245-294.
- Shewry P.R., Napier J.A. y Tatham A.S. Seed Storage Proteins: Structures and Biosynthesis. The Plant Cell. 1995; 7: 945-956.
- Tapia M.E. Moron C. Ayala G. Fries A.M. Valor Nutritivo y Patrones de consumo. En: Cultivos Andinos subexplotados y su aporte a la alimentación, 2º Edición. Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe; 2000.

- Tapia M.E. y Fries A.M. Guía de campo de los cultivos andinos. Lima: FAO y ANPE. Primera edición; 2007.
- Thompson J.L., Manore M.M. y Vaughan L.A. Lípidos: nutrientes esenciales que aportan energía. En: Nutrición. Madrid: Pearson Addison Wesley; 2008.

Capítulo 4

GERMEN

Romina Mufari

4.1 Generalidades

El germen o embrión de la semilla es la parte reproductiva, que gemina para dar origen a la planta. El embrión de quinoa está formado por dos cotiledones y la radícula, constituye alrededor del 30% del volumen total de la semilla y envuelve al perisperma como un anillo con una curvatura de 320° (Prego, et al, 1998). Es de color blanco-amarillento, mide entre 3,5-8,2 mm de longitud y 0,35 mm de ancho aproximadamente. La radícula muestra una pigmentación de color castaño oscuro (Gallardo, et al., 1997).

En el germen se encuentran la mayor cantidad de proteína, alcanzando un total de entre 35-40%, mientras que en el perisperma sólo se alcanza un total de entre 6,3-8,3 % con respecto a la proteína total del grano. Contiene también los lípidos y vitaminas liposolubles.

El embrión puede separarse del resto de la semilla y luego utilizarse en una variedad de productos, ya que por su composición es un producto de elevado valor nutricional.

El Código Alimentario Argentino solo incluye normativas para el germen de trigo. El mismo debe responder a las siguientes características:

- Agua, de 8 a 15% a 100°-105°C
- Prótidos, de 23 a 32%
- Lípidos, de 7 a 11%
- Glúcidos asimilables, de 30 a 48%
- Fibra bruta, no superior a 4%.
- Cenizas totales, no superior a 5% a 500°-550°C

4.2 Proceso de obtención del germen

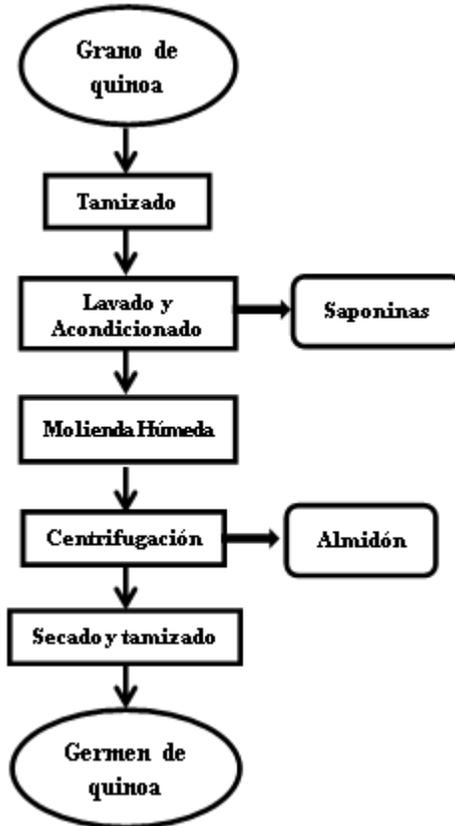


Figura 1. Diagrama de flujo de la obtención de una fracción rica en germen de quinoa

El proceso tiene una etapa de selección y limpieza de los granos de quinoa, se realiza un tamizado, recuperando la fracción de semillas limpias y de tamaño homogéneo.

Luego se somete la semilla a lavado y acondicionamiento para la molienda.

Para la correcta humectación de la semilla se debe dejar en remojo con agitación mecánica, en una relación 1:5 (semilla:agua) por un tiempo superior a 60 minutos.

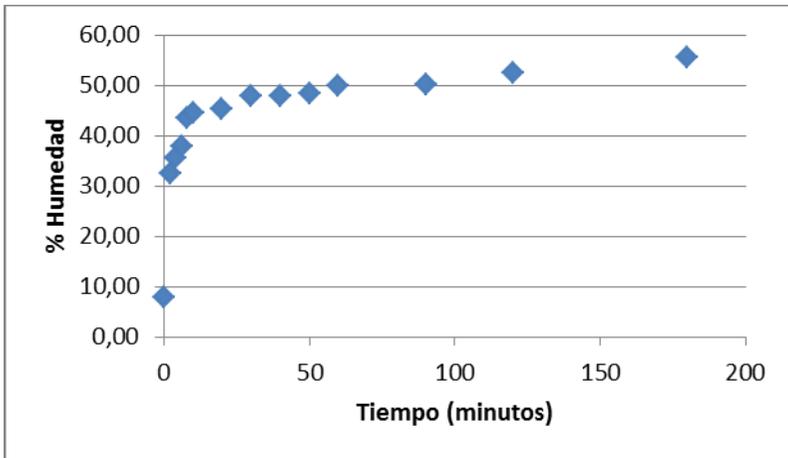


Figura 2. Curva de humectación de las semillas de quinoa

Durante el lavado también se eliminan las saponinas, con 8-10 minutos de lavado con agitación se logra eliminar la mayor parte, solo queda 1,3% de saponinas residuales en la semilla.

Luego se someten las semillas humectadas ($\geq 50\%$ de humedad) a un proceso de molienda húmeda, en molino de rodillos (fábrica de pastas), tres veces, con separaciones de los rodillos cada vez menores.

Este proceso genera el desprendimiento del germen del almidón.

Esta mezcla es sometida a agitación mecánica con el agregado de agua, para facilitar la suspensión del almidón en el agua de lavado. Luego se centrifuga esta mezcla y se obtiene una

suspensión de almidón en agua, de la cual se recupera el almidón y una fracción rica en germen.

Esta fracción se seca en lecho fluidizado, se tamiza para continuar con la fracción con mayor proporción de germen, siendo esta la retenida en malla 40 ASTM.

Por cada 100 g de semillas, el rendimiento es 35-40 g de esta fracción.

La composición hallada para el germen de quinoa es la que se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Composición centesimal del germen de quinoa

CENIZAS	4,6
PROTEINAS	36,7
LIPIDOS	31,7
HIDRATOS DE CARBONO	27,0

El germen de quinoa presenta valores semejantes a los estipulados por las normativas para el germen de trigo, excepto en la proporción de lípidos que es más elevada, dado que la quinoa tiene un contenido lipídico mayor a los cereales de consumo común y el mismo se encuentra en su totalidad en el germen.

Esta fracción puede utilizarse para la obtención de aislados proteicos y aceite de quinoa, subproductos de gran valor agregado.

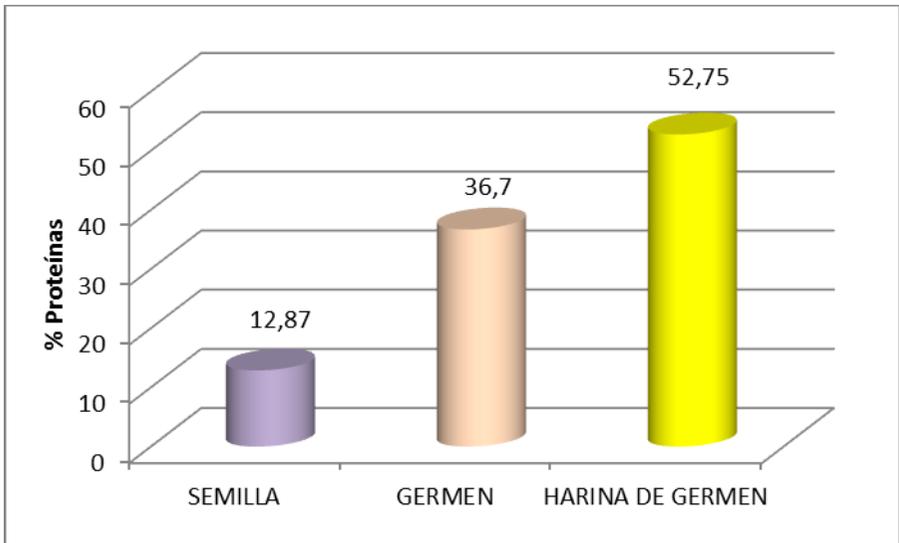


Figura 3. Contenido de proteínas durante el proceso de obtención del germen.

Semilla, Germen: fracción enriquecida en germen y Harina de germen: fracción desengrasada enriquecida en germen.

Este es un producto con elevado valor nutricional por los carbohidratos asimilables, el elevado contenido proteico y lipídico. Es un producto con el cual se pueden enriquecer otros productos con menor valor nutricional, como panes, cereales, barras energéticas, sopas, galletas, etc.

Referencias bibliográficas

- Prego, I., Maldonado; Maldonado, S. & Otegui, M. (1998). Seed Structure and Localization of Reserves in *Chenopodium quinoa*. *Annals of Botany.*, 82, 481-488.
- Gallardo, M.; Gonzales, A. y Ponessa, G. (1997). Morfología del fruto y semilla de *Chenopodium quinoa* Willd. (*Quinoa*). *Chenopodiacea*. *Lilloa* 39, 1.
- Código Alimentario Argentino (CAA), Capítulo IX: Alimentos farináceos-cereales, harinas y derivados, artículo 658, inciso 6.

Capítulo 5

ALMIDÓN

Edgardo Calandri

El almidón es la principal sustancia de reserva en vegetales. Se encuentra en tubérculos como la papa, la batata y la mandioca, y en todos los cereales, en donde representa entre 60 y 70% de su composición química. Si bien la quinoa no es un cereal, dado que pertenece a las quenopodiáceas, su contenido en almidón es próximo a aquellos valores, motivo por el cual se lo denomina “pseudocereal”. Algunas personas perciben a este apelativo como peyorativo, dado que el prefijo “pseudo” se traduce como falso; pero no hace más que reafirmar, desde el punto de vista botánico, que la quinoa no pertenece al grupo de los cereales, lo cual es absolutamente cierto.

Los almidones son, hoy por hoy, las principales fuentes de energía del ser humano en todo el planeta (Fennema, 1993). Se trata en realidad de un polisacárido, es decir un polímero cuya unidad constitutiva es la molécula de glucosa. Dado que las macromoléculas no pueden ser adsorbidas como tal por el organismo, el almidón sufre durante su digestión, un proceso de hidrólisis que comienza en la boca y culmina en el intestino delgado con la liberación de la glucosa. Este proceso tiene lugar con la mediación de varias enzimas amiláceas.

El almidón presenta dos tipos de cadenas poliméricas, una es lineal y se llama *amilosa* y la otra presenta ramificaciones y se la conoce como *amilopectina* (figura 1).

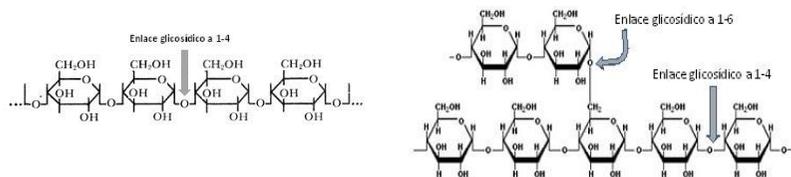


Figura 1. Cadenas de amilosa y de amilopectina

La amilosa presenta cadenas cuya longitud puede variar de 1000 a 10,000 unidades de glucosa. Dado su escasa ramificación (< 0,5%) las soluciones de este polímero tienden a agregarse, formando precipitados (retrogradación). La amilopectina es una molécula sustancialmente mayor, pudiendo estar constituida por más de un millón de unidades de glucosa (L. Copeland et al., 2009). La estructura de la amilosa semeja a la de un resorte, mientras que el de la amilopectina a un árbol y sus ramas.

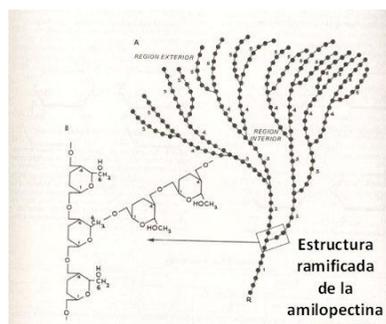


Figura 2. Estructuras de la amilosa y la amilopectina

Dentro del tejido vegetal ambas moléculas se encuentran íntimamente vinculadas, formando lo que se denomina *gránulo*

de almidón, una estructura de anillos concéntricos (Figura 3A), que recuerdan a las capas de una cebolla:

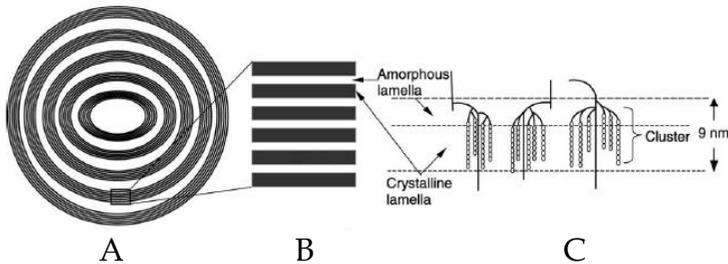


Figura 3. Estructura del gránulo de almidón

Cada capa es un anillo de crecimiento, consecuencia de la elaboración diaria de almidón, durante la etapa de fotosíntesis (French et al., 1972). Como se puede apreciar de las representaciones B y C de la figura 3, cada anillo es una estructura compleja con regiones cristalinas, formadas por las cadenas de amilopectina alternando con zonas amorfas, constituidas por los extremos ramificados de la amilopectina y las cadenas de amilosa, en disposiciones desordenadas (Copeland et al., 2009). El tamaño de estos gránulos de almidón depende de la especie vegetal. Los cereales tradicionales, como el trigo, el maíz y el arroz, presentan tamaños superiores a las 5 micras y pueden llegar hasta 40 μm o más (Badui, 2006). En el caso de la quinoa los gránulos son muy pequeños, menores a 2 μm (Lindeboom et al., 2005). La micrografía de la figura 4a. muestra los gránulos de almidón nativo, extraído de semillas de quinoa salteña (Cervilla et al., resultados no publicados):

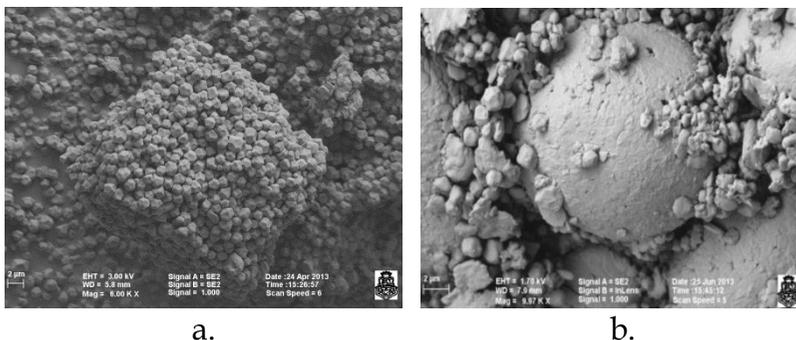


Figura 4. Microfotografías de gránulos de almidón

Las harinas obtenidas de esas mismas semillas mostraron estos gránulos ahora reunidos en grandes aglomerados, como puede verse en la siguiente en la figura 4b. Allí se perciben sus formas poliédricas, sobre la superficie del glómérulo (Cervilla et al., resultados no publicados).

Los aspectos termodinámicos del almidón son de gran importancia técnica, ya que nos permite anticipar su comportamiento en las condiciones que usualmente se dan durante la cocción. La imagen de la figura 5 muestra curvas de calorimetría diferencial de barrido (DSC) del mismo almidón de quinoa. El pronunciado pico negativo a 61 °C corresponde a la gelatinización del almidón, proceso que consumió 2 J/g iniciándose a los 55 °C y terminando a 70 °C (Storani y Martini, 2010). Estos últimos valores resultaron próximos a los del maíz (Badui, 2006), aunque pueden encontrarse diferencias significativas entre diferentes variedades de quinoa (Lindeboom et al., 2005). La temperatura de gelatinización y la energía empleada en esa transformación son indicadores útiles para estimar las condiciones de cocción. En un proceso de

mezclando, durante la preparación de un alimento, los cambios en el comportamiento reológico del almidón tiene gran importancia, tanto para la definición de las características finales del producto, como para los cálculos de gasto energético, vinculados con el proceso.

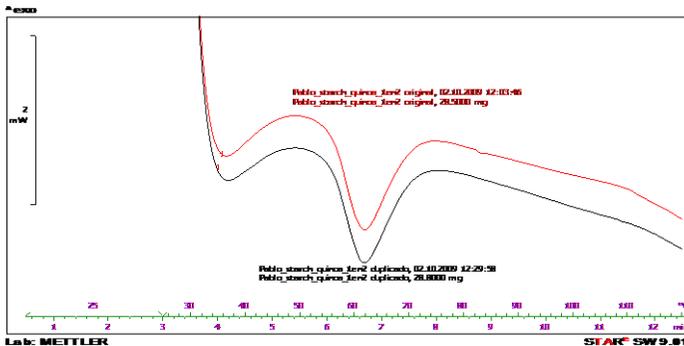


Figura 5. DSC de almidón de quinoa

En este sentido, las técnicas mixográficas pueden aportar un conocimiento valioso. Nuestro grupo realizó estudios comparativos de pasting entre almidón de quinoa y otros almidones comunes (Cervilla et al.). Los resultados presentados en la figura 6, muestran claras diferencias en comportamiento reológico del almidón de quinoa, comparado con el de otros almidones comunes.

Fundamentalmente, llama la atención la escasa caída de la viscosidad luego del pico, que destaca respecto a las curvas de los restantes almidones. Tal reducción en la viscosidad se asocia con la ruptura de los granos de almidón, luego de

adsorber suficiente agua durante la cocción, que en el caso del almidón de quinoa se ve notablemente morigerado.

El efecto moderador de la caída en viscosidad que parece ejercer el almidón de quinoa, se ve acentuado en las harinas del grano. Las curvas de la figura 7 corresponden a 5 lotes de harinas de semillas de quinoa salteñas, cosechadas entre los años 2007 y 2011 (Cervilla, resultados no publicados). Vemos que en ellas la viscosidad parece crecer siempre, no observándose claramente el pico, a excepción del lote 2009. Estos resultados también contrastan con los de harinas provenientes de cereales comunes, en donde hay una clara disminución, luego del pico de viscosidad (Blason y Blakeney, 2009).

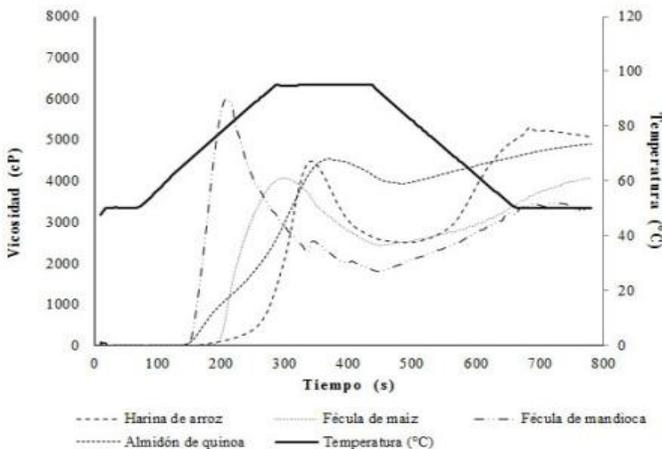


Figura 6. Curvas de pasting de harina de arroz, féculas de mandioca y maíz y almidón de quinoa.

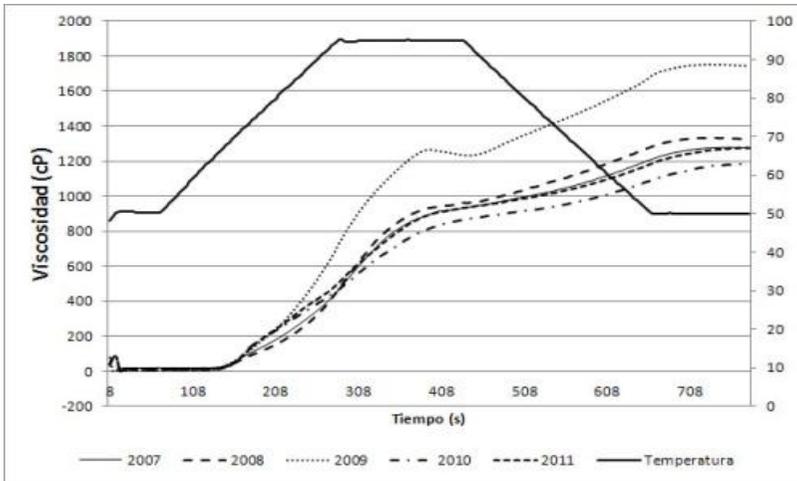


Figura 7. Curvas de pasting de harinas de quinoa

En nuestro grupo se ha desarrollado un proceso para la obtención del almidón de quinoa, basado en la molienda húmeda de este grano. La semilla recibe un lavado previo para remover el grueso de las saponinas presentes y luego se deja en remojo a fin de lograr el hinchado del germen. Esto permite su separación eficiente del almidón contenido en el endosperma, mediante la acción de un molino de rodillos. Una vez realizada la separación, el almidón es lavado y llevado a un secador spray, lográndose una pureza del 98% y un rendimiento global del 70% (Storani y Martini, 2010).

El almidón de quinoa presenta propiedades muy interesantes para su aplicación en la industria alimenticia (Ahamed Th. et al., 1996), de sabores (Tari y Singhal, 2002; Tari et al., 2003) y en películas biodegradables (Ahamed et al., 1996). Debemos

resaltar aquí que el mismo proceso arriba permite también obtener germen de quinoa, cuyas características se discuten en otro capítulo de este libro y que posee un elevado valor alimenticio.

Referencias bibliográficas

- Ahamed N. Th., Singhal R.S., Kulkarni P.R., Kale D. D., Palb M. Studies on *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus paniculatas* starch as biodegradable fillers in LDPE films. 1996. *Carbohydrate Polymers*. 31, 157-160
- Ahamed Th. , Singhal R. S., Kulkarni P. R., Palb M. Physicochemical and functional properties of *Chenopodium quinoa* starch. 1996. *Carbohydrate Polymers*. 31, 99-103
- Blason M. L. and Blakeney A. B. Grain and grain products. En: *The RVA handbook*. 2009. G. B. Crosbie and A. S. Ross (ed.).
- Copeland L., Blazek J., Salman H., Chiming Tang M. Form and functionality of starch. 2009. *Food Hydrocolloids*. 23, 1527-1534
- French, D. Fine structure of starch and its relationship to the organization of starch granules. 1972. *Denpun Kagaku* 19, 8-25
- Lindeboom N., Chang P. R., Falk K. C., Tyler R. T. Characteristics of Starch from Eight Quinoa Lines. 2005. *Cereal Chem*. 82(2):216-222
- Martini J. M. y Storani F. Desarrollo del proceso de obtención de almidón a partir de granos de *Chenopodium Quinoa Willd.* mediante la utilización de métodos químicos, físicos y/o enzimáticos. Tesis de grado. 2010.
- Owen R. Fennema. *Química de los Alimentos*. Acribia, 1993. 84-85
- Salvador Badui Dergal. *Química de los Alimentos*. 206. Pearson, 4^o edición. Pág. 83
- Tari A. T., Annapure U. S., Singhal R. S., Kulkarni P. R. Starch-based spherical aggregates: screening of small granule sized starches for entrapment of a model flavouring compound, vanillin. 2003. *Carbohydrate Polymers* 53, 45-51
- Tari A. T., Singhal R. S. Starch-based spherical aggregates: stability of a model flavouring compound, vanillin entrapped therein. 2002. *Carbohydrate Polymers* 50, 417-421

Capítulo 6

ACEITE

Romina Mufari

6.1 Lípidos

Los lípidos se encuentran ampliamente distribuidos en animales y vegetales, son sustancias insolubles en agua y están compuestos principalmente por ácidos grasos (ácidos orgánicos monocarboxílicos), también se encuentran fosfolípidos, glicolípidos y lipoproteínas. También se consideran lípidos compuestos a esteroides, terpenos, pigmentos carotenoides y vitaminas liposolubles, entre otros. Los ácidos grasos se dividen en dos grandes grupos los saturados y los insaturados. Estos últimos, poseen dobles ligaduras entre los carbonos de las cadenas (Blanco, 2002).

Estos lípidos cumplen diversos roles en la alimentación humana. Son la principal fuente de reserva energética, son constituyentes de las membranas celulares y vehiculizan diversos compuestos como las vitaminas liposolubles. Además, numerosas sustancias de actividad fisiológica están relacionadas con estos compuestos, como las hormonas, vitaminas y ácidos biliares. La dieta debe proveer los ácidos grasos esenciales, que son linoleico, linolénico (en la configuración *cis* reducen los niveles de colesterol en sangre) y araquidónico (indispensable para la síntesis de prostaglandinas) (Blanco, 2002; Masson y Mella, 1985).

6.2 Extracción y consumo de aceites

Existen tres procesos de extracción de aceites de vegetales: los de prensa hidráulica, prensa de expulsión y extracción por solvente (Erickson *et al.*, 1980).

La extracción por solvente, va en aumento, por ser económica y de alto rendimiento. Se trabaja con solventes volátiles purificados como éter de petróleo, heptano o hexano, este último es el más utilizado tradicionalmente.

Según la actualización estadística de Oil World se espera que en la actual campaña 2014/2015, el consumo mundial de aceites vegetales sea levemente superior a la producción mundial, produciéndose una reducción del stock final mundial de aceites vegetales (Calzada, 2014). Esta situación es óptima para la incorporación de nuevos aceites para cubrir la demanda creciente a nivel mundial.

Actualmente se ha impuesto una nueva tendencia gourmet, el uso de aceites vegetales alternativos, que produzcan beneficios para la salud y brinden nuevos sabores y sensaciones a las comidas.

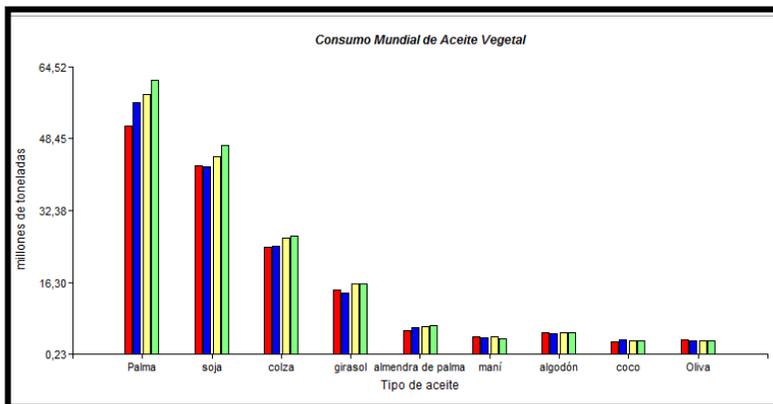


Figura 1. Consumo mundial de aceite vegetal años 2011-2014

6.3 Aceite de quinoa

El aceite de quinoa es un aceite vegetal extraído a partir del germen o harina integral de semillas de *Chenopodium quinoa*. Por lo general, se obtiene por extracción con solvente.

La quinoa contiene cantidades relativamente altas de grasas entre 6-9% en comparación con otros cereales, como maíz que contiene 3-4% (Koziol, 1993), es rica en vitamina E, un antioxidante natural, que protege a los lípidos de la oxidación (Repo-Carrasco *et al.*, 2003).

La composición de ácidos grasos es semejante a la soja y al maíz, contiene elevada cantidad de ácido oleico, linoleico y palmítico (Wood *et al.*, 1993). A pesar de tener una composición rica en ácidos grasos insaturados, las elevadas cantidades de vitamina E previenen la oxidación rápida de los lípidos y hacen que sea estable y de mayor vida útil (Ng *et al.*, 2007).

La calidad del aceite es buena por el alto porcentaje de ácidos grasos insaturados, aproximadamente un 90%, de los cuales 50-56% corresponde a ácido linoleico (omega 6), 22-25% ácido oleico (omega 9) y 5-7% ácido linolénico (omega 3) (Abugoch James, 2009).

Por estas características los aceites de quinoa ayudan a reducir el colesterol malo (LDL) y elevar el colesterol bueno (HDL), aspecto que la convierte en una fuente potencial para la producción de aceite como derivado. También para uso como aceite vegetal fino, para el uso culinario y cosmético (Quiroga *et al.*, 2014).

El rendimiento promedio de aceite de quinoa, depende del lugar de cosecha, con valores que oscilan entre 200-5000 kg/ha, y pueden ser mayores cuando se emplea fertilización (Wahli, 1990). Por ello, la producción de aceite de quinoa podría ser semejante a la del maíz.

6.4 Proceso de extracción

Se trabaja con semillas de quinoa provenientes del departamento La Poma, Salta, Argentina; cosecha octubre 2010. Se realiza un proceso de selección y limpieza de los frutos (tamizado), lavado por flujo de agua continuo (desaponificado), secado en lecho fluidizado, determinación y ajuste de humedad para la molienda de las semillas según la metodología descrita por Cervilla *et al.*, (2010).

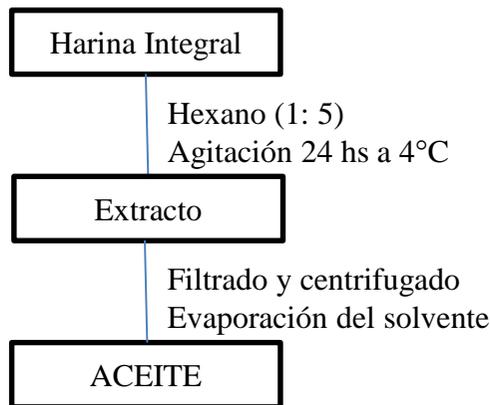


Figura 2. Proceso de extracción de aceite

Tabla 1. Contenido lipídico de harina integral y semilla de quinoa.

MUESTRA	Lípidos
Harina Integral	8,89
Semilla	8,83

El rendimiento de extracción por solvente del aceite de quinoa, oscila entre 79-81%. Se obtienen aproximadamente 7,10 g aceite cada 100 g harina integral de quinoa.

Tabla 2. Composición relativa de ácidos grasos determinada por cromatografía gaseosa.

Ácido graso	Quinoa	Quinoa*	Soja*	Maíz*
Ác. Mirístico	14:0 Nd	0,13	0,10	
Ác. Palmítico	16:0 9,16	8,25	10,30	10,90
Ác. Esteárico	18:0 1,03	0,64	3,80	1,80
Ácido Oleico (ω 9)	18:1 27,64	23,15	22,80	24,20
Ác. Linoleico (ω 6)	18:2 54,98	51,88	51,00	58,00
Ác. Linolénico (ω 3)	18:3 5,67	8,35	6,80	0,70
Ác. Araquídico	20:0 0,33	0,56		
Ác. Gondólico	20:1 1,19	1,75	0,20	

nd= no se detectó. * Valores extraídos de Wood et al., 1993.

Tabla 3. Clase y composición de ácidos grasos presentes.

Totales seleccionados y relaciones		
Ácidos grasos	Saturados	10,52
	Monoinsaturados	28,83
	poliinsaturados	60,65
	$\omega 3/\omega 6$	0,1
	poliinsaturados/saturados	5,77

La **Tabla 3** se presentan los resultados obtenidos para los distintos tipos de ácidos grasos presentes en este aceite. Se comprueba que los ácidos grasos insaturados son lo más abundantes, comprendiendo aproximadamente el 90%; por lo que el cociente insaturados/saturados arrojó valores elevados, siendo la mayor parte ácido oleico y linoleico (**Tabla 2**). También puede apreciarse que la composición de ácidos grasos se asemeja a la de soja y en menor medida a la de maíz.

6.5 Estabilidad oxidativa

La estabilidad oxidativa de aceites y grasas puede estimarse mediante ensayos acelerados de oxidación, midiéndose la variación de ciertos parámetros físico-químicos en el tiempo. Los resultados así obtenidos pueden relacionarse con la vida útil o de anaquel. La velocidad de oxidación o de deterioro de las grasas y aceites depende de las características propias de los lípidos constitutivos y de las condiciones de almacenamiento (Gutiérrez Rosales, 1989).

En lo que respecta a la estabilidad del aceite, el ensayo realizado permitió obtener los siguientes resultados:

Tabla 4. Efectos del almacenado bajo condiciones de oxidación acelerada a 60°C en los parámetros de calidad de aceite medidos.

Tiempo	Índice de peróxidos	Índice de Acidez	k 232	%AAT
0	1,62	0,151	3,62	88
2	2,73	0,164	6,18	87
4	3,77	0,164	9,03	86
6	4,67	0,166	11,30	85
8	6,56	0,270	13,70	81
10	7,67	0,291	18,49	80
12	10,35	0,319	18,85	78

Los resultados fueron expresados como la media (n=3).

El índice de peróxidos se expresa en meq de oxígeno/ kg de aceite, el índice de acidez en % ác. Oleico/ g de aceite, %AAT es el porcentaje de actividad antiradicalaria.

El índice de peróxidos permite conocer el grado de alteración sufrido por el aceite, dado que los compuestos primarios formados durante la oxidación de los aceites, son peróxidos e hidroperóxidos. Si consideramos las reglamentaciones vigentes en la República Argentina, (Código Alimentario Argentino, C.A.A.) y el Codex Alimentarius (para aceites que no poseen legislación en particular, como es el caso del aceite de Quinoa), se establecen índices de peróxidos máximos de 10 y 15 meq de oxígeno/Kg de aceite, respectivamente. Para el aceite crudo

el valor de 10 meq/kg recién fue alcanzado a los 12 días de almacenamiento (Figura 3). Según Evans, List, Moser and Cowan (1973) 24 hs de almacenamiento bajo las condiciones indicadas, equivalen a un mes de almacenamiento en condiciones normales de góndola de supermercados. De acuerdo con ellos, el aceite de quinoa tendría así una duración en anaquel, no menor a 10 meses, según el C.A.A. y podría ser aún mayor, si se tomara como referencia el Codex.

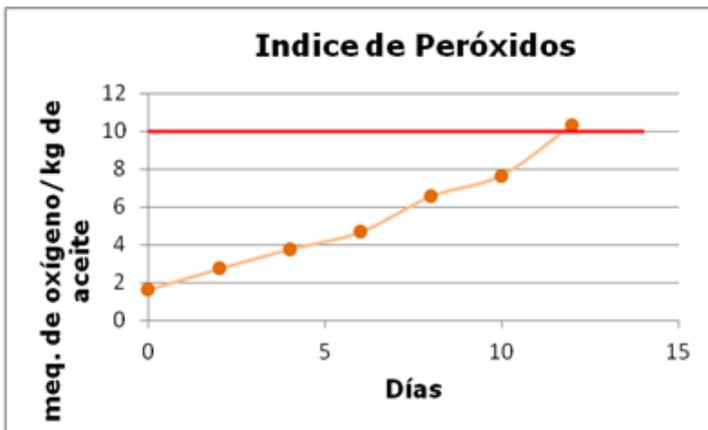


Figura 3. Evolución del índice de peróxidos del aceite de quinoa crudo.

La hidrólisis de los triglicéridos, ya sea química o enzimática, libera los ácidos grasos del glicerol y aumenta la acidez libre. El aceite crudo de quinoa mostró un índice de acidez constante hasta el sexto día y luego creció rápidamente, alcanzando el máximo admitido por el C.A.A. de 0,3%, a los 10 días de iniciado el ensayo (Figura 4). Esto equivale, también según los

autores arriba citados, a 10 meses de almacenamiento en condiciones de góndola.

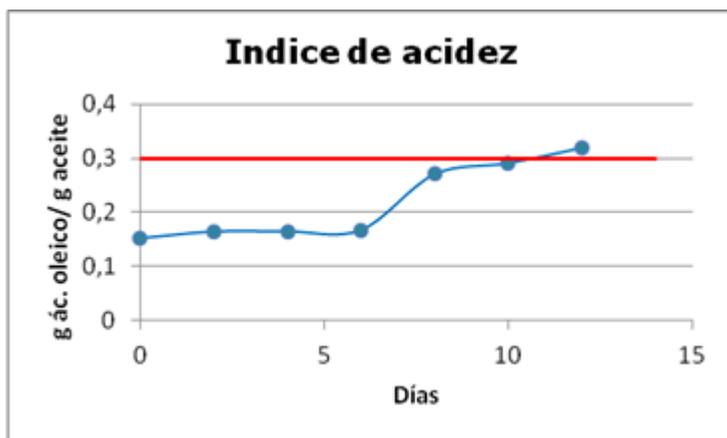


Figura 4. Evolución del índice de acidez del aceite de quinoa crudo.

En lo que respecta al coeficiente de extinción específica K232 (**Gráfico 3**), este muestra una evolución similar al índice de peróxidos, ya que los dienos conjugados se forman como producto del ataque radicalario a los ácidos grasos poliinsaturados (en especial del ác. linoleico). La isomerización y la formación radicales más estables, derivan en los mencionados dienos conjugados. Su presencia refleja la formación de productos primarios de oxidación lipídica como los peróxidos e hidroperóxidos.

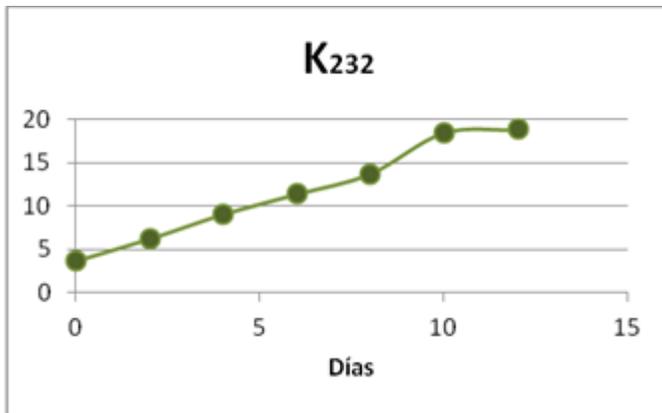


Figura 5. Evolución del coeficiente de extinción específica K_{232} .

El porcentaje total de actividad antirradicalaria, proporciona una medida de la capacidad de los aceites para estabilizar radicales libres. El aceite crudo presentó buena actividad, con un 87% de inhibición al inicio de la experiencia, la disminución de su actividad fue del 10 % aproximadamente, a los 12 días de iniciado el experimento, por lo que podemos inferir una concentración elevada de sustancias antioxidantes naturalmente presentes en el aceite.

Los resultados obtenidos son promisorios, considerando que el aceite no fue aditivado con antioxidantes que retardan la oxidación natural de los mismos, ni se inactivaron las enzimas lipolíticas endógenas. El aceite crudo fue estable, a lo largo del ensayo realizado; como era de esperar debido a la presencia de compuestos antioxidantes, tales como tocoferoles y flavonoides propios de la quinoa.

Referencias bibliográficas

- Abugoch James, L.E. (2009) Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties. *Advances in Food and Nutrition Research*, 58, 1-31.
- Blanco, A. (2002) *Química Biológica*, Séptima edición, Ed. El Ateneo. Capítulo 5, Lípidos, páginas 77-94.
- Calzada, J. (2014) Firme consumo mundial de aceites vegetales 2014/2015. Informativo semanal BCR, Año XXXII N°1681.
- Cervilla, N.S., Mufari, J.R., Calandri, E.L., Guzmán, C.A. (2010) Evaluación del contenido proteico en harina de quinoa sometida a cocción vía húmeda durante diferentes tiempos. II Jornadas Internacionales de Actualización en Nutrición y tecnología de Alimentos, Córdoba.
- Codex
- Código Alimentario Argentino (CAA), Capítulo VII: Alimentos grasos aceites alimenticios. Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Capitulo_VII.pdf
- Erickson, D., Pryde, E., Brekke, O., Mounts, T. y Falb, R. (1980) Manual de procesamiento y utilización de aceite de soya. Asociación Americana de Soya. Cuauhtecmoc. México.
- Evans, C.D., List, G.R., Moser, H.A., Cowan, J.C. (1973) long term storage of soybean and cottonseed salad oils. *J. Am. Oil Chem. SOC*, 50, 2, 18-222.
- Gutiérrez Rosales, F. (1989) Determinación de la estabilidad oxidativa de aceites de Oliva Vírgenes: Comparación entre el método del oxígeno activo (AOM) y el método Rancimat. *Grasas y aceites*, 40, 1-5.
- Koziol, M. J. (1993). Quinoa: A potential new oil crop. In "New crops", J. Janick and J.E. Simon, Eds., Wiley, New York, p. 328-336.
- Masson, L. y Mella, M. (1985) Materias grasas de consumo habitual y potencial en Chile. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacéuticas. Ed. Universitaria, Universidad de Chile.
- Ng, S., Anderson, A., Cokera, J., and Ondrusa, M. (2007). Characterization of lipid oxidation products in quinoa (*Chenopodium quinoa*), *Food Chem.*, 101 (1), 185-192.
- Quiroga, C., Escalera, R., Aroni, G., Bonifacio, A., González, J.A., Villca, M., Saravia, R., Ruiz, A., (2014). Procesos tradicionales e innovaciones tecnológicas en la cosecha, beneficiado e industrialización de la quinua. Capitulo Numero 3.1. IN: BAZILE D. et al. (Editores),

“Estado del arte de la quinua en el mundo en 2013”: FAO (Santiago de Chile) y CIRAD, (Montpellier, Francia): pp. 288.

- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., and Jacobsen, S. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Rev. Int.*, 19, 179-189.
- Wahli, C. (1990) Quinoa: hacia su cultivo comercial. Latinreco S.A. ISBN: 9978-9901-3-5.
- Wood, S.G., Lawson, L.D., Fairbanks, D.J., Robinson L.R., and Andersen, W.R. (1993). Seed lipid content and fatty acid composition of three quinoa cultivars. *of Food Composition and Analysis*, 6, 41-44.

Capítulo 7

AISLADO PROTEICO

Romina Mufari

7.1 Proteínas y péptidos

Las proteínas son de máxima importancia entre las moléculas constituyentes de los seres vivos, prácticamente todos los procesos biológicos dependen de la presencia y/o actividad de las mismas.

Las proteínas son macromoléculas formadas por la unión de aminoácidos mediante enlaces peptídicos. Adoptan estructuras complejas, con cuatro niveles de organización: primaria (secuencia de aminoácidos), secundaria (disposición espacial regular y repetitiva), terciaria (arquitectura tridimensional) y cuaternaria (uniones de dos cadenas polipeptídicas) (Blanco, 2002).

Las proteínas son indispensables en la dieta, no por el aporte energético como los glúcidos y lípidos, sino que poseen una función estructural. El valor biológico de las mismas depende de la cantidad de aminoácidos esenciales que contengan. Los aminoácidos esenciales son: fenilalanina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, treonina, triptófano y valina. En el caso de embarazadas y lactantes también deben ingerirse arginina e histidina, ya que la tasa de síntesis no cubre las demandas incrementadas en este grupo de individuos (Blanco, 2002).

Además de su rol biológico, son importantes sus propiedades funcionales. Se define como toda propiedad nutricional o no, que le confiere características tecnológicas deseables a un producto dado. Pueden mencionarse las propiedades de hidratación gelificación, emulsificación, espumación, entre otros (Cheftel *et al.*, 1989).

Tabla 1. Aplicaciones de las propiedades funcionales de las proteínas en alimentos

FUNCION	PROPIEDAD FISICO/QUIMICA	ALIMENTO	TIPO DE PROTEINA
Solubilidad	Hidrofilicidad, carga neta.	Bebidas	Proteínas de suero, aislados proteicos.
Viscosidad	Hidrofilicidad, hidrodinámica del tamaño y forma.	Sopas, salsas, postres y aderezos.	Gelatina, soja.
Absorción de agua	Hidrofilicidad	Salchichas, pasteles y panes.	Proteínas musculares o de huevo.
Gelación	Atrapamiento de agua, formación de redes.	Cárnicos, geles, pasteles, panadería, quesos.	Proteínas musculares, del huevo y de la leche.
Adhesión-Cohesión	Hidrofobicidad, interacciones iónicas y puentes de hidrógeno.	Cárnicos, salchichas, pastas, panificación.	Proteínas musculares, proteínas del huevo y proteínas del suero.
Elasticidad	Interacciones hidrofóbicas, puentes disulfuro.	Panadería y cárnicos.	Proteínas musculares, gluten y proteínas de cereales.
Emulsificación y espumado	Hidrofobicidad, hidrofilicidad, flexibilidad y rigidez, tamaño, estructura. Adsorción interfacial y formación de películas.	Mayonesa, aderezos. Merengues, helados y productos batidos.	Proteínas musculares, huevos, leche y soja. Aislados proteínicos de soja y ajonjolí. Leche y huevo.
Capacidad de ligar grasa y sabores	Interacciones hidrofóbicas, atrapamiento.	Productos de panadería bajos en grasa, donas.	Proteínas lácteas, de huevo, gluten y proteínas de cereales.

Fuente: Phillips *et al.*, 1985

La industria alimentaria se encuentra en la búsqueda de proteínas alternativas que puedan competir con las que

actualmente dominan el mercado y que posean características nutritivas, funcionales y sensoriales adecuadas para utilizarse en el desarrollo de nuevos productos alimenticios. Esta búsqueda se centra más hacia las proteínas vegetales que tradicionalmente han desempeñado un papel importante en la nutrición humana particularmente en países en desarrollo donde el consumo promedio de proteínas es menor al requerido para garantizar un buen estado nutricional (Giese, 1994).

La forma más común de comercializar estas fuentes proteicas es la producción de aislados proteicos que tienen diversas aplicaciones tales como ingredientes y aditivos o suplementos alimentarios y cuyas propiedades dependen del número y tipo de proteínas presentes, así como de su pureza.

El Código Alimentario Argentino, CAPÍTULO XIX denominado HARINAS, CONCENTRADOS, AISLADOS Y DERIVADOS PROTEÍNICOS, Artículo 1410 define como "**Concentrados proteínicos** de origen vegetal a los productos resultantes de la separación de la mayor parte de los componentes de las semillas que no sean las proteínas y que se obtienen a partir de las harinas descriptas en el Artículo 1407 o bien de las semillas utilizadas como materia prima. Deberá contener como mínimo 70 por ciento de proteínas sobre base seca y cumplir con los requisitos de valor nutritivo e inocuidad establecidos para las harinas" y según el Artículo 1411 se define como "**Aislados proteínicos** de origen vegetal a los productos resultantes de la separación de la mayor parte de los

compuestos de las semillas que no sean las proteínas y que se obtienen a partir de las harinas descritas en el Artículo 1407 o bien de las semillas utilizadas como materia prima. Deberá contener como mínimo 90 por ciento de proteínas sobre base seca.

7.2 Métodos de obtención de aislados y concentrados proteicos

Se pueden mencionar varios métodos para obtener aislados (Pincioli, 2010):

- *Extracción alcalina*: se trabaja con soluciones diluídas de hidróxido de sodio o potasio o buffers, con pH entre 8 y 11, dependiendo del material del material de partida. Luego esa fracción soluble de proteínas se precipita a pH ácido.
- *Extracción enzimática*: con proteasas o carbohidrasas, o con varias enzimas combinadas, en este caso la proteína suele perder sus condiciones nativas.
- *Extracción física*: se producen suspensiones coloidales, con o sin el agregado de un agente detergente y luego se separan por centrifugación. Este método no produce alteraciones en las proteínas pero son los de menor rendimiento de recuperación y los más costosos.

7.3 Aislados y concentrados proteicos de quinoa

El proceso de obtención de aislados proteicos de quinoa, se realiza a partir de harina integral o de harina de germen, evaluando diferentes condiciones de obtención, así como el rendimiento y pureza de cada producto.

Solubilidad proteica en función del pH

Se realizaron extracciones proteicas con buffers de fuerza iónica constante ($\gamma=0,5$), con un rango de pH de 3 a 11.

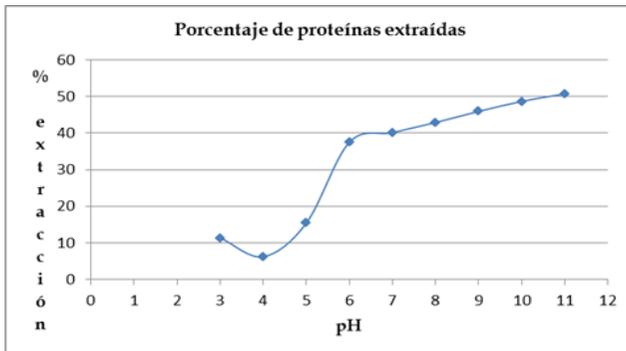


Figura 1. Porcentaje de proteínas extraídas a diferentes pH

La mejor extracción de proteínas se produce en soluciones alcalinas, aumentando el porcentaje de extracción a medida que se incrementa el pH de la solución.

Extracción alcalina

Se ensayaron condiciones de extracción con soluciones de hidróxido de sodio de pH 9 a 11 y las mismas soluciones con la fuerza iónica ajustada ($\gamma=0,5$), obteniéndose un rendimiento de

extracción superior en las soluciones de hidróxido de sodio de baja fuerza iónica, logrando un rendimiento de extracción del 59% a pH 11.

Tabla 2. Porcentajes de extracción proteica con soluciones alcalinas.

Condiciones	pH 9	pH 10	pH 11
Hidróxido de Sodio	42,19	50,04	58,95
Buffer $\gamma=0,5$	45,92	48,66	50,73
Hidróxido de Sodio $\gamma=0,5$	42,33	45,87	47,68

A mayor pH de extracción pueden modificarse la estructura de las proteínas o producirse pérdidas de aminoácidos esenciales, modificando las propiedades nutricionales y funcionales de estas proteínas. Por lo que se debe realizar un análisis donde se considere un equilibrio entre mayor rendimiento de extracción posible con las mínimas pérdidas nutricionales o donde se potencien los atributos funcionales buscados en el aislado proteico final.

Extracción enzimática

Se trabajó con enzimas carbohidrasas, se adicionaron amilasas y celulasas para digerir tanto el almidón como la celulosa. Las enzimas se disolvieron en buffer acetato de sodio pH 5 y la digestión enzimática se realizó a 40 °C.

Ensayos Planteados

- § Adición de todas las enzimas amilasas y las celulasas, digestión por 72 hs.
- § Doble digestión enzimática, en las mismas condiciones anteriormente mencionadas.
- § Adición secuencial de enzimas, primero celulasas por 24 hs. luego amilasas por 48 hs.
- § Adición secuencial de enzimas, primero celulasas por 24 hs. luego amilasas por 48 hs, previa centrifugación para eliminar las celulasas.
- § Adición de las enzimas en una solución buffer pH 5 que contiene 15 mg/mL de proteínas de quinoa, por 72 hs.

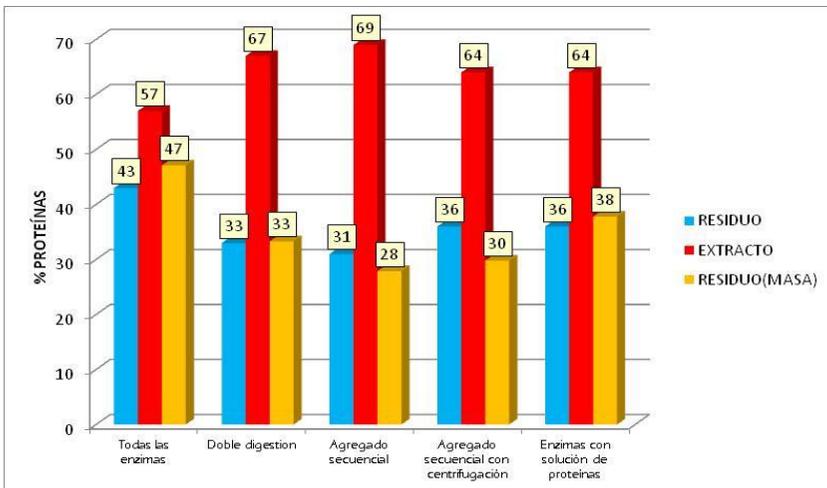


Figura 2. Porcentajes de extracción proteica con enzimas.

Para las distintas alternativas de digestión, se solubiliza entre un 57-69% de la proteína total, pero esta queda contenida en una mezcla de azúcares y enzimas, lo que dificulta la posterior precipitación o purificación de las proteínas.

Además queda una fracción insoluble que representa entre 36-43% de contenido proteico, aún después de los tratamientos con las enzimas carbohidrasas.

Este método incrementa los costos y tiene una manipulación más compleja de la muestra, pero no se obtiene una mejora sustancial en la extracción de las proteínas de la matriz de harina de quinoa.

En función a lo obtenido se eligió trabajar con soluciones de hidróxido de sodio, con baja fuerza iónica, por ser el método más económico y se obtuvieron resultados promisorios.

7.4 Optimización de la obtención de aislados proteicos

Extracción alcalina

Se ensayaron distintos tiempos de extracción (15, 30 y 60 minutos), distintos pH (pH 9, 10 y 11), distintas relaciones muestra/solvente (1:5, 1:10 y 1:20), distintas temperaturas (20, 40 y 50). Se comparó también la agitación magnética con el ultrasonido.

Se obtiene la mayor solubilización de proteínas a pH 11, con una relación muestra/solvente 1:20, a temperatura de 50 °C. El tiempo de agitación no tiene influencia en la extracción por lo que se optó por trabajar con el menor tiempo ensayado. La

agitación magnética, que puede ser reemplazada por agitación mecánica, produce mejores extracciones.

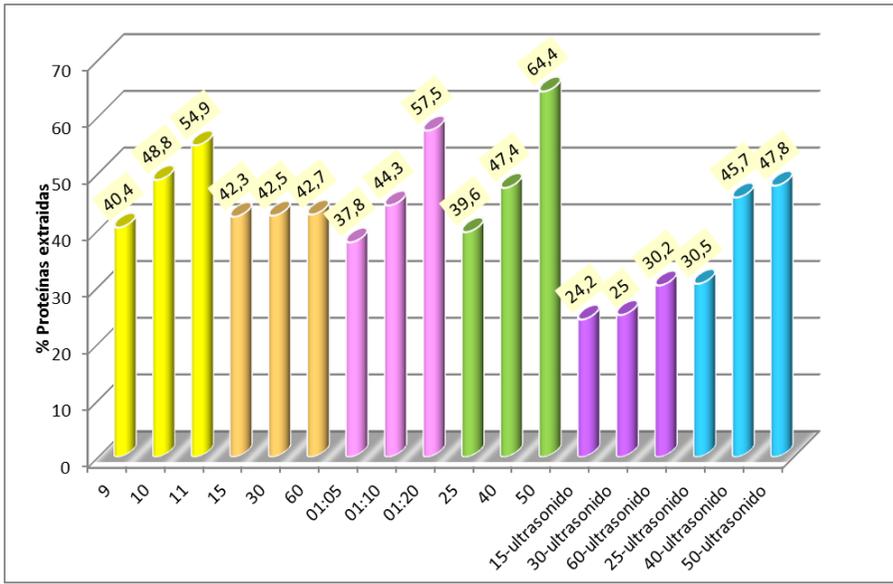


Figura 3. Proteínas solubilizadas en las diferentes condiciones de trabajo.

Precipitación isoeléctrica

Determinación del punto isoeléctrico promedio de la fracción de proteínas solubles de quinoa.

Se realizó un extracto proteico en condiciones alcalinas y cada fracción se neutralizó a distintos pH entre 2 y 7, el rango de pH de mayor precipitación fue entre 4 y 4,5; se tomó como punto isoeléctrico promedio 4,25.

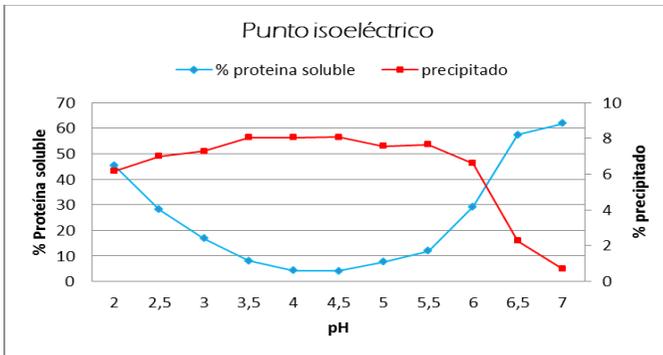


Figura 4. Determinación de punto isoeléctrico promedio.

Con estos ensayos previos se realizaron *aislados proteicos* a partir de harina de quinoa a pH 9, 10 y 11, los cuales tienen una pureza superior al 80% y el rendimiento global entre 17 y 21%.

Las mejores condiciones permiten extraer aproximadamente el 70% de las proteínas totales, a pH 11, en relación 1:20, 15 minutos de agitación a 50 °C, con agitación magnética.

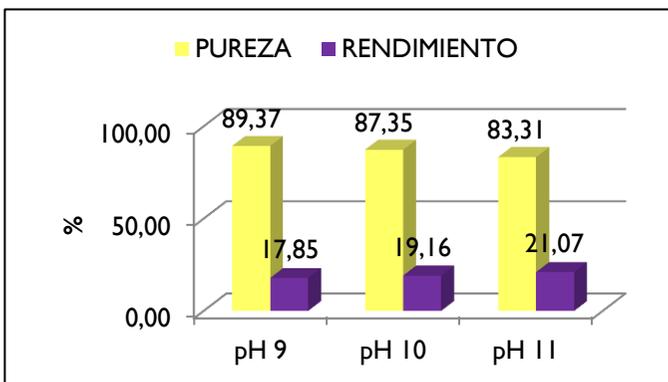


Figura 5. Pureza y rendimiento de obtención de aislados proteicos.

7.5 Caracterización de la fracción proteica

Marcha analítica de solubilidad

Se realizó una caracterización de fracciones proteicas en función de la solubilidad en distintos solventes, agua (albúminas), buffer fosfato pH 7,5 (globulinas), hidróxido de sodio (glutelinas) y etanol al 70% (prolaminas), hallándose las siguientes proporciones 25, 22,5, 28 y 7 % respectivamente. Quedando un residuo (17,5%) formado por las proteínas de mayor peso molecular que son insolubles.

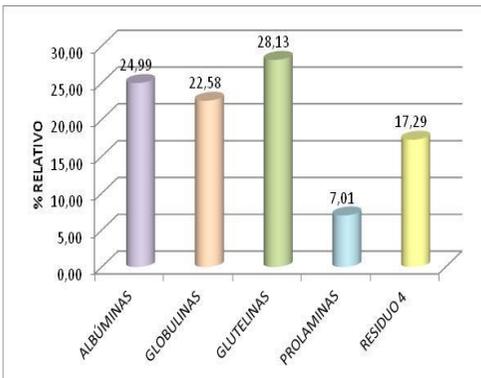


Figura 6. Porcentaje de proteínas totales en cada fracción proteica.

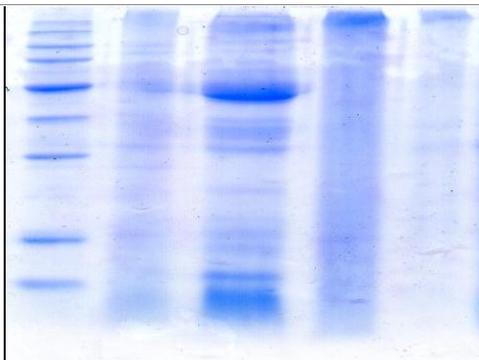


Figura 7. Electroforesis SDS PAGE de las distintas fracciones proteínas.

Carril 1: patrón

Carril 2: Albúminas

Carril 3: Globulinas

Carril 4: Glutelinas

Carril 5: Prolaminas

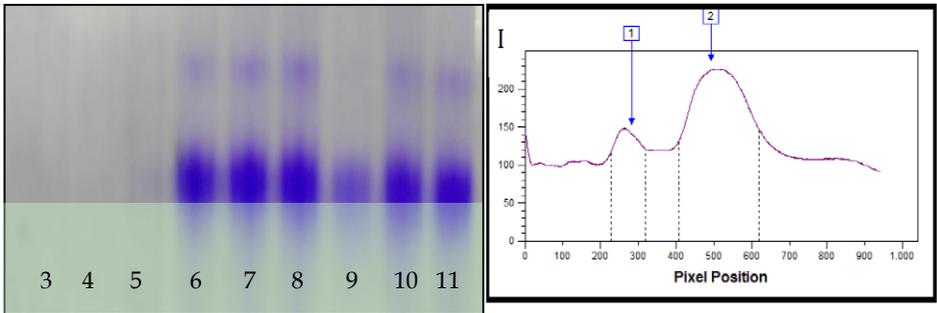
De izquierda a derecha 1 a 5.

Perfiles electroforéticos

Se realizaron extracciones de la fracción soluble de proteínas de quinoa a distintos pH, a fin de caracterizarlas.

PAGE-Nativa: se observan dos bandas con valores de Rf de 0.25 y 0.43, las cuales podrían corresponder a las dos familias de proteínas de reserva presentes en la quinoa las albúminas y globulinas: albúminas del tipo 2S (con 2 subunidades 3-4 y 7-9 KDa) y globulinas 11S (con 2 subunidades 20-25 y 30-40 KDa). La fracción de globulinas se encuentra en mayor proporción ya que en la segunda banda se aprecia una mayor intensidad.

Figura 8. PAGE- Nativa extracto de proteínas de harinas de quinoa con buffer de pH entre 3-11.



PAGE-SDS: Se realizó el perfil de polipéptidos en presencia y ausencia de β -mercapto etanol.

En los perfiles sin agente reductor se observan proteínas con PM entre 167 y 11 kDa, y una banda inferior de proteínas de PM menor a 10 kDa que no alcanza a resolverse eficientemente. La banda de mayor intensidad corresponde a

62.3 kDa, que podría asignarse a la globulina 11S presente en la quinoa.

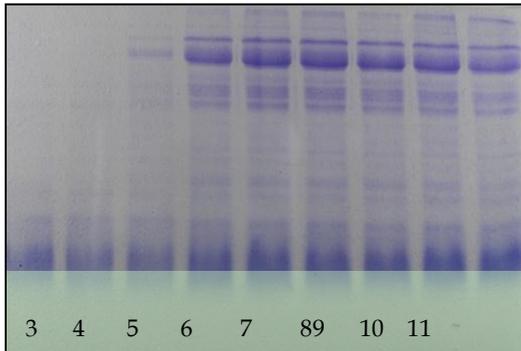
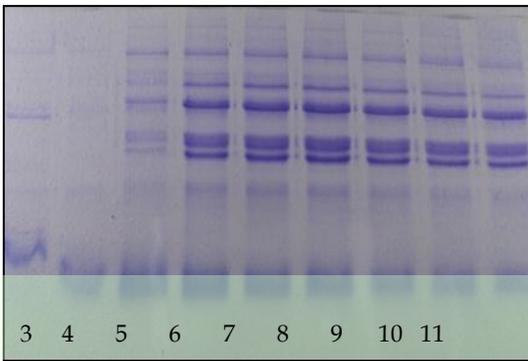


Figura 9. PAGE- SDS de extractos de proteínas de harinas de quinoa con buffer de pH entre 3-11.

Banda	Rf	PM (kDa)
1	0,03	167,46
2	0,05	129,11
3	0,07	107,15
4	0,10	84,54
5	0,13	62,30
6	0,19	39,08
7	0,22	32,82
8	0,25	26,88
9	0,35	16,29
10	0,44	12,67
11	0,48	11,82
12	0,54	11,25

En presencia del agente reductor se observan bandas de menor PM, entre 117 y 10 kDa, evidenciando la ruptura de proteínas unidas por puentes disulfuro y se observaron dos bandas de 37.3 y 22.9 kDa que podrían ser las subunidades ácida y básica de la globulina 11S. En este caso también se observa una banda ancha que corresponde a los fragmentos inferiores a 10 kDa.

Los perfiles de polipéptidos no mostraron cambios en la estructura proteica derivada de los distintos tratamientos, no hay degradaciones o agregados a ninguno de los pH de trabajo, solo una disminución en la intensidad de las bandas producto de la menor solubilización de proteínas en las condiciones de extracción.



Banda	Rf	PM (kDa)
1	0,06	117,26
2	0,09	88,20
3	0,14	57,06
4	0,20	37,39
5	0,24	22,98
6	0,31	19,70
7	0,42	12,69
8	0,46	11,47
9	0,56	10,22

Figura 10. PAGE- SDS en condiciones reductoras de extractos de proteínas de harinas de quinoa con buffer de pH entre 3-11.

Composición de aminoácidos

La composición de aminoácidos de la fracción soluble de proteínas y luego en los aislados proteicos, se asemejan a la composición de las harinas de quinoa.

En la Figura 11 se pueden observar las variaciones del contenido de aminoácidos totales respecto de la harina, la cantidad de lisina y metionina, permanecen sin cambios a lo largo del proceso.

El contenido de prolina y cisteína, son la excepción los mismos se pierden en cantidad significativa, probablemente porque se encuentran mayoritariamente en la fracción insoluble, de mayor peso molecular.

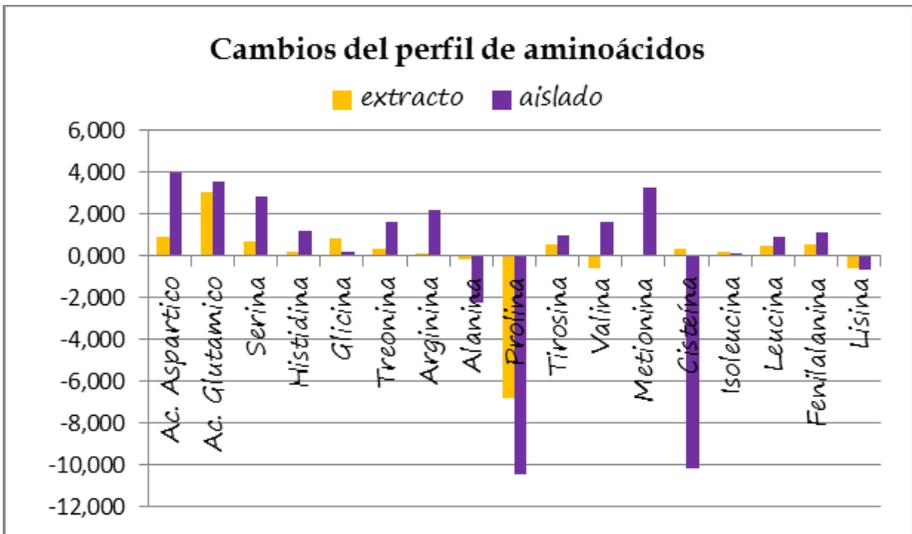


Figura 11. Cambio del perfil de aminoácidos del aislado proteico respecto de la harina de quinoa.

Es posible obtener aislados proteicos de quinoa con una pureza elevada y que conservan la mayor parte de los aminoácidos originalmente presentes en la quinoa.

Estos aislados pueden utilizarse con diversos fines, los cuales deben ser evaluados luego de conocer mejor las propiedades funcionales de los mismos, en futuras investigaciones dentro del grupo de trabajo.

Referencias bibliográficas

- Blanco, A. (2002) *Química Biológica*, Séptima edición, Ed. El Ateneo. Capítulo 3, Proteínas, páginas 19-52.
- Cheftel, J; Cud, J.; Lorient, D. (1989) *Proteínas alimentarias*. Editorial Acribia. España.
- Código Alimentario Argentino (CAA), Capítulo IX: Alimentos farináceos-cereales, harinas y derivados, artículo 658, inciso 6.
- Giese J. (1994) *Proteins as Ingredients: Types, Functions, Applications*. Food Technology, 50-60.
- Phillips, L.G., Whitehead, D.M., Kinsella, J. (1985) *Structure-Function properties of food proteins*. Editorial Academic press.
- Pincioli, M. (2010) *Tesis de Maestría: Proteínas de arroz: Propiedades estructurales y funcionales*. Universidad Nacional de La Plata, Buenos Aires, Argentina.

Parte II

**PRODUCTOS ELABORADOS A
PARTIR DE QUINOA**

Capítulo 8

SOPAS

Natalia Cervilla

El capítulo sopas se basa en la tesis de grado de las Licenciadas Bonamino MJ, Carreño VI y Cervilla NS. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Médicas, Escuela de Nutrición; 2009.

8.1 Generalidades

La quinoa, gracias a su destacable y característica composición química, ofrece la posibilidad de elaborar alimentos variados, aprovechando propiedades que son funcionales para la industria. Dentro de ellas, la capacidad espesante otorgada por la prevalencia de almidón por sobre otros macronutrientes (Cervilla et al., 2012) brinda la posibilidad de emplearla en la formulación de sopas crema o instantáneas.

Las sopas constituyen un recurso útil en cuanto a practicidad de preparación y ahorro de tiempo; además, pueden ser consumidas en diferentes lugares y momentos del día pudiendo reemplazar alimentos con alto contenido de grasa, azúcares o sodio. Aunque el aporte nutricional es en general reducido en relación a las Ingestas Diarias Recomendadas (RDA), estos productos tienen la ventaja de presentar alto valor de saciedad, bajo aporte calórico y de grasas (Franco, 2011), estas características hacen de las sopas un recurso estratégico para complementar el tratamiento del sobrepeso y obesidad, considerados factores de riesgo para enfermedades crónicas no transmisibles. Otra de las características distintivas de las sopas desarrolladas es la ausencia de gluten, por lo tanto, puede ser consumidas por personas con enfermedad celíaca (Niewinski, 2008). Esto ampliaría la oferta alimenticia para este sector de potenciales consumidores.

Además del uso terapéutico que puede hacerse de estos productos, es interesante destacar que por sus características

permiten satisfacer las necesidades sociales de la comunidad y el hecho de emplear la harina de quinoa como ingrediente primario, permite revalorizar un cultivo americano y contribuir a la diversificación de la dieta.

Las sopas se clasifican de acuerdo a su forma de presentación en (Franco, 2011):

-**Sopa**, sin otra definición, designa el producto líquido que se expende listo para ser consumido.

-**Sopa concentrada**, semilíquida o viscosa, para ser consumida mediante el agregado de agua, de acuerdo al modo de empleo indicado en su rótulo.

-**Sopa deshidratada**, es aquella preparada por deshidratación de sopas o la que ha sido elaborada mezclando componentes deshidratados, para ser consumido hidratado de acuerdo al modo de empleo indicado en su rotulación.

En Argentina, el mercado de sopas envasadas, está conformado principalmente por tres segmentos: **Sopas crema** (regulares como light); **Sopas "claras" o tipo caseras** y **Sopas instantáneas** que son aquellas que no requieren cocción (regulares como light), sino el agregado de agua caliente (Franco, 2011).

El escenario internacional muestra un comercio creciente de estos productos, el aumento de la producción y el crecimiento del consumo, indican que los caldos y las sopas no solo han

ganado aceptación en todos los continentes, sino que sus perspectivas de crecimiento continúan siendo firmes (Franco, 2011).

La legislación Argentina en materia de alimentos (Código Alimentario Argentino) en su Art. 701 define a las harinas para sopas y purés como las harinas de cereales y legumbres, solas o mezcladas entre sí, adicionadas o no con extractos de carne, extractos de verduras y condimentos de uso permitido, debiendo declararse su composición en el rótulo (Dirección Nacional de Alimentos, 2014). Además, autoriza el empleo del calificativo “crema” para designar aquellos tipos de sopas concentradas que en su forma de consumo presenten consistencia cremosa (Art. 702) (Dirección Nacional de Alimentos, 2014).

Ensayos preliminares para la elección de las harinas más apropiadas en la formulación de sopa crema e instantánea:

- Se realizaron suspensiones con harina de quinoa sin cocción para la elaboración de sopas crema para comprobar el poder gelificante del almidón. Una vez comprobada dicha capacidad, se realizaron ensayos con aditivos permitidos por el CAA (Bonamino et al., 2009).
- Se llevaron a cabo ensayos con harina de quinoa cocida por calor seco y húmedo a distintos tiempos, y a diferentes concentraciones P/V para evaluar y comparar el comportamiento de estas variables en la elaboración de

sopas instantáneas. Una vez definida la harina más conveniente para este objetivo se realizaron pruebas adicionando distintos componentes permitidos por el CAA (Bonamino et al., 2009).

Principales conclusiones de los ensayos preliminares:

Los ensayos realizados con harina elaborada a partir de semillas de quinoa cocida por calor seco en diferentes concentraciones P/V % demostraron que la misma no es apta para la elaboración de sopas instantáneas en las condiciones establecidas, dado que al contacto inmediato con el agua a 80 °C se formaban grandes grumos, por lo cual fue descartado su uso.

Sin embargo, la harina elaborada a partir de semillas cocidas por calor húmedo durante 20 minutos, al contacto con agua a 80 °C no formó grumos pero sedimentó rápidamente por lo cual se optó por esta adicionando goma para mantener la estabilidad de la suspensión (Bonamino et al., 2009).

A partir de estos resultados, fue posible establecer la formulación final tanto para la sopa crema como instantánea de quinoa.

8.2 Ingredientes para las sopas

Tabla 1. Ingredientes de la formulación de sopa crema.
(Cantidades por porción, 11,5 g)

Ingredientes	Cantidades (g)
Harina cruda de quinoa	5
Fécula de maíz	5
NaCl	1
Glutamato Monosódico	0,07
Saborizante Champignon (FP-806479)	0,2
Saborizante Carne (7200)	0,18
Colorante caramelo	0,1

Fuente: Bonamino et al., 2009.

Tabla 2. Ingredientes de la formulación de sopa instantánea.
(Cantidades por porción, 12,22 g)

Ingredientes	Cantidades (g)
Harina precocida de quinoa	7
NaCl	1,0
Glutamato Monosódico	0,1
Margarina	1
Leche descremada en polvo	1
<i>Ceratonia siliqua</i>	1,2
Saborizante de queso (7512)	0,8
Colorante amarillo	0,1

Fuente: Bonamino et al., 2009.

Las tablas 1 y 2 presentan los ingredientes y concentraciones finales adecuados para la formulación de las sopas. Allí se observa que a la sopa instantánea fue necesario agregarle un agente capaz de mantener la estabilidad de la suspensión y evitar su rápida sedimentación (goma de *Ceratonia siliqua*). Además, para conseguir una dispersión uniforme de la goma, previo a su adición hubo que homogeneizarla con materia grasa (margarina). Por otro lado, a la sopa crema se le adicionó

fécula de maíz para lograr una textura y consistencia de mayor suavidad, para hacerla más agradable al paladar. A la sopa instantánea se le adicionó leche en polvo para mejorar la palatabilidad.

A ambas formulaciones se les adicionó glutamato monosódico, que cumple la función de resaltador de sabor.

8.3 Diagrama de flujo para la elaboración de sopa instantánea

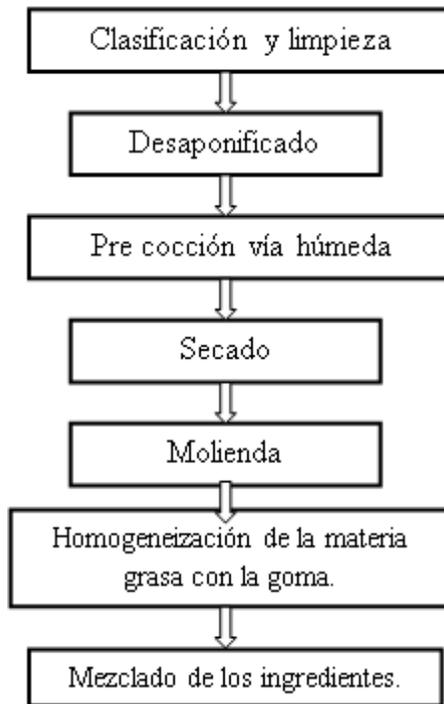


Figura 1. Diagrama de flujo de la elaboración de sopa de quinoa.

En las sopas crema, se siguieron los mismos procedimientos descritos que en la sopa instantánea, a excepción de la precocción y el homogeneizado de la materia grasa con la goma. Luego del desaponificado de los granos, estos fueron secados y molidos para obtener harina integral.

8.4 Composición nutricional de las sopas

Cálculo del valor energético de los polvos para sopas: El valor energético se calculó utilizando como factores de conversión los descritos por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), siendo para proteínas: 4 kcal/g, lípidos: 9 kcal/g, hidratos de carbono disponibles: 4 kcal/g y 2 kcal/g para la FDT (FAO, 2002).

Tabla 3. Composición nutricional de las sopas de quinoa y comerciales.

	SI	SIC	SC	SCC	SCCL
	Porción (g)				
	16,2	17	11,5	16,2	11
Proteínas	1,7	1,3	0,8	1,8	0,8
Grasas	1,4	0,4	0,4	0,7	0
Cenizas	1,9	-	1,3	-	-
FDT	0,7	0	0,5	0,7	1
HdCD	10,5	12	8,6	11	6,3
V.E.T	63,0	55	41,8	55	31
(kcal/porc)					

SI: Sopa Instantánea; SIC: Sopa Instantánea Comercial; SC: Sopa Crema; SCC: Sopa Crema Comercial; SCCL: Sopa Crema Comercial Light; FDT: Fibra dietética total; HdCD: hidratos de carbono disponibles; V.E.T: Valor energético total.

Fuente: Cervilla et al., 2013; Nutrinfo, 2015.

La composición química proximal de los polvos para sopa presentan diferencias en el contenido de proteínas, grasas e hidratos de carbono; pero no así con las cenizas. Estas diferencias se deben a la composición de las mezclas finales. El contenido de grasas y proteínas es menor para la sopa crema, debido a que no se ha incorporado grasa ni leche en polvo en su formulación. Presentó sí, mayor contenido en carbohidratos totales y disponibles, como consecuencia del agregado de fécula de maíz.

Los carbohidratos disponibles en la sopa instantánea pueden estar ligeramente sobreestimados pues no se consideró el aporte de fibra indigerible por parte de la goma garrofín (*Ceratonia siliqua*), un galactomanano empleado en la formulación como estabilizante y espesante y que podría tener efectos fisiológicos interesantes.

El contenido de cenizas fue elevado y a la vez próximo en ambas formulaciones. La similitud en los resultados seguramente es consecuencia del cloruro de sodio y glutamato monosódico presente en ambas sopas.

En el caso de la sopa instantánea, se observaron aportes mayores de los macronutrientes y por ende del valor energético total de producto respecto de las versiones comerciales (Nutrinfo, 2015). La sopa crema aporta 37 kcal por porción, valor intermedio a las comerciales, light y regular (30 y 55 kcal respectivamente) (Nutrinfo, 2015). También es intermedio el contenido de lípidos, pero respecto a las proteínas su contenido iguala a la sopa comercial light (Nutrinfo, 2015). El valor energético de ambas mezclas es

similar. Sin embargo se encuentran diferencias en el aporte de macronutrientes (Cervilla et al., 2013).

8.5 Evaluación sensorial

La prueba de aceptabilidad se realizó con 40 panelistas de sexo femenino a modo de jueces no entrenados. Los mismos degustaron la sopa crema y la sopa instantánea y manifestaron su opinión, respecto a cada característica organoléptica.

El instrumento que se empleó en la recolección de la opinión de los jueces, fue un formulario confeccionado sobre la base de una escala hedónica de cinco puntos, cada uno de los cuales, fue identificado por un número y reflejó la intensidad de aceptación o rechazo de las preparaciones. Dicha escala contó con un indicador de punto medio con el fin de proporcionarle a cada juez consumidor, la facilidad de encontrar un punto de indiferencia al producto

Las muestras se presentaron en vasos térmicos de 120 c.c, conteniendo cada uno 50 mL a una temperatura promedio de 70° C. Fueron llevadas en bandejas de plástico resistente y se entregó a cada juez una muestra de sopa crema y otra de sopa instantánea. Cada una fue acompañada por una cucharita de plástico, servilletas, una rodaja de pan y las planillas donde completaron el test de aceptabilidad. La prueba se realizó a simple ciego, es decir, solo los autores conocían el producto y proporciones a degustar y los panelistas desconocían el alimento que integra las preparaciones.

Es por esto, que cada preparación fue identificada por un número tomado al azar, 126 (Sopa crema de quinoa sabor champignon y carne), 155 (Sopa instantánea de quinoa sabor queso).

Resultados de la prueba sensorial:

El análisis comparativo de los resultados de aceptabilidad o rechazo de las sopas mostró una amplia diferencia entre las preparaciones.

La sopa instantánea fue aceptada por más del 75 % de los jueces y la crema por el 50 % de los mismos. Si bien esta última cifra no es despreciable, al confrontar ambos resultados, la diferencia a favor de la sopa instantánea es amplia (Bonamino et al., 2009).

Es muy poca la diferencia que existe entre el número de jueces que aceptaron y rechazaron la sopa crema, uno de los posibles factores que hayan influido en esto, es el sabor elegido para la formulación, pues el “sabor champiñón” no es un sabor popular.

En contraposición a la sopa crema, en la sopa instantánea se presentó una marcada aceptación del producto.



Figura 2. Gráficos de aceptabilidad

8.6 Estabilidad oxidativa de las sopas

El estudio de la estabilidad de las sopas se realizó con harina obtenida de la molienda de semillas cosechadas en el 2010, tal como se describió en el Capítulo 3, páginas 77 y 78. Para la obtención de las harinas para sopa los granos fueron secados entre 80-90°C en horno con circulación forzada de aire.

La temperatura, el tiempo, la composición de ácidos grasos, y las condiciones de almacenamiento son variables de gran influencia sobre la estabilidad oxidativa de los aceites. Para evaluar la estabilidad de las sopas formuladas se emplearon condiciones de almacenamiento tales que evitaran o retardaran el daño oxidativo e hidrolítico sobre los lípidos de las harinas y sopas. Las muestras fueron almacenadas en bolsas de aluminio a 25°C en una cámara de almacenamiento. El ensayo tuvo una duración total de 4 meses y medio, con mediciones realizadas cada 14 días.

Tabla 4. Acidez Libre y Dienes Conjugados (DC) en sopa crema y sopa instantánea de quinoa.

<i>Sopa Crema</i>		<i>Sopa Instantánea</i>		
	% DE ÁCIDO OLEICO	DC	% DE ÁCIDO OLEICO	DC
		$\mu\text{M/g}$		$\mu\text{M/g}$
T0	DLC	0,036	0,033	0,165
T1	DLC	0,071	0,039	0,256
T2	DLC	0,069	0,056	0,200
T3	0,029	0,044	0,055	0,189
T4	0,031	0,053	0,050	0,183
T5	0,020	0,095	0,061	0,248
T6	0,018	0,071	0,064	0,207
T7	0,029	0,217	0,075	0,304
T8	0,017	0,196	0,074	0,277
T9	0,017	0,179	0,077	0,271
T10	0,017	0,199	0,083	0,284

T0: indica el tiempo de inicio del ensayo; T1: Toma de muestra a los 14 días y así sucesivamente. DLC: Debajo del Límite de Cuantificación: 0,0006 moles de ácido/g de harina.

Fuente: Cervilla *et al.*, 2013.

Los Ácidos Grasos Libres (AGL) y los Dienes conjugados (DC) se determinaron según Su-Chuen *et al.* (2007). Los ácidos grasos libres se calcularon como % de ácido oleico.

A pesar del predominio de Ácidos Grasos Poliinsaturados (AGPI), los niveles de AGL se mantuvieron bajos durante todo el período de tiempo y las condiciones de almacenamiento estudiadas. El deterioro hidrolítico por acción enzimática fue bajo, tal como se presenta en la tabla 4. Esta baja actividad enzimática podría deberse a la posible inactivación de las lipasas endógenas ocasionada durante el proceso de secado. Estas condiciones de secado (temperaturas superiores a 60°C) inactiva a la mayoría de las enzimas (Badui Dergal, 2006). Además, la temperatura de almacenamiento (25°C) no es la

óptima para la actividad lipásica. La mayoría de las enzimas presentan un intervalo óptimo de temperatura entre 30 y 45°C (Badui Dergal, 2006) en el cual logran la mayor actividad; Devin et al (2006) han determinado que la temperatura óptima para la actividad lipásica va de los 40 a los 55°C.

Su-Chuen et al. (2007) han demostrado que a mayores temperaturas el deterioro hidrolítico de los ácidos grasos del aceite de quinoa se hace más notable. Entre los 20 - 25°C, el aumento de los ácidos grasos libres en función del tiempo fue escaso (Su-Chuen et al., 2007) lo que sugiere que la actividad lipásica en quinoa es mayor a mayores temperaturas de almacenamiento.

En las sopas los DC aumentaron durante el período estudiado. Los valores más altos se detectaron en las sopas instantáneas, pero además y como ya se mencionó, este producto estuvo constituido por otras fuentes de lípidos capaces de ser oxidados.

Las harinas de quinoa y las sopas elaboradas a partir de ellas, presentan una buena estabilidad oxidativa en las condiciones de ensayo estudiadas durante 4 meses y medio. Si bien el aporte nutricional de este tipo de producto es, en general bajo, cubriendo entre el 1 al 4% de la Ingesta Diaria Recomendada, son de rápida preparación, pueden consumirse en diferentes lugares físicos y momentos del día, poseen alto valor de saciedad y satisface las necesidades sociales y culturales de la comunidad ya que, el empleo de la quinoa, contribuye a la diversificación de la dieta y a la vez, revaloriza a un cultivo de origen americano. Por último, la ausencia de gluten permite su

consumo por parte de personas con enfermedad celíaca, ampliando también la oferta para este sector de consumidores (Cervilla et al., 2013).

Referencia Bibliográfica

- Badui Dergal S. 2006. Química de los Alimentos. 4° Ed. Pearson Addison Wesley, México. p.312, 341.
- Bonamino MJ, Carreño VI y Cervilla NS. Elaboración de sopas cremas e instantáneas a partir de semillas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) [Tesis]. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Médicas, Escuela de Nutrición; 2009.
- Cervilla, N.S, Mufari, J.R., Calandri, E.L y Guzmán, C.A. (2012) Composición química de harinas de quinoa de origen argentino. Pérdidas minerales durante el lavado. Actualización en Nutrición 13 (4) 293-299.
- Cervilla N, Mufari J, Calandri E y Guzmán C. Composición nutricional y estabilidad oxidativa de harinas y sopas de quinoa. Ciencia y Tecnología de Cultivos Industriales. 2013; 5: 61-66.
- Devin J, Pike R, Pike O.A. A Simple Method to Measure Lipase Activity in Wheat and Wheat Bran as an Estimation of Storage Quality. JAOCS. 2006; 83 (5): 415-419.
- Dirección Nacional de Alimentos. Marco Regulatorio. Código Alimentario Argentino [Serie en Internet]. 2004. [Acceso 17 de feb 2015]; Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/programa_calidad/Marco_Regulatorio/CAA.asp.
- Franco, D. Sopas y Caldos. Alimentos Argentinos. Buenos Aires: Ministerio de Agricultura; 2011. Informe de producto. [Serie en Internet]. 2015. [Acceso 02 ene 2015]; Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/conservas/productos/SopasCaldos_2011_06Jun.pdf.
- Niewinski MM. 2008. Advances in celiac disease and gluten-free diet. J Am Diet Assoc 108:661-672.
- Nutrinfo Comunidad Virtual de Profesionales en Nutrición [Serie en Internet]. 2015. [Acceso 17 de feb 2015]; Disponible en: http://www.nutrinfo.com/tabla_composicion_quimica_alimentos.php?marca=Todas&numberOfResults=40&measure=porcion&FoodCategory=Caldos+y+Sopas
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. Integration of Analytical Methods and Food Energy conversion Factors. 2002. In: Food and Nutrition. Food energy - methods of analysis and conversion factors (77), Roma. pp. 57-59.

- Su-Chuen Ng, Anderson A, Coker JA, Ondrusa M. Characterization of lipid oxidation products in quinoa (*Chenopodium quinoa*). *Food Chem.* 2007; 101: 185-192.

Capítulo 9

GALLETAS

Patricia Miranda Villa

El capítulo galletas se basa en la tesis de grado de las Licenciadas Barboza, C.M., Bertoni, V.A. y Martín, A.L. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Médicas, Escuela de Nutrición; 2010.

9.1 Generalidades

Se denomina galleta a los productos obtenidos por la cocción de una masa no fermentada o con escasa fermentación, elaborados en forma mecánica y constituida por una mezcla de harina y agua, con o sin sal, con o sin manteca y/o grasas alimenticias y/o sustancias permitidas para esta clase de productos. Presenta forma geométrica más o menos regular, de espesor variable y se diferenciarán entre sí por distintos agregados (ANMAT art. 755, 2014).

En el mercado se pueden identificar dos variedades de galletas, las dulces y saladas. La segmentación para las galletas dulces es: dulces secas, dulces tipo “maría”, dulces variedades, dulces rellenas, obleas y dulces rellenas bañadas (o alfajores). Entre las galletas saladas se encuentran: crackers (puede incluir las de cereal o salvado), de agua y cracker saborizadas (Lezcano, 2011).

De acuerdo con el proceso de fabricación las galletas, el Código Alimentario Argentino las clasifican en galletas de molde, común y de puño, y hojaldrada.

1. Galletas de molde: son aquellas que la masa se corta con moldes de hierro o similar de diámetro variable y cuya superficie se suele pinchar, con el objeto de evitar la formación de globos durante la cocción. Pertenecen a este grupo las denominadas Marinera, de Miel, Abizcochadas y otras que se diferencian por distintos agregados y pueden expendirse con nombre de fantasía. El producto terminado no debe contener más de 12,0 % de agua.

2. Galletas comunes y de puño: son las cortadas a mano. Se presentan en forma de bollos de diversos tamaños oscuros por tostación en su parte externa y de color blanco en su interior. El tipo clásico es la denominada Galleta de campo o Galleta de piso. El contenido en agua no debe ser superior a 30,0% a 100 - 105 °C y las cenizas a 500 -550 °C no mayor de 2,30%.
3. Galleta de hojaldre u hojaldrada: son elaboradas superponiendo hojas de masa sobada con manteca y/o grasas alimenticias, con un espesor no mayor de 1,0 cm y cortando el todo a medida conveniente.

9.2 Consumo de galletas en Argentina

El consumo de galletas en Argentina es tradicional, ya que es parte de la dieta diaria e integra la canasta básica de alimentos. De hecho se considera que el consumo per cápita (Kg) de galletas en el país, es el más alto en América, seguido de México y Uruguay (Alim, 2014).

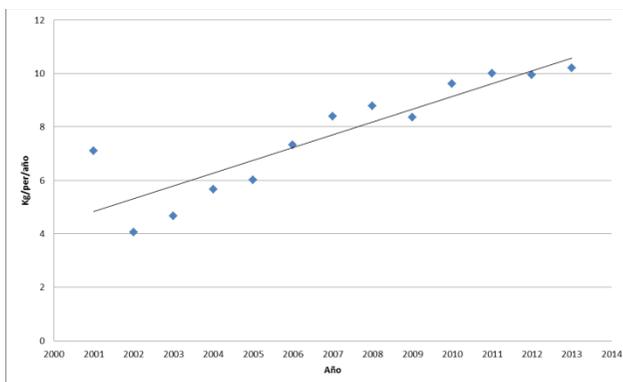


Figura 1. Consumo Per cápita de galletas y bizcochos

Las estadísticas presentadas por el Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de Argentina (Lezcano, 2011 a 2013), muestran el consumo per cápita de galletas con una tendencia al aumento a partir del año 2003. Se afirma en el anuario 2013, que el mercado interno logró sostener los niveles de producción e inclusive incrementar la de productos con alto valor agregado como son las galletitas y bizcochos. Así mismo, resaltan que se siguen concretando proyectos de inversión en el sector farináceo, como la nueva tecnología de producción en una de las más importantes empresas exportadoras de galletitas y bizcochos de Argentina en la provincia de San Juan.

9.3 Modificaciones de las galletas durante el horneado

En el procesamiento de galletas se experimentan numerosos cambios, principalmente en el horneado de la mezcla (Jiménez y Herrera, 2003). Las modificaciones características son:

- El calor funde las grasas, primero en la parte exterior del producto y gradualmente se extiende a las porciones interiores.
- Las burbujas de aire que se incorporan en la grasa batida, son liberadas a la fase acuosa, comenzando este proceso antes que la grasa esté completamente fundida y terminando cuando la temperatura alcanza los 40 °C. El polvo de hornear libera dióxido de carbono, que a medida que aumenta la temperatura, se expande.
- En la mezcla se produce agitación, debido a las corrientes de convección originadas porque se calienta primero la

mezcla en los bordes laterales y en la base del molde, y finalmente en el centro, y a la presión de acumulación y expansión de los gases.

- El calor dilata las celdas de gas con mayor rapidez a los 80 °C. Existe presión interna que causa movimientos en la mezcla, especialmente al final del horneado. Las celdas de gas al estar lubricadas por la grasa, son desplazadas de un lado a otro y cuando chocan entre sí, se unen formando una burbuja de mayor tamaño. Cuando estas celdas expanden por calentamiento y se libera además dióxido de carbono, se produce el aumento de volumen y esponjamiento del producto. La formación de vapor de agua también contribuye al leudado. En esta etapa del horneado, la estabilidad es crítica, ya que es probable que el producto pierda volumen y colapse, si el horno se abre y permite el ingreso de aire frío.
- La película de proteína formada alrededor de las burbujas de gas debe ceder a la expansión de los gases en el momento oportuno, y en este punto la coagulación de las proteínas y la gelificación del almidón proporcionan rigidez a la mezcla.
- Los emulsionantes confieren mayor elasticidad a la película de proteínas, facilitando así la expansión de las celdas de gas y evitando su ruptura precozmente.
- La superficie del producto se deshidrata, formando una corteza dorada por la dextrinización del almidón, la caramelización del azúcar y la reacción de *Maillard*.

Esta reacción química se da por la interacción del grupo carbonilo de un azúcar reductor y el grupo amino libre de un aminoácido o proteína. El pardeamiento discurre a través de complejas rutas, cuya secuencia exacta depende del pH, temperatura, concentración y de la identidad del reactante (Muller y Tobin, 1995).

9.4 Galletas sin TACC

Se refieren a aquellas galletas que no contienen gluten de trigo, avena, cebada y centeno. En el listado integrado de alimentos libres de gluten presentado por la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica - ANMAT actualizado a noviembre del año 2014, se pueden encontrar 270 galletas dulces y saladas elaboradas sin TACC de diferentes marcas comerciales; de estas solo 3 incluyen en su formulación semilla y/o harina de quinoa.

El proceso de elaboración de galletas dulce y salada a partir de harina integral de quinoa, consiste en los siguientes pasos (Barboza, Bertoni y Martin, 2010):

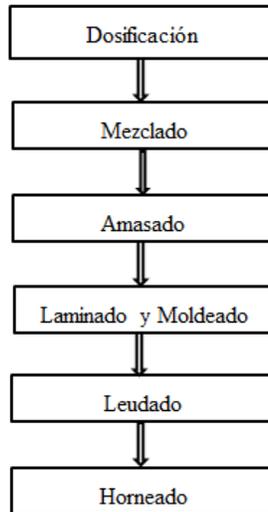


Figura 2. Diagrama de flujo “elaboración de galletas”

1. Dosificación: se utiliza principalmente la harina integral de quinoa con almidón de maíz y fécula de mandioca. Los demás ingredientes con sus respectivas proporciones, se describen en la tabla 1.

Es importante destacar, que para la preparación de 100 gramos de leudante químico se necesita mezclar 20% de almidón de maíz, 40% de ácido tartárico y 40% de bicarbonato de sodio. La función principal del leudante es proporcionar textura a la masa para evitar su apelmazamiento; debido a la producción de gas que se genera cuando el dióxido de carbono y un ácido leudante son mezclados juntos y entran en contacto con el agua (Lallemmand, 2012).

Tabla 1. Formulación de galletas dulces y saladas

Ingredientes	Galleta dulce (g)	Galleta salada (g)
Harina integral de quinoa	100	100
Almidón de maíz	50	50
Fécula de mandioca	50	50
Manteca	70	50
Huevo	100	50
Azúcar	70	5
Esencia de vainilla	5	-
Leudante químico	2	-
Extracto de malta	-	5
Levadura	-	5
Sal	3	5

Con las cantidades de ingredientes utilizadas en las galletas dulces, se obtienen 310 gramos de galleta que equivalen a 75 unidades aproximadamente. En el caso de las galletas saladas, se obtienen 250 gramos equivalentes a 80 unidades.

2. Mezclado: en este proceso se da la unión de los ingredientes. Primero se mezclan los ingredientes secos y luego los húmedos, para finalmente formar la masa. Un aspecto importante en el mezclado es el paso de la energía a la mezcla de ingredientes y la incorporación de gas (principalmente aire) al interior de la mezcla (Cauvain y Young, 2006).

3. Amasado: una vez mezclados los ingredientes, se inicia el amasado, que tiene como objetivo conseguir una homogenización de los componentes de la formulación. El resultado final es una masa uniforme, consistente y con cierta elasticidad.

4. Laminado y moldeado: la masa homogénea es extendida sobre una bandeja con la ayuda de un rodillo y es moldeada para su posterior horneado.

5. Leudado: este proceso consiste en dejar en una cámara de leudado la masa a 40°C durante 20 minutos. El propósito es conseguir la expansión del producto debido a la producción de gas, que originan la formación de alveolos dentro de la galleta durante el horneado.

6. Horneado: es realizado en un horno con circulación forzada de aire a 160°C por 30 minutos. Los cambios que tienen lugar en el producto son la inactivación enzimática y de la actividad de la levadura, expansión de la pieza de masa, cocción de la estructura, reducción de la humedad y formación de color en la corteza (Cauvain y Young, 2006).

9.4.1 Composición química y valor nutricional

La tabla nutricional (tabla 2) de las galletas elaboradas con quinoa no presenta diferencias en el contenido de macronutrientes. Sin embargo, el valor energético es mayor en las galletas dulces debido al aporte del contenido graso.

En comparación con la marca comercial (libre de gluten a base de harina de arroz), se observa que el contenido de macronutrientes es muy similar con las galletas de quinoa. Se resalta, que la gran diferencia de la última, es que se emplea una materia prima poco tradicional, de origen americano y de mayor calidad nutricional por conservarse en ella todos los componentes del grano, al tratarse de una harina integral (aprovechamiento de la fibra).

Tabla 2. Información nutricional de galletas por porción*

	Galletas dulce	Galletas salada	Marca comercial
Valor energético (Kcal)	144	134	118
Carbohidratos (g)	20	20	17
Proteínas (g)	3	3	2
Grasas (g)	6	5	5
Cenizas (g)	0,5	1	-

*la cantidad por porción son 30 gramos

9.4.2 Análisis sensorial

El análisis sensorial involucra la participación de panelistas quienes utilizan sus sentidos para medir características o atributos en productos alimenticios y su aceptación.

El tipo de prueba utilizada en la investigación fue de aceptabilidad y preferencia con la participación de 97 panelistas. La prueba consiste en presentarle al consumidor las muestras de galletas codificadas con números aleatorios y pedirles que califiquen de 1 a 5 los atributos como sabor, color, olor y textura. Por último, escoger el producto con mayor agrado.

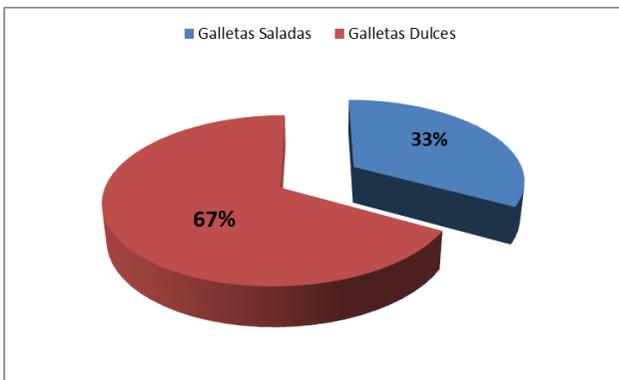
De acuerdo con los resultados presentados del análisis sensorial (tabla 3), se observa que existieron diferencias entre las calificaciones emitidas por los panelistas para los atributos de sabor, olor y textura de las galletas evaluadas, es decir que estas características pudieron ser detectadas y diferenciadas por los panelistas, a excepción del color que fue muy similar en las dos muestras.

Tabla 3. Valores medios de los atributos sensoriales

Atributo	Galletas dulces	Galletas saladas
Sabor	3,92	3,21
Color	3,40	3,27
Olor	3,79	2,93
Textura	3,98	3,48

Con relación a la preferencia de las galletas (figura 3), se muestra que las galletas saladas presentaron las menores preferencias por los jueces(33% de aceptabilidad), siendo las mas preferidas las galletas dulces.

Una de las razones de la mayor preferencia por las galletas dulces es el uso de la esencia de vainilla, que proporciona un sabor agradable al paladar y que ayuda a atenuar o neutralizar el sabor característico de la quinoa que es un sabor fuerte a vegetal.

**Figura 3.** Preferencia entre galletas

Las galletas obtenidas se presentan como una buena opción para ser consumidos en desayunos y meriendas, dada la calidad nutricional aportada por el contenido de proteínas y cenizas.

Por último se resalta, que la obtención de productos de panificación libres de gluten es un desafío en cuanto a la manipulación de las masas, el mantenimiento de las características de calidad del producto final, relacionadas con la textura y frescura; y su calidad nutricional. Las galletas desarrolladas en esta investigación se presentan como una alternativa de los productos libres de gluten, elaborado con un grano de consumo no tradicional y que es poco conocido en el mercado Argentino.

Referencias bibliográficas

- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica - ANMAT. Código Alimentario Argentino. Alimentos farináceos - cereales, harinas y derivados. [Serie en internet]. 2014 [Acceso 17 dic 2014]; Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/capitulo_ix.pdf
- Alim. Asamblea anual de la Asociación Latinoamericana de Industriales Molineros. [Serie en internet]. 2014 [Acceso 17 dic 2014]; Disponible en: <http://alim2014.com/wp-content/uploads/2014/11/status-paises.pdf>
- Barboza, C.M., Bertoni, V.A. y Martin, A.L. Harina integral de quinoa: Elaboración de galletas libres de gluten [Tesis]. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Médicas; 2010.
- Cauvain S.P y Young L.S. Productos de panadería. Ciencia, tecnología y práctica. Madrid: Editorial Acirbia; 2006.
- Jiménez M., Herrera S. Productos de pastelería. En: Fundamentos para el manejo de alimentos. Salta: Ediciones Crisol; 2003. p. 137-144
- Lallemand. Baking Update: Leudantes químicos. Tecnología práctica. Revista Lallemand Inc.2012; 1(12):1-2.
- Lezcano E. Galletitas y Bizcochos. Alimentos Argentinos. Buenos Aires: Ministerio de Agricultura; 2011. Informe de producto. [Serie en internet]. 2011 [Acceso 17 dic 2014]; Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/farinaceos/Productos/GalletitasBizcochos_2011_12Dic.pdf
- Lezcano E. Harinas movedizas: Los farináceos en el primer semestre. Revista Alimentos Argentinos. Buenos Aires: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca. 2012; (56): 20-29. [Serie en internet]. 2012 [Acceso 17 dic 2014]; Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/revista/pdfs/56/56_06_Harina.pdf
- Lezcano E. Farináceos. Alimentos Argentinos. Buenos Aires: Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca; 2013. Informe Sectorial de las Cadenas Agroalimentarias. [Serie en internet]. 2013 [Acceso 17 dic 2014]; Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/sectores/farinaceos/Informes/Farinaceos_anuario_2013.pdf
- Muller H.G. y Tobin G. Química de la nutrición. En: nutrición y ciencia de los alimentos. Zaragoza: Editorial Acirbia; 1995. p. 78-79

Capítulo 10

ADEREZO

Natalia Cervilla, Patricia Miranda Villa,
Patricia Montoya, Romina Mufari

El capítulo aderezo se basa en la tesis de grado de las Licenciadas Olmedo, A.C., Sicilia, I.S. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Médicas, Escuela de Nutrición; 2011.

10.1 Generalidades

Se entiende como salsa, aderezo o aliño, los productos elaborados que se utilizan para modificar el sabor y/o aroma de ciertos alimentos o preparaciones alimenticias o culinarias (Código Alimentario Argentino - CAA, 2001).

Para su elaboración podrán utilizarse:

- a) Alimentos de origen animal y/o vegetal contemplados en el código.
- b) Especies o condimentos, extractos aromatizantes, aceites esenciales, cloruro de sodio.
- c) Edulcorantes nutritivos: azúcar blanco o común, dextrosa, azúcar invertido, jarabe de glucosa o sus mezclas, miel.
- d) Jugos vegetales, vinagres, ácidos: cítrico, tartárico, láctico, málico o sus mezclas.
- e) Gelificantes permitidos por el presente Código y en cantidad máxima de 0,5% en el producto terminado.
- f) "Como antioxidantes, ácido l-ascórbico (o su sal sódica), máx 500 mg/kg de producto terminado (sin declaración en el rótulo) o ácido eritórbico (o su sal sódica), máx 500 mg/kg de producto terminado (con declaración en el rótulo)".
- g) Exaltadores del sabor y aroma en cantidad máxima de 0,5% en el producto terminado.
- h) Colorantes naturales admitidos por el presente Código y en cantidad limitada por una buena práctica de elaboración.
- i) Sal disódico-cálcica del ácido etilendiamino-tetracético (Edetato disódico cálcico) en cantidad máxima de 75 mg/kg (75 ppm) y/o ácido sórbico en cantidad de hasta 800 mg/kg (800 ppm) o su equivalente en sorbato de potasio o de calcio.

Si bien la quinoa no forma parte de los hábitos alimentarios de la población argentina, es posible emplearla como ingrediente en alimentos de consumo masivo y que además contribuyan a mejorar la salud y el bienestar del consumidor. En este sentido, Argentina, al igual que los países de Latinoamérica, se caracteriza por un alto consumo de carnes, grasas saturadas y azúcares refinados, y un relativamente bajo consumo de fibras y carbohidratos complejos. Dietas con estas características, generan enfermedades cardiovasculares que constituyen un problema de salud pública por su alta prevalencia y por ser la principal causa de muerte de la población adulta, en la mayoría de los países (OMS, 2004).

Según los resultados de la última Encuesta Nacional de Factores de Riesgo del Ministerio de Salud (2009), la presión arterial (PA) elevada podría explicar el 62% de los accidentes cerebrovasculares y el 49% de las enfermedades coronarias. Asimismo, una de cada tres muertes es consecuencia de las enfermedades cardiovasculares. Hay amplia evidencia acerca de que uno de los principales determinantes de la presión arterial elevada es la ingesta excesiva de sodio (Moreno y Basso, 2011). Por ello, para el año 2010 y en la misma línea de trabajo realizado con las grasas trans, el Ministerio de Salud de la Nación conformó la “Comisión para la Reducción de Sodio”, integrada por un cuerpo de profesionales y técnicos, tanto del sector público como de las Cámaras del sector alimentario y ONG; acordándose realizar intervenciones basadas en los 2 pilares: reformulación de productos y educación nutricional al consumidor principalmente en productos cárnicos y derivados,

farináceos, lácteos y sopas, aderezos y conservas (Moreno y Basso, 2011).

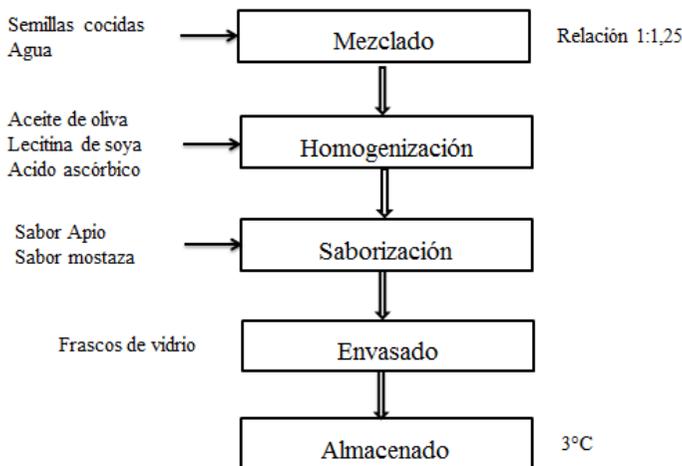
En este orden de ideas, se desarrolló en esta investigación, un aderezo a base de semillas cocidas de quinoa como una alternativa saludable a los aderezos tradicionales, con un perfil de ácidos grasos beneficiosos para la salud, con bajo contenido en sodio y libre de gluten.

10.2 Aderezo con granos de quinoa

Los aderezos se elaboraron con semillas cocidas (ver parte II), aceite de oliva extra virgen y aditivos permitidos por CAA.

El proceso de obtención del aderezo es el descrito por Olmedo *et al.*, 2011 y se muestra en la figura 1.

Figura 1. Proceso de elaboración de aderezo



10.2.1 Composición nutricional del aderezo

Tabla 1. Reporte nutricional del aderezo

Determinaciones	Formulaciones		Marcas comerciales*		
	Sabor mostaza	Sabor apio	Mayonesa Libre de colesterol	Ketchup	Mostaza
Humedad (g)	7,44	7,48	8,6	7,9	8,9
Proteínas (g)	0,43	0,42	0	0,2	0
Lípidos (g)	1,73	1,77	2,3	0	1,6
Cenizas (g)	0,08	0,07	sd	sd	sd
Carbohidratos (g)	2,33	2,25	1,1	3,9	1,5
Sodio (mg)	0,47	0,49	67	113	139
Valor energético (Kcal.)	26,61	26,61	25	17	21

Valores expresados por porción (12 g): 12 gramos equivalen a una cucharada sopera. *La información de las marcas comerciales es teórica y consultada en nutrinform.com

Los aderezos desarrollados pueden ser considerados como “alimentos de régimen o dietéticos”, ya que presentaron modificaciones químicas en su composición que permiten satisfacer necesidades particulares de determinados grupos poblacionales.

La composición nutricional del aderezo por porción (tabla 1), que equivalen a 12 gramos, mostró contenidos similares en las formulaciones con sabor mostaza y apio. Estos valores, comparados con las marcas comerciales existentes en el mercado argentino, presentaron un aporte calórico mayor

como consecuencia del empleo de una materia prima con alto contenido de almidón y bajo contenido en sodio. Según el CAA, el aderezo desarrollado se considera “muy bajo en sodio”, dado que sus aportes son menores de 40 miligramos de sodio por 100 gramos de producto listo para consumir. Además, tiene proteínas que le dan un valor agregado a este tipo de alimentos, que generalmente se basan en aceites vegetales.

Tabla 2. Perfil de ácidos grasos de semillas de quinua (%)

Ácidos grasos		Semilla cruda	Semilla cocida
Palmítico	16:0	9,16	10,19
Esteárico	18:0	1,03	nd
Oléico	18:1	27,64	28,74
Linoleico (ω 6)	18:2	54,98	53,24
Linolénico (ω 3)	18:3	5,67	6,02
Araquídico	20:0	0,33	0,37
Gondólico	20:1	1,19	1,3
Eicosadienoico	20:2	Nd	0,05

La distribución de ácidos grasos de las semillas de quinoa cruda y cocida se presenta en la tabla 2 y figura 1. Los ácidos grasos insaturados que prevalecieron fueron el linoleico (C18:2) y el oleico (C18:1). No se observaron diferencias entre semillas crudas y semillas cocidas que pudieran afectar la calidad nutricional de los granos y productos derivados. Estos ácidos grasos son considerados esenciales ya que el organismo no tiene capacidad para sintetizarlos por lo tanto deben ser consumidos en la dieta habitual. La importancia de estos

reside en la capacidad para reducir los niveles plasmáticos de colesterol y además poseen efectos antitrombogénicos (Torresani y Somoza, 2003). Por otra parte, el C18:1 poseen un impacto favorable sobre las HDL-colesterol y de LDL-colesterol, elevando las concentraciones de las primeras y reduciendo las segundas. Estos efectos beneficiosos han estimulado su empleo como sustitutivo de las grasas saturadas (Corio *et al.*, 2007). El ácido graso saturado prevaleciente en las semillas crudas y cocidas fue el palmítico, siendo su concentración de 9,16% y 10,19%, respectivamente.

Tabla 3. Clase y composición de ácidos grasos presentes (expresados en g/100g del producto)

Ácidos grasos	Formulación	
	Sabor mostaza	Sabor apio
Saturados (g)	17,63	17,34
Monoinsaturados (g)	64,41	64,31
Poliinsaturados (g)	17,92	18,3

Los ácidos grasos presentes en el aderezo son aportados por el aceite natural de la quinoa y el aceite de oliva extra virgen. Como se puede observar un destacado contenido de ácidos grasos monoinsaturados sobre los poliinsaturados y saturados (tabla 3).

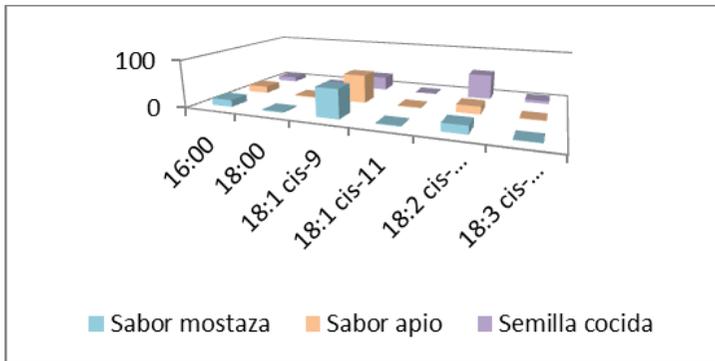


Figura 2. Ácidos grasos destacados en el aderezo de quinoa

Tabla 4. Composición relativa de ácidos grasos determinada por cromatografía gaseosa (expresados en g/100g del producto)

Ácidos grasos		Aderezos		Quinoa	Mayonesa con oliva*
		Sabor mostaza	Sabor apio		
Palmitico	16:0	14,60	14,60	9,16	7,80
Mirístico	14:0	-	-	-	-
Palmitoleico	16:1 cis-9	1,41	1,41	-	-
Margárico	17:0	0,11	-	-	-
Heptadecenoico	17:1 cis-10	0,18	0,18	-	-
Esteárico	18:0	2,00	1,84	1,03	3,20
Oléico	18:1 cis-9	60,50	60,00	27,64	32,70
Vacénico	18:1 cis-11	1,64	2,06	-	-
Linoleico	18:2 cis-9,12	16,70	16,40	54,98	56,60
Octadecatrienoico	18:3 cis-9, trans 12,13	-	0,46	-	-
Linolénico	18:3 cis-9,12,15	1,22	1,44	5,67	-
Araquídico	20:0	0,49	0,51	0,33	-
Eicosenoico	20:1 cis-9	0,49	0,47	-	-
Behénico	22:0	0,26	0,23	-	-
Erúcico	22:1 cis-9	0,19	0,19	-	-
Lignocérico	24:0	0,17	0,16	-	-
Gondólico	20:1	-	-	1,19	-

* Tomado de Peterson, *et al.*, 2004

Tal como se puede apreciar en la tabla 4, el ácido oleico del aderezo en estudio superó notablemente la cantidad encontrada en una mayonesa con aceite de oliva. Esta característica deja en evidencia la adecuación de este alimento para ser empleado en dietas de personas que tienen un alto riesgo de padecer enfermedades crónicas no transmisibles.

10.2.2 Análisis sensorial

El análisis sensorial de aceptabilidad con la participación de jueces no entrenados, muestra que no existe diferencia observadas entre las calificaciones emitidas por los panelistas para los atributos evaluados. La puntuación prevalente de los atributos fue 3 y 4 puntos (ni me gusta, ni me disgusta y me gusta, respectivamente). Sin embargo, en la formulación 2 con sabor a apio, se presentó la menor media en la calificación (2,76), llevando a la consideración que este sabor deja regusto en el paladar y no es comúnmente consumido en aderezos (figura 2).

Tabla 5. Valores medios de los atributos sensoriales

Atributos evaluados	Formulaciones	
	T1	T2
Color	3,49	3,46
Sabor	3,08	2,76
Aroma	3,56	3,48
Consistencia	3,63	3,70

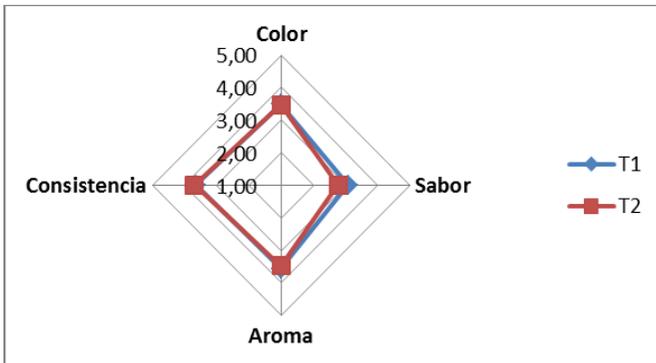


Figura 3. Calificaciones por atributos sensoriales de los aderezos de quinoa formulados.

Los procesadores buscan formatos innovadores para poder reducir la cantidad de sodio en sus productos. Con la gran afección y mayor conocimiento de las enfermedades cardiovasculares, el empuje en este campo es uno de los grandes retos del sector. La variación que se observa es que aunque las cantidades de sodio en algunos productos se han reducido considerablemente, sin embargo a la hora de mercadear, no se utiliza el eslogan “bajo en sal” (Industria alimenticia, 2013).

Se puede inferir, que el producto obtenido en la investigación una vez optimizado sería una alternativa saludable para quienes poseen enfermedades crónicas no transmisibles, sobre todo hipertensión arterial y enfermedades cardiovasculares, debido al bajo contenido de sodio respecto a otros aderezos que se encuentran en el mercado y a su elevado aporte de ácidos grasos monoinsaturados capaces de reducir el nivel plásmico de colesterol LDL sin afectar la fracción HDL.

Referencias bibliográficas

- Código Alimentario Argentino (CAA). Salsas, aderezos o aliños. [Serie en internet]. 2001 [Acceso 18 feb 2015]; Disponible en: <http://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/35331/180907/>
- Corio, A.R., López-Ufano, L.D., Gutiérrez, G.R. Actualización en nutrición para atención primaria. Madrid: Semergen; 2007. p. 21.
- Industria alimenticia. 10 tendencias globales de la industria de alimentos. Revista Industria alimenticia. Para los procesadores de alimentos Latinoamericanos. Estados Unidos. Junio de 2013; 24(6):15-20. [Serie en internet]. 2013 [Acceso 18 feb 2015]; Disponible en: <http://digital.bnppmedia.com/publication/?i=160603&p=14>
- Moreno C y Basso N. Menos sodio en los alimentos procesados. En: Alimentos Argentinos: sabores para el festejo, productos batidos y bebidas espumantes. Buenos Aires: Rev Alimentos Argentinos; 2011. p. 5-7. Disponible en: http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/ediciones/pdf/revista_AA_52.pdf
- Olmedo, A.C., Sicilia, I.S. Aderezo a base de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) con prevalencia de ácidos grasos monoinsaturados y muy bajo en sodio [Tesis]. Universidad Nacional de Córdoba. Facultad de Ciencias Médicas, Escuela de Nutrición; 2011.
- Organización Mundial De La Salud (OMS). “Estrategia mundial sobre régimen alimentario, actividad física y salud”. 57° Asamblea mundial de la salud. Mayo 2004. [Serie en internet]. 2004 [Acceso 4 nov 2014] www.who.int/dietphysicalactivity/strategy/eb11344/strategy_spanish_web.pdf
- Peterson G., Aguilar D., Espeche M., Mesa M., Jáuregui P., Díaz H., Simi M., Tavella M. Ácidos grasos trans en alimentos consumidos habitualmente por los jóvenes en Argentina, Arch. Argent. Pediatr. 12 (2), 2004.
- Torresani, M.E., Somoza, M.I. Lineamientos para el cuidado nutricional. Buenos Aires: Eudeba; 2003. p. 313.

Capítulo 11

HOJUELAS PARA DESAYUNO

Patricia Montoya

El capítulo hojuelas para desayuno se basa en la tesis de grado de las Licenciadas Cuello J., De Lima Argüello P., Seuchuc M.L. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Médicas, Escuela de Nutrición; 2014.

11.1 Generalidades

La posibilidad de obtener harina de quinoa permite generar productos innovadores que mejoren la calidad nutricional de una dieta balanceada, en especial si el objetivo es obtener producto libre de gluten que cubra los requerimientos a una fracción de la población vulnerable. Este capítulo desarrolla la producción de hojuelas a base de quinoa que pueda combinarse con otros alimentos para mejorar la calidad de la dieta, especialmente de los niños pre-escolares y escolares a través del desayuno.

El CAA (artículo 645) denomina “cereales en copos (Flakes)” a aquellos preparados con granos limpios, liberados de su tegumento por medios mecánicos o por tratamiento alcalino, cocinados con la adición de extracto de malta, jarabe de sacarosa o dextrosa y sal, secados, aplastados y tostados.

Un término muy utilizado es el de “cereales para el desayuno”, que comprende indistintamente cuatro tipos de productos: productos a base de cereales inflados o tostados (incluye a los copos o flakes de maíz), preparaciones alimenticias obtenidas con copos de cereales sin tostar, los granos de avena aplastados o en copos y los granos de los demás cereales aplastados o en copos.

El maíz, el trigo, el arroz y la avena son los principales cereales utilizados como materia prima para elaborar las diferentes variedades de “cereales para el desayuno”. Con el maíz se obtienen los tradicionalmente conocidos copos o flakes (Lescano, 2013).

En este caso se planteó producir hojuelas a partir de harina integral de quinoa (HIQ), libres de gluten y con mayor aporte nutricional que los copos de maíz tradicionales (CM), valorando su aceptabilidad.

11.2 Elaboración de las hojuelas

Los ensayos realizados para obtener las hojuelas se realizaron siguiendo el esquema presentado (Figura 1). Posterior a la mezcla de los ingredientes secos, se añadió la cantidad de agua necesaria hasta alcanzar una masa de textura homogénea y no pegajosa, que permita ser manipulada. La masa se introdujo entre los rodillos de laminado, con reducción gradual de distancia entre rodillos. Se cortaron piezas circulares de 20 mm de diámetro y 1mm de espesor.

La mezcla sin agua se compone de 22% de harina de arroz, 22% de fécula de mandioca y 44% de harina integral de quinoa, 11% de sacarosa y 0,25% de goma xántica. La cantidad de agua agregada fue la necesaria para la formación de la masa.

El horneado se realizó en horno por convección eléctrico a 140°C por 15 minutos.

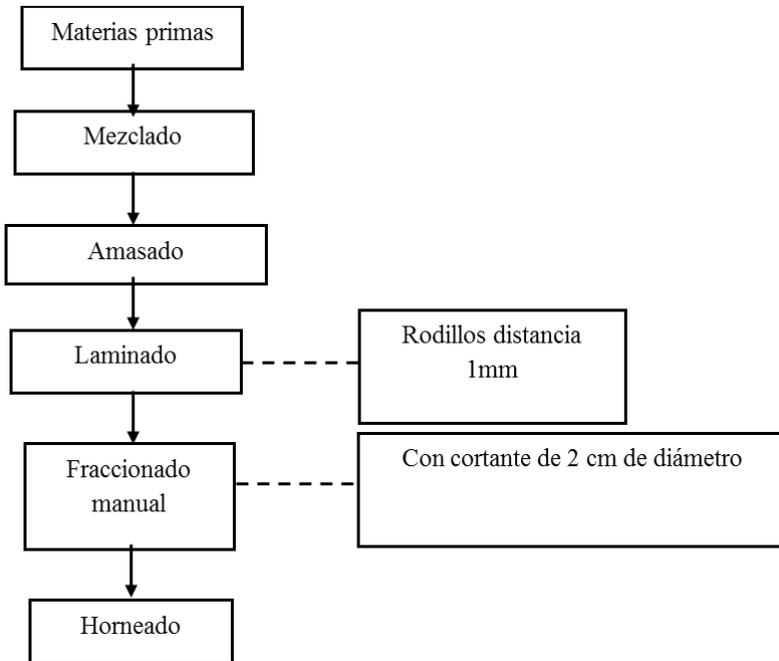


Figura 1. Elaboración de copos

11.3 Determinaciones físico-químicas del producto final

11.3.1 Composición química

El contenido de humedad se determinó por método indirecto, que consiste en la desecación de las muestras en estufa de vacío, a una temperatura de 100-105° C hasta obtener un peso constante.

El contenido de cenizas se llevó a cabo por calcinación en mufla a 600 °C, de acuerdo con AOAC International.

La determinación de proteínas se realizó por el método Kjeldhal Método Oficial de Análisis de AOAC International;

resultado expresado en nitrógeno fue multiplicado por el factor 6,25 que indica la cantidad de sustancia nitrogenada, expresado como proteínas totales, en 100 g de alimento.

El contenido total de grasa libre fue determinado por el método de extracción con Soxhlet utilizando n-hexano como solvente, según la técnica reportada por la AOAC Internacional.

El contenido de carbohidratos se obtuvo por diferencia empleando la siguiente ecuación:

$$100 - [\% \text{ humedad} + \% \text{ proteínas} + \% \text{ cenizas} + \% \text{ lípidos}]$$

Las hojuelas de quinoa arrojaron resultados similares los copos de maíz tomados como referencia: carbohidratos 83,6 g/%, proteínas 11 g/%, grasas 1,2 g/% y cenizas entre 3,7 g/%. Sin embargo la calidad de la proteína aportada por este producto de quinoa y el contenido mineral serían superiores.

11.3.2 Cálculo del valor energético

Se calculó en base al contenido de macronutrientes, utilizando como referencia los resultados de los análisis químicos y aplicando los factores de conversión para cada uno de ellos: 1 gramo de proteínas aporta 4 kcal, 1g de carbohidratos aporta 4 kcal, 1g de grasa aporta 9 kcal (ANMAT, 2013).

Se cuantificó la densidad calórica y el contenido de macronutrientes tanto en 100 g de producto que aportan 387 kcal como por porción de 30g, cuyo aporte es de 116kcal

11.3.3 Medición de la textura

Para la determinación se utilizó un Texturómetro (Figura 2), con una probeta especialmente construida para este fin; fue construida en acrílico, de forma cilíndrica con un pistón que se ajusta a la probeta. El texturómetro está vinculado a un procesador con software, que permite adquirir y tratar las señales de salida.

El ensayo de textura inició a 2 N de fuerza y la distancia recorrida de 5 mm. Los valores arrojados por el equipo se procesaron y transformaron en un número adimensional, proporcional a la cantidad de quiebres sufridos por las muestras. Los valores de las hojuelas fueron muy similares a los copos de maíz tomados como referencia.



Figura 2. Texturómetro

11.3.4 Medición de color

Se midieron los parámetros $L^*a^*b^*$, con un espectrofotómetro. Los valores obtenidos y relacionados con el análisis sensorial, demuestran que las hojuelas más aceptadas para el consumo son las que tienden a tonalidades rojas, levemente oscuras.

11.3.5 Análisis sensorial

La prueba fue realizada por 69 jueces no entrenados de ambos sexos en la sala de valoración sensorial del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos (ICTA)- Universidad Nacional de Córdoba, el cual cuenta con boxes individuales, acondicionados para el desarrollo de tal actividad.

El instrumento que se empleó para recolectar la opinión de cada degustador fue un formulario previamente confeccionado, el cual incluía el consentimiento informado que legitimó la participación de los encuestados en la investigación.

Para el procesamiento de los datos, se tuvieron en cuenta factores de ponderación, los cuales fueron asignados de acuerdo a la relevancia de cada atributo en relación con la aceptación de las hojuelas. La muestra se consideró aceptada, por cada encuestado, cuando la suma de todos los atributos fue mayor o igual a 20 puntos. Luego se cuantificó cuántos de estos jueces aceptaron el producto, si superaba el 50% tenían aceptación general.

Tabla 1. Factores de ponderación para cada atributo evaluado

Atributo	Factor de ponderación
Color	3
Aroma	2
Sabor	5
Dureza	5
Primera mordida	2
Masticabilidad	3

Tabla 2. Instrumento de evaluación sensorial

<i>Atributo</i>	<i>Escala hedónica</i>
Aroma	Muy agradable (+2)
	Agradable (+1)
	Ni me agrada ni me desagrada (0)
	Desagradable (-1)
	Muy desagradable (-2)
Color	Muy agradable (+2)
	Agradable (+1)
	Ni me agrada ni me desagrada (0)
	Desagradable (-1)
	Muy desagradable (-2)
Sabor	Muy agradable (+2)
	Agradable (+1)

	Ni me agrada ni me desagrada (0)
	Desagradable (-1)
	Muy desagradable (-2)
	Firme (+2)
	Ligeramente duro (+1)
Dureza	Duro (0)
	Blando (0)
	Muy blando (-1)
Primer mordida	Los copos no se adhieren a los dientes (+1)
	Los copos se adhieren a los dientes (-1)
	Se desintegran fácilmente (+1)
Masticabilidad	Se desintegran poco (0)
	Es difícil desintegrarlos (-1)

11.4 Resultados

La composición química y aporte energético de las hojuelas a base de harina integral es similar a la de los copos de maíz. Resultados similares se encontraron en un estudio sobre optimización de hojuelas de quinoa realizada en Santiago de Chile (Altimira y Aranguiz, 2006). La diferencia nutricional entre este producto de quinoa y los copos de maíz tradicionales estaría en el contenido de aminoácidos. Las hojuelas revelan un perfil aminoacídico superior, por encontrarse en la quinoa todos los aminoácidos esenciales. Fue notoria la diferencia el mayor contenido de cenizas en las hojuelas debido al aporte que produce la harina integral. Los resultados son similares a los hallados por Villacrés (2011) quien también concluyó que aquellos productos que

incorporaron quinoa en su formulación, obtuvieron un porcentaje de cenizas más elevado.

La característica atractiva de las hojuelas es no perder la dureza cuando se encuentran en contacto con medio líquido como yogur; este aspecto resulta de importancia toda vez que el excesivo ablandamiento observado en los copos de maíz tradicionales, es visto como un aspecto negativo por el común de los consumidores.

Referencias bibliográficas

- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) [en línea] [citado el 25 de junio de 2013] URL disponible en: http://www.anmat.gov.ar/consumidores/alimentos/informacion_nutricional.pdf
- Altimira Cruz JS, Aranguiz farías LE. (2006) [Tesis doctoral]. Santiago de Chile: Departamento de ciencia de los alimentos y tecnología química, Universidad de Chile.
- Bonamino MJ, Carreño VI y Cervilla NS. (2009) Elaboración de sopas cremas e instantáneas a partir de semillas de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) [Tesis de grado]. Córdoba: Escuela de Nutrición, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Córdoba.
- Código Alimentario Argentino. Capítulo IX: Alimentos farináceos – Cereales, harinas y derivados [en línea] 2013 [citado el 20 de mayo de 2013] URL disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/CAPITULO_IX.pdf
- Cuello, J; de Lima Argüello, P.; Seuchuc, M. Quinoa . Tesina de Grado: Copos Dulces libres de Gluten. Córdoba, Mayo 2014 72 páginas.
- Lezcano EP. Cereales para el desayuno [en línea] Secretaría de Agricultura, Ganadería y Pesca [citado el 2 de mayo de 2013] URL disponible en: http://www.alimentosargentinos.gov.ar/contenido/revista/ediciones/49/productos/r49_07_CerealesDesayuno.pdf
- Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemist. AOAC International. (1999) 16th Edition, 5th Revision, Gaithersburg, USA,.
- Villacrés (2011). Potencial agroindustrial de la quinua. Boletín técnico N° 146. Quito.

Capítulo 12

FIDEOS FRESCOS

Paola Boiocchi

El capítulo fideos frescos se basa en la tesis de grado de las Licenciadas Boiocchi P., Cargnelutti V., Pastor K. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Médicas, Escuela de Nutrición; 2014.

Pastas alimenticias

Las pastas alimenticias son productos que se consumen en todo el mundo, que se caracterizan por ser un alimento tradicional y de gran aceptación debido a su conveniencia, palatabilidad y cualidades nutricionales. Dentro de las muchas razones que justifican su popularidad, se destacan, entre las más importantes, su ajustado perfil nutricional, y el hecho de ser una fuente importante de carbohidratos complejos, moderada de proteínas y de algunas vitaminas. Son productos económicos, de fácil adquisición y que permiten ser incorporados en muchas preparaciones (Martinez, 2010).

Las pastas elaboradas con harina de trigo resultan alimentos incompletos, debido a su escaso contenido de grasa y fibra dietética, y al bajo valor biológico de su proteína, originado por la deficiencia de lisina. Mejorar su calidad nutricional involucra principalmente aumentarle la cantidad y calidad de proteínas y fibra dietética además de fortificarlas con vitaminas y minerales (Pazuña Parra, 2011).

La elaboración de pastas frescas con un incremento en el contenido de fibra dietética a través de la adición de salvado de avena y harina integral de quinoa, es una adecuada manera de brindar un alimento de mayor valor nutritivo a la vez que contribuye a la prevención y tratamiento de algunas enfermedades crónicas no transmisibles.

12.1 Generalidades

En nuestro país, el Código Alimentario Argentino, define a las Pastas Frescas, como los productos no fermentados obtenidos por empaste y amasado mecánico de sémola o semolín, semolín de trigo pan, harinas o sus mezclas, otras harinas contempladas en el Código, con agua potable, con o sin adición de sustancias autorizadas, con o sin la adición de otros ingredientes alimenticios, de uso permitido. El contenido de agua no deberá ser superior a 35% p/p. (CAA. Art 720/2014).

Una porción comestible de pasta fresca (100 g) aporta 370 kcal, 13 g de proteínas, 75 g de carbohidratos, 1,5 g de grasa además de 3,2 g de fibra dietética (INCAP, 2012).

12.1.1 Producción y consumo de pastas en Argentina

La industria de pastas alimenticias en Argentina en el 2012 contaba con 28 empresas elaboradoras con capacidad de producción mayor a una tonelada diaria.

La producción nacional de pastas alimenticias para el mismo año fue de 327.293 toneladas, de las cuales se consumieron 324.052 tn, lo que implica un consumo per cápita de 7,9 kg/hab/año. (Informe Mundial de la Industria de la Pasta, 2012).

12.1.2 Proceso de elaboración de pastas frescas

La elaboración consta de las siguientes etapas:

- **Mezclado:** Durante la preparación se adiciona agua en una proporción entre 18% y 25% de las materias primas secas, para obtener una masa fresca que contiene una humedad promedio entre 30% a 32%. Una buena mezcla facilita la operación de amasado, haciéndola más rápida.
- **Amasado:** Se realiza con una humedad aproximada del 30% y dura aproximadamente 15 minutos. Durante esta etapa la superficie de los gránulos de almidón comienza a hidratarse, obteniéndose una mezcla suave, elástica, lisa y sin asperezas, evitando de esta forma que, al ser moldeada, presente estrías, resquebrajaduras e irregularidades. Las harinas con alto contenido de proteínas se hidratan relativamente rápido formando partículas de masa de gran tamaño, disminuyendo el tiempo de amasado.
- **Descanso:** Este tiempo permite que se acelere la hidratación de las partículas de harina y que se redistribuya el agua en el sistema. Favorece también la relajación de la estructura del gluten facilitando su formación durante el laminado.
- **Laminado:** A pesar de que las partículas de harina están suficientemente hidratadas después del amasado y el tiempo de descanso, el desarrollo de la matriz de gluten está lejos de completarse, siendo localizada y discontinua. Durante este proceso se logra una lámina de masa lisa, de un espesor deseado y con una matriz de gluten continua y uniforme.

- **Cortado:** Una vez que la lámina es reducida al espesor deseado, ésta se corta en hebras a lo largo de la dirección del laminado, las que podrán presentar diferente ancho y forma de acuerdo a los rodillos de corte usados (Guzmán, 2012).

12.2 Fideos frescos adicionados con fibra.

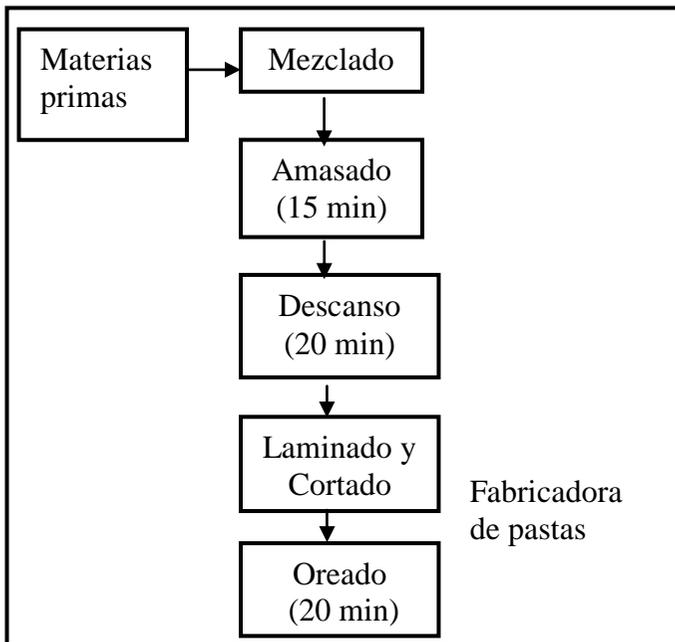


Figura 1. Proceso de elaboración de fideos frescos adicionados con fibra

Se elaboraron 9 formulaciones de fideos frescos con diferentes proporciones de harina de trigo 000, harina integral de quinoa y salvado de avena. Los restantes ingredientes fueron: sal, huevo en polvo y agua destilada. Además de las muestras mencionadas, se elaboró una muestra control sustituyendo la mezcla de harinas por harina 100% trigo.

Para evaluar tanto la calidad de cocción como la composición química, se seleccionaron aquellas muestras que presentaran pérdidas de sólidos totales menores al 7% y cuyos tiempos óptimos de cocción fueran cercanos al del control.

12.2.1 Calidad de cocción de los fideos frescos

Se realizaron los siguientes ensayos:

Tiempo óptimo de cocción (TOC): Según el método 66-50 Cooking Time AACC (1999).

Pérdidas de sólidos totales (PST): Método 66-50, Cooking Loss AACC (1999).

% Absorción de agua (%A.A): utilizando la siguiente fórmula:

$$\frac{\text{Peso de la pasta cocida} - \text{Peso de la pasta cruda}}{\text{Peso de la pasta cruda}} \times 100$$

Humedad: Se determinó mediante secado en horno a 100 ° C a peso constante de la muestra de acuerdo con AOAC International (1999), 934.01

Carbohidratos utilizables: método colorimétrico, usando reactivo de antrona, según técnica reportada por Cregg.

Proteínas solubles: Técnica reportada por Bradford.

12.2.2 Evaluación química de los fideos frescos

Proteínas totales, carbohidratos, grasas y cenizas: Se calcularon según métodos descriptos en el capítulo 3.

Fibra bruta total y fibra bruta en el agua de cocción: Se determinaron en Laboratorio de Ciencias Químicas-UNC (CEQUIMAP) según técnica oficial de la AOAC 962.09.

Valor energético: Se calculó en base al contenido de los macronutrientes, aplicando los factores de conversión para hidratos de carbono, proteínas y grasas: 1 g de hidratos de carbono y proteínas= 4 kcal; 1 g de grasas= 9 kcal (ANMAT, 2013).

12.3 Resultados

En cuanto a la calidad de cocción (tabla 1) se observa que el fideo control (FC) presenta un TOC mayor a los fideos adicionados (FQ6, FQ9). A pesar de ello las PST no obtuvieron diferencias significativas.

En cuanto al %A.A, sólo el FQ6 mostró un porcentaje menor al resto.

La humedad de las muestras osciló entre un 30 a 32%, no presentando diferencias significativas entre las mismas. Este porcentaje es aceptable ya que el CAA (art.720) establece que en pastas frescas el contenido de agua no debe ser superior a 35% p/p.

Al analizar las pérdidas de proteínas solubles, se observó que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre el FC y el FQ9, excepto en el FQ6 que mostró pérdidas menores. Teniendo en cuenta el contenido de proteínas totales de las

muestras, las pérdidas de proteínas en el agua de cocción no afectan la calidad nutricional de las pastas.

Las cantidades de carbohidratos utilizables en las muestras estudiadas, no mostró diferencias significativas.

Tabla 1. Calidad de cocción de los fideos frescos.

Muestras	Valores expresados cada 100 g de fideos					
	TOC (min)	PST (g)	% A.A	% Humedad	Pérdidas Prot. Solubles (mg)	Carbohidratos utilizables (g)
FC	10	5,20	157	30,4	7,5	4,29
FQ6	9	6,20	121	31,7	6,3	2,85
FQ9	9	6,6	138	31,5	7,7	3,06

Fuente: Trabajo de Investigación para la Licenciatura en Nutrición. Boiocchi et al, 2014.

De acuerdo a la composición química (Tabla 2), el contenido de grasa, carbohidratos y cenizas, no presentó diferencias importantes entre las muestras al igual que el valor energético. Sin embargo se encuentran diferencias significativas en el contenido proteico, el cual es mayor en los fideos adicionados, debido al alto porcentaje de proteínas que contiene la harina integral de quinoa.

Como se visualiza en la Tabla 2, la pérdida de fibra bruta en el agua de cocción fue mayor en el FQ9, debido al mayor porcentaje de salvado de avena utilizado en su elaboración. Mientras que el contenido de fibra bruta total mostró un

incremento notable en los fideos adicionados en comparación al fideo control.

Tabla 2. Composición química de los fideos frescos.

Valores expresados cada 100 g de fideos frescos					
Muestras	Valor calórico (Kcal)	Proteínas (g)	Hidratos de carbono (g)	Grasas (g)	Cenizas (g)
FC	418	14	83	3,3	0,04
FQ6	420	16	80	4	0,05
FQ9	422	16	80	4,2	0,06

Fuente: Trabajo de Investigación para la Licenciatura en Nutrición. Boiocchi et al, 2014.

Tabla 3. Contenido de fibra bruta de los fideos frescos.

Muestras	Fibra bruta en el	
	agua de cocción (mg/100g fideos)	Fibra bruta total (g/100g)
FC	40	3,77
FQ6	40	7,50
FQ9	80	7,8

Fuente: Análisis químico realizado en CEQUIMAP

12.4 Análisis Sensorial

De acuerdo con los datos presentados del análisis sensorial (tabla 4), las tres muestras fueron aceptadas con un porcentaje mayor al 70%.

Tabla 4. Aceptabilidad general de los fideos frescos

Muestras	Aceptación (%)	Indiferencia (%)	Rechazo (%)
FC	76,7	18,7	4,5
FQ6	76	15	9
FQ9	70,2	17,5	12,2

Fuente: Trabajo de Investigación para la Licenciatura en Nutrición. Boiocchi et al, 2014.

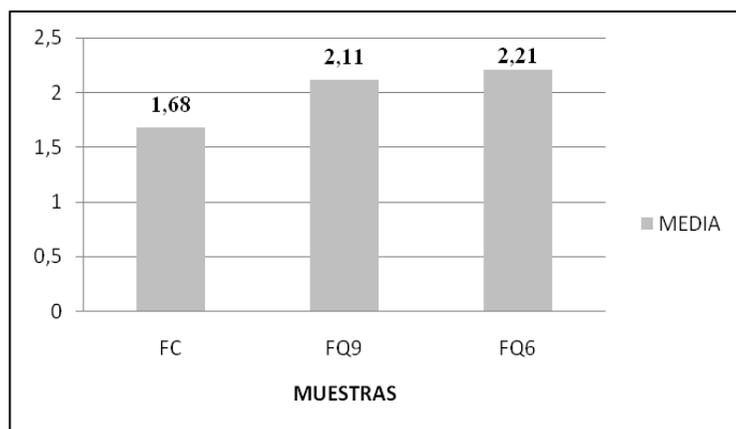


Figura 2. Medias del Ranking de preferencia

Con relación a la preferencia de los fideos frescos evaluados (fig. 2), se puede observar que el FC resultó la más elegida por parte de los jueces (media= 1,68), mientras que las restantes no presentaron diferencias significativas.

Por todo lo antedicho, la sustitución de harina de trigo con harina integral de quinoa, contribuye a elevar el valor nutritivo de las pastas, al generar una mejora en la cantidad y calidad de la proteína del producto final por una complementación de aminoácidos esenciales. Es destacable resaltar el aumento en el contenido de fibra dietética aportado por el salvado de avena, como así también la gran aceptación por parte del consumidor. El desarrollo de éste tipo de pastas, de probadas cualidades nutricionales, se convierte en una excelente opción a utilizar en la prevención y tratamiento de enfermedades crónicas no transmisibles.

Referencias bibliográficas

- AACC. American Association of Cereal Chemistry. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, 9th Ed., American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN. 1999. USA.
- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica. (ANMAT), Año 2014. Código Alimentario Argentino (CAA): Cap. IX: Alimentos Farináceos, Cereales, Harinas y Derivados. [Internet]. [Citado el 26 nov. de 2014]. Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/CAPITULO_IX.pdf
- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT); 2014. Cap V: Normas para la rotulación y publicidad de los alimentos. [Internet]. [Citado el 18 dic. de 2014]. Disponible en: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/codigoa/Capitulo_V.pdf.
- Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT) [en línea] [citado el 25 de junio de 2013] URL disponible en: http://www.anmat.gov.ar/consumidores/alimentos/informacion_nutricional.pdf
- AOAC International. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analysis Chemist. 16th Edition, 5th Revision, Gaithersburg, 1999. USA.
- Boiocchi P. Cargnelutti V. Pastor K. Elaboración de fideos frescos adicionados con fibra. Córdoba: Esc. de Nutrición, FCM, UNC; 2014.
- Bradford M. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. *Analytical Biochemistry* 1976 (72), 248-254.
- Centro de Química Aplicada (CEQUIMAP). Facultad de Cs. Químicas. Universidad Nacional de Córdoba. Método para determinación de fibra bruta AOAC 962.09.
- Cregg KM. The application of the anthrone reagent to the estimation of starch in cereals. *J. Sci. Food Agric.* January 1956; 7.
- Guzmán Mora AC. Evaluación de la calidad de cocción y la calidad sensorial de pasta elaborada a partir de mezclas de sémola de trigo y harina de quinoa [tesis]. Sede Medellín: Universidad Nacional de Colombia; 2012 [Citado el 12 dic. de 2014]. Disponible en: http://www.bdigital.unal.edu.co/6891/1/52869580_2012.pdf

- Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP). Tabla de composición química [Internet] 2012. [citado el 13 dic. de 2014]. Disponible en: <http://www.incap.org.gt/index.php/es/>
- Martínez C. Utilización de pastas como alimentos funcionales. [Tesis doctoral]. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Exactas; 2010. [Citado el 25 noviembre de 2014]. Disponible en: http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/2694/Documento_completo.pdf?sequence=1
- Organización Mundial de la Pasta (OIP): Informe mundial de la Industria de la pasta; 2012. [Citado el 13 de dic. de 2014]. Disponible en: <http://www.internationalpasta.org/resources/World%20Pasta%20Industry%20Survey/IPOstatreport2013.pdf>
- Pazuña Parra G. Estudio del efecto de mejoradores de harina en el desarrollo de masas para la elaboración de pastas con sustitución parcial de harinas de quinua (*Chenopodium quinua* Willd) y papa (*Solanum tuberosum*). [Tesis de grado]. Ecuador: Universidad Técnica de Ambato; 2011. [Citado el 26 nov. de 2014]. Disponible en: <http://repo.uta.edu.ec/bitstream/handle/123456789/839/AL455%20Ref.3348.pdf?sequence=1>

Capítulo 13

**DISEÑO DE SECADOR PARA
QUINOA LAVADA**

Patricia Montoya

El capítulo diseño de secador para quinoa lavada se basa en la tesis de grado de la Ingeniera Química Bruno J. Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2014.

13.1 Generalidades

La quinoa contiene saponinas en el episperma de la semilla las cuales hacen que no sea apta para consumo humano.

Otra particularidad, es que las semillas sin saponinas presentan alta velocidad de germinación en condiciones de humedad mayores al valor de conservación.

En este capítulo se desarrollan los estudios realizados en lavado sin circulación permanente de agua y el diseño de un secador adecuado al material lavado previamente. Se plantea la estructura del equipo, materiales para su construcción y gasto energético.

13.2 Desamargado de quinoa

Los métodos de eliminación de saponinas pueden ser clasificados en métodos húmedos, métodos secos o métodos combinados (Mujica y Canahua, 1989).

El lavado (método húmedo) tiene el inconveniente del gasto de agua, ya que esta se encuentra en circulación permanente. Este método se utiliza a nivel doméstico. A nivel industrial se han diseñado equipos lavadores de quinoa; es un método muy eficiente, pero posee algunas desventajas como el elevado costo del secado del producto y la eliminación de agua con saponina. Otro riesgo presente es la tendencia a la germinación del grano durante el tiempo en que se encuentra con alto contenido de humedad.

Los métodos secos (escarificación) consisten en la utilización de máquinas pulidoras de cereales para eliminar la saponina. Son métodos económicos y logran eliminar toda la saponina. Si

se intenta aumentar la eficiencia, con mayor intensidad de pulido, se pierden nutrientes como proteínas que se encuentran principalmente en la capa superior del grano.

Si el método de extracción de saponinas es por vía húmeda, la operación posterior de secado debe ser lo más rápida posible.

13.3 Lavado sin circulación

En esta investigación se han ensayado distintas proporciones de semilla y agua; distintas temperaturas (teniendo en cuenta la máxima temperatura que no deteriore los macrocomponentes), las condiciones de agitación y posterior operación de centrifugación para lograr una eliminación de agua previa al secado. Las condiciones óptimas de lavado se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 1. Condiciones óptimas de lavado

Condiciones óptimas de extracción con agua	
Relación sólido/solvente	1: 7
Solvente para lavado	Agua de red
Porcentaje de solvente absorbido	24%
Temperatura de trabajo	25°C
Porcentaje de saponina extraída	3,01%
Concentración de saponina extraída	1,684 g/ml
Agitación	200 rpm
Tiempo de lavado	70 minutos
Centrifugación	30 minutos a 2000rpm

Bajo estas condiciones de lavado quedó en la semilla 0,11% de saponina remanente, valor permitido por el Código Alimentario Argentino.

13.4 Selección de secador

Para elegir un dispositivo adecuado, se deben tener en cuenta no sólo el material a secar sino también las necesidades que se desean cubrir. Existe una amplia gama de dispositivos (Tabla 2).

Tabla 2. Tipos de secadores industriales

Material Secadores	Polvos de movimiento libre	Sólidos grandes, formas y contornos especiales
Rotatorio al vacío. Tipo indirecto, operación discontinua.	Se considera a partir de malla de tamiz 100 o menores. De movimiento relativamente libre en estado húmedo. Polvorientos cuando están secos ej.: arcilla, pigmento. Para materiales no adhesivos. Lotes grandes, material sensible al calor, posibilidad de recuperar disolventes	Se considera cuando son mayores que la malla 100 ej.: fibras de rayón, cristales de sales, arena, minerales. Lotes grandes, material sensible al calor, posibilidad de recuperar disolventes. Producto es sometido a cierto grado de trituración, probablemente se necesite colector de polvo.

<p>Lechos fluidos. Discontinuos, continuos, directos e indirectos.</p>	<p>Apropiado si no hay exceso de producción de polvos</p>	<p>Adecuado para cristales, gránulos y fibras cortas.</p>
<p>De bandejas vibratorias. Tipo indirecto, operación continua.</p>	<p>Apropiado para materiales de movimiento libre.</p>	<p>Apropiado para materiales de movimiento libre y que toleren vibración.</p>
<p>Rotatorio directo. Tipo directo, operación continua.</p>	<p>No debe haber polvo demasiado notable, apropiado para la mayoría de los materiales y capacidades.</p>	<p>La abrasión de polvo o cristales reducen su utilidad, apropiado para la mayoría de los materiales y capacidades.</p>
<p>De parrillas al vacío. Tipo indirecto, operación discontinua.</p>	<p>Operaciones discontinuas a pequeñas cantidades, materiales sensibles al calor, oxidables fácilmente. Puede recuperar disolventes. Adecuado para pastas o lodos.</p>	<p>Operaciones discontinuas a capacidades reducidas, materiales sensibles al calor, oxidables fácilmente. Puede recuperar disolventes.</p>

Estudiando las condiciones de partícula del grano, este se ajusta a los requisitos para utilizar un secador de lecho fluidizado. Con este equipo seleccionado se realizaron todos los estudios necesarios para plantear un secador de acuerdo a los volúmenes de producción nacional del año 2013 (INFOCAMPO, Enero 2014); con el adicional de que este

dispositivo deba ser de construcción económica, que no requiera altas temperaturas para su funcionamiento y sea transportable, para que cada productor se transforme en usuario del mismo.

13.5 Secador de Lecho fluidizado

La fluidización se da por el paso de un gas (normalmente aire) a una velocidad continua y a través de una base perforada donde se deposita el producto sólido de manera que este sólido presente agitación vigorosa. (Levenspiel, 1991).

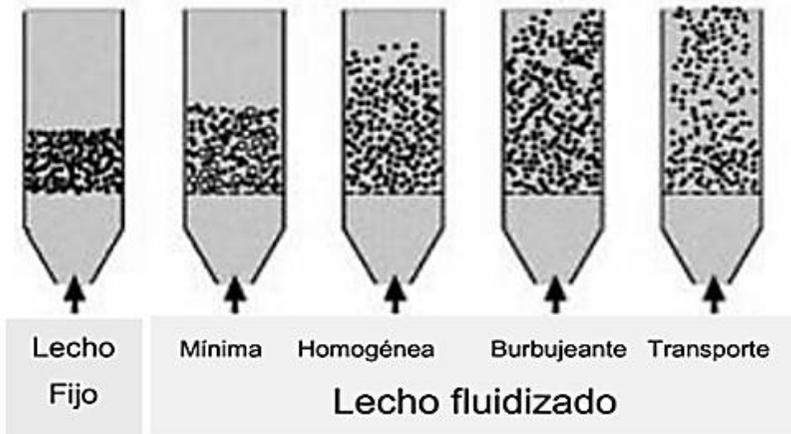


Figura 1. Fenómenos en un lecho de partículas fluidizadas

La operación debe utilizar un caudal de gas (aire) tal que el material particulado se encuentre en su estado de lecho homogéneo.

13.5.1 Tiempo de secado

Se puede calcular la duración del secado conociendo la humedad inicial y la humedad final del producto.

Luego del secado y centrifugación el grano de quinoa contiene un 24% de humedad. La humedad final se estableció la máxima permitida para condiciones de almacenamiento: 10%. (FAO, 1993).

La cantidad de semilla a tratar será de 5,92kg por lote para obtener 5kg de semilla seca.

13.5.2 Dimensiones del secador

Teniendo en cuenta la cantidad de semillas por lote que se desean tratar y considerando que el equipo debe ser transportable, se fijó una altura de la cámara de fluidización (Ld) de 1,5m.

La altura del lecho fluidizado se obtuvo de la relación 'R' obtenida experimentalmente del lecho utilizado a escala laboratorio.

Esta relación es:

$R = \text{altura del lecho fluidizado} / \text{altura de la cámara de fluidización}$

$$R = 12,5 / 20 = 0,62$$

Si la altura de la cámara es de 1,50 m la altura del lecho fluidificado es de:

$$R * Ld = 0,93 \text{ m}$$

Significa que para una cámara de un metro y medio de altura 93cm será ocupado por los granos de quinoa durante el secado.

El área del lecho se obtuvo teniendo en cuenta una expresión matemática específica (Handbook of Industrial Drying, pag 193)

El área obtenida resultó ser de $1,05\text{m}^2$. El diámetro correspondiente a esta área es $1,15\text{m}$

13.5.3 Caudal de aire

El caudal de aire a temperatura ambiente necesario se calculó y sobredimensionó la velocidad máxima que podría alcanzar, teniendo en cuenta que para iniciar la fluidización de la semilla con su mayor contenido de humedad se debe utilizar un caudal de aire que aporte una velocidad mayor a la velocidad mínima de fluidización. El valor obtenido fue de $0,46\text{kg}$ de aire por segundo.

13.5.4 Tiempo de secado

Considerando la humedad de entrada y la humedad de salida de los granos y la humedad de entrada y la humedad de salida del aire, para un lote son necesarios 53 minutos de operación.

13.5.5 Diseño del dispositivo

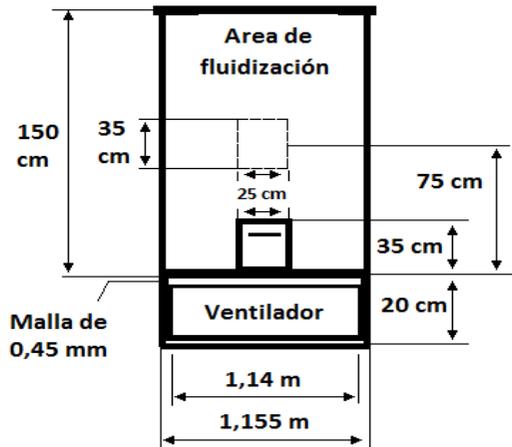


Figura 2. Esquema y dimensiones del secador

13.5.6 Materiales para la construcción del secador y costos

La cámara de fluidización del secador se realizará en policarbonato con 2mm de espesor. Este material se eligió por ser liviano y porque no se trabajará con altas temperaturas (este material soporta temperaturas superiores a 100°C).

Para armar el cilindro donde se produce la fluidización se necesita una lámina rectangular de 1 metro de altura por 3,65 metros de longitud.

Tendrá dos puertas de 25cm de lado por 35cm de altura ubicadas diametralmente opuestas: una al nivel de la base de distribución y la segunda a la mitad de la cámara. El motivo de ambas es que la puerta del medio será para la carga del material y la que se encuentra al nivel de la base para la

descarga luego del secado ya que el tamaño de la cámara no permitiría adecuadas operaciones de carga y descarga.

Se utilizará un ventilador industrial de 1098 mm de diámetro, un caudal de 37000 m³/h (12,32 kg/s, aire a 25°C) consumo de 750 W. El ventilador tiene un peso de 68 kg.

Se utilizará una malla de acero inoxidable de 0,45mm de luz y 1,15 cm de diámetro. Para aumentar la resistencia frente al peso de la semilla, se pondrá debajo una malla de hierro galvanizado de 10mm de luz.

Caja: tendrá un círculo calado en la cara que se conectará con la cámara de fluidización, para la caja de se necesitan 1,15 m de lado (cuadrado) y de alto 0,2 m. Son 1,97m² de superficie en acero inoxidable para construir la caja.

Para permitir la salida de humedad al ambiente se utilizará en la parte superior un lienzo rústico 100% algodón, 1,50 m de ancho 100 hilos.

Para facilitar el movimiento del equipo la estructura podrá trasladarse en un carro de hierro galvanizado con ruedas.

13.5.7 Consideraciones operativas

En siete horas efectivas de trabajo (tomando una hora de descanso) se pueden tratar 8 lotes con un tiempo de 53 minutos cada uno. (Se fijaron 2 min de carga y 5 min para la descarga; la operación de secado tardará en total 60 minutos)

La cantidad que se puede tratar por día será de 41,44 kg de sólido húmedo, estableciendo 20 días hábiles en el mes son 828,8 kg mensuales. En el año el equipo permitirá secar 9945,6 kg (9,9456 tn)

- Capacidad diaria de secado = 41,44 kg = 0,04144 tn
- Capacidad mensual = 828,8 kg = 0,8288 tn
- Capacidad anual = 9945,6 kg = 9,9456 tn

El lote de 5,92 kg a secar se encuentra por debajo del límite de peso máximo que se permite manipular por persona (peso máximo: 25 kg/persona) por lo tanto solo un operador es necesario para la carga y descarga del secador.

13.5.8 Estimación de gasto energético

En una jornada laboral se tratan 7 lotes, con un tiempo de funcionamiento del equipo por cada lote de 53 minutos. Por lo tanto serán 371 minutos de funcionamiento efectivo.

53 minutos \times 7 lotes = 371 minutos = 6,18 hs de funcionamiento efectivo.

Para el arranque se estima un consumo del 33% adicional según referencias de la empresa provincial de energía de Córdoba.

Tomando la referencia del equipo a su capacidad máxima, el gasto energético máximo que se producirá incluyendo el consumo en régimen y el arranque:

$$kW.h_{R+A} = kW.h + 0,3.kW.h$$

Dónde:

$kW.h$ = kilowatts por hora

$kW.h_{R+A}$ = kilowatts por hora necesarios para el régimen y el arranque

Se utilizaron referencias de la Empresa Provincial de Energía de Córdoba que establece que un equipo de 800 Watts consume 0,8. Kw.h

La cantidad de KW.h consumidos para un lote de 53 minutos será:

0,8 kW ----- 60 minutos

X =----- 53 minutos = 0,8833 h

X=0,707 kW/ciclo

Entonces para cada lote se consumirá:

$0,707 + 0,707 \times 0,33 = 0,94 \text{ kW}$

$0,94 \times 7 \text{ ciclos} = \mathbf{6,58 \text{ kW por día (para 7 lotes)}}$

Conclusiones

Se logró definir al grano de quinoa como una partícula y su comportamiento como sólido a fluidizar. Esta caracterización tecnológica agrega mayor conocimiento a un producto que aún se mantiene en una etapa de estudio básica a nivel ingenieril.

El dispositivo de secado planteado se propuso cumplir con economía de construcción, accesibilidad de materiales de construcción, facilidad de manejo, transportabilidad y gasto energético reducido.

Referencias bibliográficas

- Bruno, J. Tesis de Grado: Determinación de las condiciones de extracción por vía húmeda para la eliminación de saponinas de la quinoa. Diseño de un secador adecuado para la operación posterior. Octubre de 2014. 103 páginas.
- Código Alimentario Argentino. Capitulo IX Artículo 682 - (Resolución Conjunta SPReI N°261/2014 y SAGyP N° 228/2014).
- FAO, Manual de manejo poscosecha de granos a nivel rural. 1993. <http://www.fao.org/docrep/x5027s/x5027S00.htm#Contents>
- INFOCAMPO [Internet]. Fecha de publicación 15 de Enero de 2014 fecha de acceso 2 de Junio de 2014 <http://infocampo.com.ar/nota/campo/53166/destacan-que-crece-la-produccion-de-quinoa-en-la-argentina>
- Levenspiel, O. Flujo de fluidos. Intercambio de Calor. 1ra ed. Barcelona: Editorial Reverté; 1993.
- Mujica, A.; A. Canahua. 1989. Características de las principales fases fenológicas de los cultivos andinos. En: Fenología de los cultivos andinos y uso de la información agrometeorológica. INIA. PISA. Puno, Perú.
- Mujumdar, A. editor. Handbook of industrial drying. 4th ed. London: CRC PRESS; 2006.

Parte III

PERSPECTIVAS FUTURAS

Edgardo Calandri

En los capítulos precedentes se ha querido plasmar los aportes que nuestro grupo ha hecho, principalmente vinculado a la transformación del grano de quinoa. A lo largo de estas páginas se han mostrado las diferentes posibilidades que este pseudocereal brinda, especialmente como alimento, pero que también permite visualizar posibilidades en otras áreas de la actividad tecnológica.

Vemos en la quinoa una potencialidad que pocos granos ofrecen; su notable capacidad de adaptación a condiciones climáticas y edáficas poco favorables para los cereales tradicionales, permiten ubicar a la quinoa como una alternativa promisoría para muchas regiones de nuestro país. Recordemos que la Argentina presenta mayoritariamente climas áridos y semiáridos y en muchos lugares existen tierras pobres o empobrecidas por el excesivo pastoreo o la deforestación, que no admiten cultivos con mayores exigencias.

La quinoa es también apropiada para el minifundio, para el trabajo en pequeñas parcelas y es esta una posibilidad interesante para la agricultura familiar, que puede hacer un aporte decisivo a la seguridad alimentaria de los pequeños productores. Sin embargo, es necesario que el público de las grandes ciudades, que hoy ve a la quinoa como un producto suntuario, un “delicatesen” solo accesible a los sectores de mayores ingresos, pueda incorporarla en su dieta.

Para ello se debe impulsar la actividad primaria, debe expandirse la superficie destinada a su cultivo y de esa manera lograr que el precio de este excelente grano llegue a valores

competitivos con los de cereales tradicionales, como el arroz, el trigo, la cebada y el maíz.

Actualmente nuestro grupo está iniciando líneas de investigación y desarrollo que incluyen el desarrollo de un molino dual, para la molienda seca y húmeda del grano de quinoa. Por otro lado y con el propósito de ofrecer una alternativa altamente nutritiva para la población celíaca, se ha encarado la formulación de panes libres de gluten en base a harina de quinoa. Simultáneamente y en colaboración con otro grupo, se está estudiando el malteado de la semilla de quinoa, con el objetivo de lograr un producto fermentado, similar a una cerveza. La semilla germinada puede también brindar novedades en cuanto a calidad nutritiva que aún no ha sido estudiada en plenitud y nos hemos propuesto aprovechar esta oportunidad para avanzar en ese sentido.

Al presentar aquí diferentes alternativas para un aprovechamiento integral del grano, quisimos ir más allá de la producción primaria y acercar propuestas que permitan avizorar un futuro en donde la demanda sostenida desde el consumo, estimule la oferta de más y mejores productos derivados de la quinoa, que contribuyan a diversificar la matriz productiva de nuestro país y la oferta alimenticia que la población recibe.

Es el deseo y el compromiso de quienes conformamos este grupo de trabajo.