



Innovación tecnológica en quinua (*Chenopodium quinoa*),

componente: agroindustria



Algunos aspectos nutricionales/funcionales

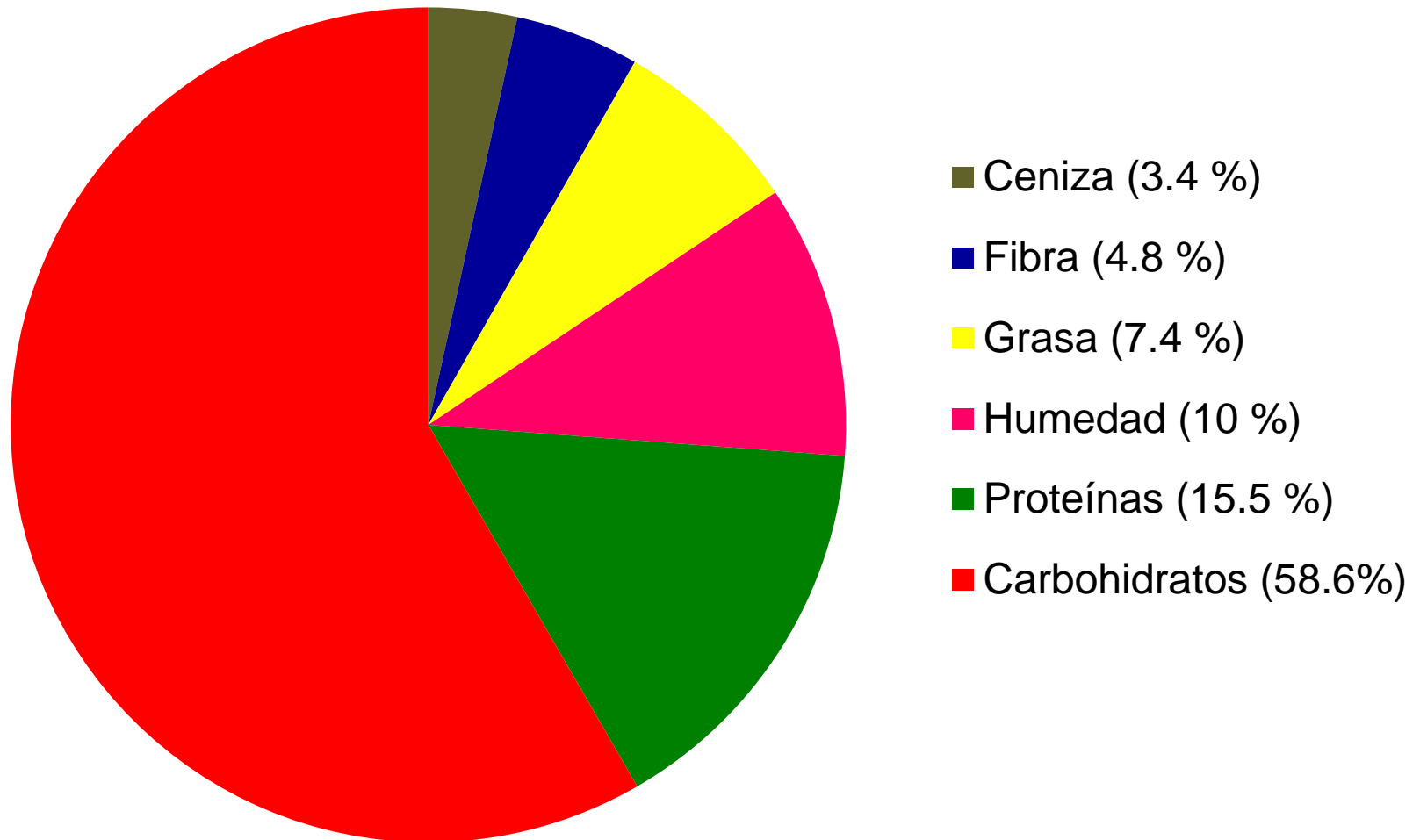
- Alto contenido de proteínas (10- 18%) y de mejor **calidad** que otros cereales (trigo, avena, arroz, maíz , etc), contiene todos los aminoácidos esenciales, particularmente **lisina y metionina**.
- Libre de gluten
- Mayor contenido de Ca, Mn, Mg, Fe, Cu y K que otros cereales, rico en vitaminas
- Mayor contenido de lípidos que otros cereales principalmente MUFA y PUFA
- Similar contenido de almidón al de otros cereales
- Rico en fibra dietaria soluble/insoluble
- Compuestos bioactivos
- Antinutrientes

Composición química proximal de 10 variedades de quinua (g/100 g ms)

	Ceniza	Fibra	Grasa	Humedad	Proteínas	Carbohidratos
Sajama	3.8	3.5	8.3	12.7	15.4	54.1
S. amarantiforme	2.8	3.1	7.2	11.4	15.5	58.9
Chucapaca	2.3	2.6	6.5	11.2	16.8	62.4
Sayana	2.7	4.4	7.9	11.5	15.6	57.5
Camiri	2.3	3.6	7.2	10.0	11.5	66.9
Huaranga	2.7	3.7	9.2	12.5	15.9	56.7
Chilpi	4.4	6.0	9.4	7.3	13.7	60.3
Reral Blanca	3.8	5.8	7.4	7.4	17.4	59.4
Pandela	4.6	3.4	3.5	10.2	15.8	63.4
Ajara	4.9	12.2	7.6	11.8	17.8	46.1

Fuente: torres et al. (2000). Variación nutricional de 10 variedades de quinua del altiplano boliviano.

Composición promedio de la quinua (g/100 ms)



Comparación del contenido de aminoácidos esenciales entre quinua, cebada, soya y trigo y los requerimientos sugeridos por FAO/WHO

Amino acids	Quinoa seed ^a	Barley pearled ^a	Soybeans raw ^a	Wheat durum ^a	FAO/WHO suggested requirements ^b		
	mg/g protein				2–5-yearold	10–12-yearold	Adult
Histidine	28.8	22.5	27.6	23.5	19	19	16
Isoleucine	35.7	36.5	44.5	38.9	28	28	13
Leucine	59.5	98.2	72	68.1	66	44	19
<i>Lysine</i>	54.2	37.2	57.8	22.1	58	44	16
Methyonine and Cystine	36.2	41.3	28.9	22.7	25	22	17
Phenylalanine and Tyrosine	60.9	84.7	84.8	85.9	63	22	19
Threonine	29.8	34	38.6	26.7	34	28	9
Tryphtophan	11.4	16.6	12	12.8	11	9	5
Valine	42.1	49	57.1	41.6	35	25	13

^a USDA (2005).

^b Friedman and Brandon (2001).



Ensayos biológicos

	PER (% caseína)	PER	NPU	VB	DR	Dap
	Harina de quinua ¹	78.0				
PER, relaciona el peso ganado con la proteína ingerida	Harina de quinua blanca ¹	44.0				
	Harina de quinua colorada ¹	47.0				
	Quinua blanca, 87°C ¹	93.0				
NPU, proporción del nitrógeno consumido que queda retenida en el organismo	Quinua colorada, 87°C ¹	85.0				
	Quinua cruda ²		74.74	82.58	91.72	
	Quinua lavada ²		73.95	80.79	91.55	
Digestibilidad real, proporción de nitrógeno ingerido que es absorbido; considerar una dieta sin proteína	Quinua:Kiwicha:Frijol ³ (61:19:20)		2.59			79.39
	Quinua:Cañihua:Haba ³ (75:15:10)		2.36			79.20
	Maíz ²		50.9	58.1	87.6	
	Arroz ²		66.2	65.5	101.1	
	Trigo ²		52.9	59.0	89.6	
	Arroz ⁴		2.2	57.0	64.0	
	Harina de trigo ⁴		0.6	57.0	52.0	
	Huevo de Gallina ⁴		3.9	93.0	94.0	
	Leche de vaca ⁴		3.1	81.0	84.0	
	Pescado ⁴		3.5	80.0	76.0	
	Carne ⁴		2.3	67.0	74.0	
	Papa ⁴		2.6	60.0	73.0	

(1): Koziol et al., 1992; (2) Ruales y Nair, 1992; (3) Repo-Carrasco et al., 1992; (4) FAO/WHO/UNU expert consultation

Aspecto nutricional: Celiacos

➤ **El gluten**, complejo de proteínas principalmente de almacenamiento y posiblemente fracciones de albúmina y globulina y otros componentes no proteicos (ejm. lípidos e hidratos de carbono)

- ✓ Proteínas de almacenamiento de bajo peso molecular:  prolaminas
- ✓ Proteínas de almacenamiento de alto peso molecular:  glutelinas

➤ **La enfermedad celíaca**, intolerancia orgánica a determinados cereales. Incluyendo trigo, almidón de trigo, centeno, cebada, triticual y probablemente la avena

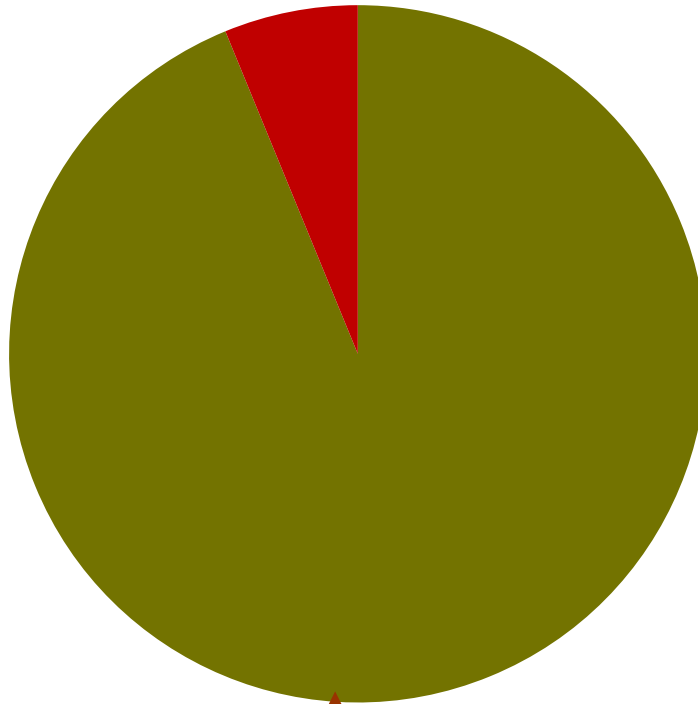
✓ El único tratamiento eficaz a la fecha: exclusión total de la dieta de los productos que contienen gluten

% del total de proteínas			Fuente	
Albúminas + Globulinas	Gluteninas/ Glutelinas	Gliadinas/ prolamina		
76.6	12.7	 7.2	Quinoa	Romero <i>et al.</i> , 1985; citados por Koziol <i>et al.</i> , 1992
17.1	54.4	 28.5	Trigo	Lásztity, 1984; citados por Koziol <i>et al.</i> , 1992
19.2	71.9	8.9	Arroz	Lásztity, 1984; citados por Koziol <i>et al.</i> , 1992

* Incluye la proteína insoluble

La proteína de quinua esta libre de gluten:

Prolaminas (0.5-7%)



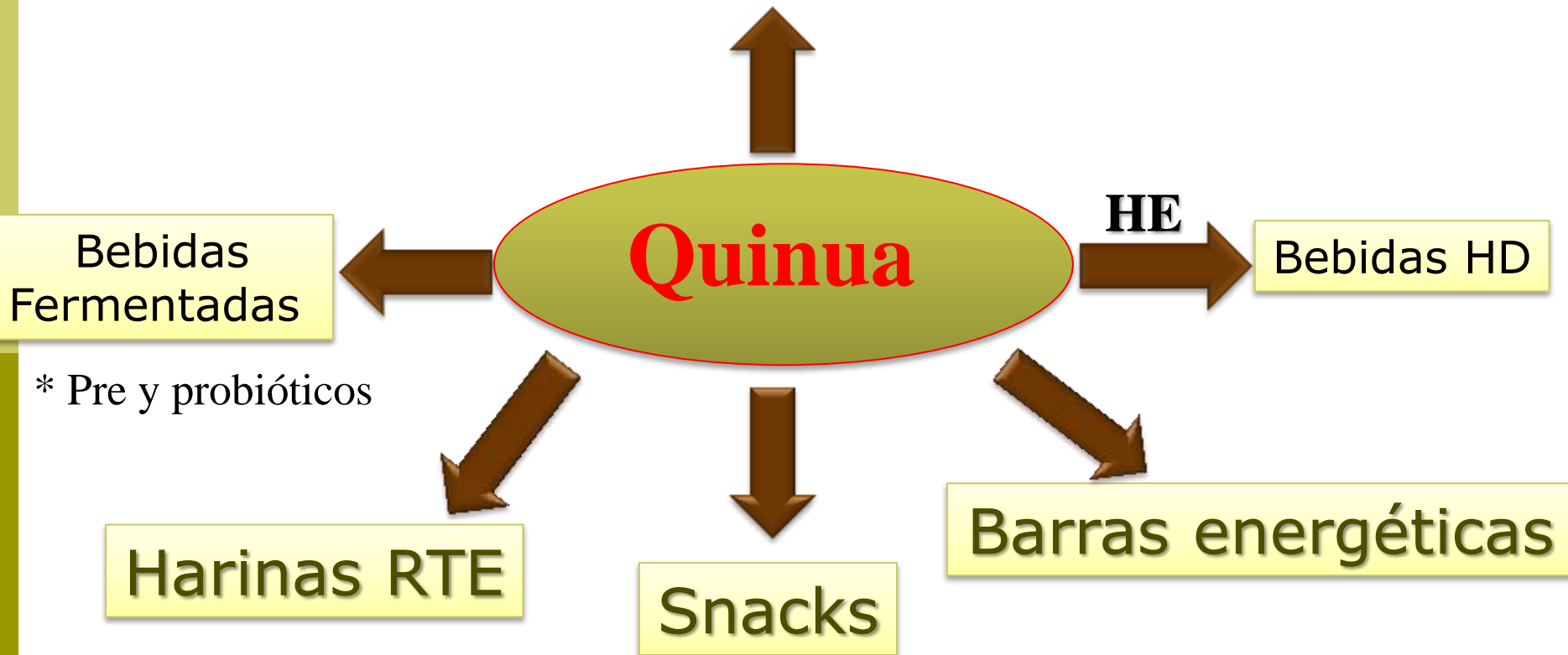
Recomendada para intolerantes al gluten (celiacos), no se ha reportado casos de alergenicidad



Albuminas y globulinas (44-77%)

Industrialización de la quinua

Harinas (panificación, pastelería, sopas deshidratadas, etc.) Ali. libres de gluten



Otras alternativas potenciales de valorización

Harina de quinua

Proteínas: aisladas,
concentradas

Aceites

Fibra dietaria

Almidón

- Insumo para la IA
- Proteínas modificadas
- Péptidos y aminoácidos para dietas especiales
- Péptidos antioxidantes, antihipertensivos

- Insumo para la IA
- Almidones modificados
- Glucosa, fructosa,
- Xilitol, maltitol
- Ciclodextrinas, etc.

Fraccionamiento del grano de quinua (g/100 g ms)

Grano de quinua lavado

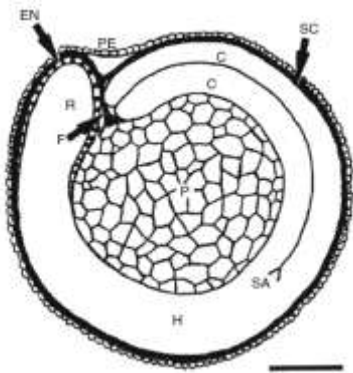
Molienda

Harina entera

Molienda

Salvado y Germen (34%)
“20% de la proteína”

Endospermo (60%)
“80% de la proteína”



PE: Pericarpio, SC: Cubierta de la semilla, EN: Endosperma;
C: Cotiledones, H: Hipocotilo; SA: Apice del meristemo;
R: Radicula, P: Perisperma; F: Funiculo

Fraccionamiento del grano de quinua (g/100 g)

	Proteína	Carbohidratos	Grasa	Ceniza	Fibra cruda
Harina entera	13.7	62.8	6.8	2.7	1.8
Salvado, Germen	20.4	45.3	11.0	4.0	5.0
Harina	6.5	73.8	2.8	1.0	0.4

Chauhan et al. (2007). Nutrients and antinutrients in quinoa seeds. *Cereal., Chem.*, 69, 85-88

Carbohidratos y fibra en quinua (g/100 g)

	Quinoa	Rice ^a	Barley ^a
Carbohydrate by difference	73.6 ^a -74 ^b	79.2	77.7
Starch*	52.2 ^a -69.2 ^c		
Fiber total dietary	7 ^a -9.7 ^d	2.8	15.6
Insoluble fiber	6.8 ^c -8.4 ^d		
Soluble fiber	6.1 ^c -1.3 ^d		
Sugar	2.9 ^d		0.8

^a Data from USDA (2005).

^b Data from Wright *et al.* (2002).

^c Data from Mundigler (1998).

^d Data from Ranhotra *et al.* (1993).

*Starch consists of 7-30% amylose and 70-83% amylopectin
Gelatinization onset (44.7-53.7 °C)
Retrogradation tendencies (19.6-40.8%)

Mineral composition (mg kg⁻¹ dry weight)

References	Minerals						
	Ca	P	Mg	Fe	Zn	K	Cu
Kozioł ²⁷	1487	3837	2496	132	44	9267	51
Repo-Carrasco <i>et al.</i> ³³	940	1400	2700	168	48	ND	37
Ruales and Nair ¹⁷	874	5300	260	81	36	12000	10
Bhargava <i>et al.</i> ¹⁰	1274	3869	ND	20	48	6967	ND
Konishi <i>et al.</i> ⁵⁰	863	4110	5020	150	40	7320	ND
Dini <i>et al.</i> ³⁰	275	4244	ND	26	27.5	75	ND
Sanders ⁵²	565	4689	1760	14	28	11930	2
González <i>et al.</i> ³⁴	1020	1400	ND	105	ND	8225	ND

ND, not detected.

Minerales

- 100 g de quinua, satisface los requerimientos de Mg, Cu y Fe
- Los contenidos de Fe, Ca y P son mayores a los encontrados en otros cereales
- Con la desaponificación- lavado se elimina aproximadamente 40% del Ca y 10 % del P, que se encuentran principalmente en le pericarpio
- El Fe es mas soluble y biodisponible que el encontrado en otros cereales
- El contenido de minerales es muy variable, depende del suelo y de la fertilización

Vitaminas (mg/ 100 g)

	Quinoa flour ^{a,b}	Oat ^b	Barley ^b
Thiamin	0.29–0.36	0.763	0.191
Riboflavin	0.30–0.32	0.139	0.114
Niacin	1.24–1.52	0.961	4.604
B6	0.487 ^b	0.119	0.260
Folate total	0.184 ^b	0.056	0.023

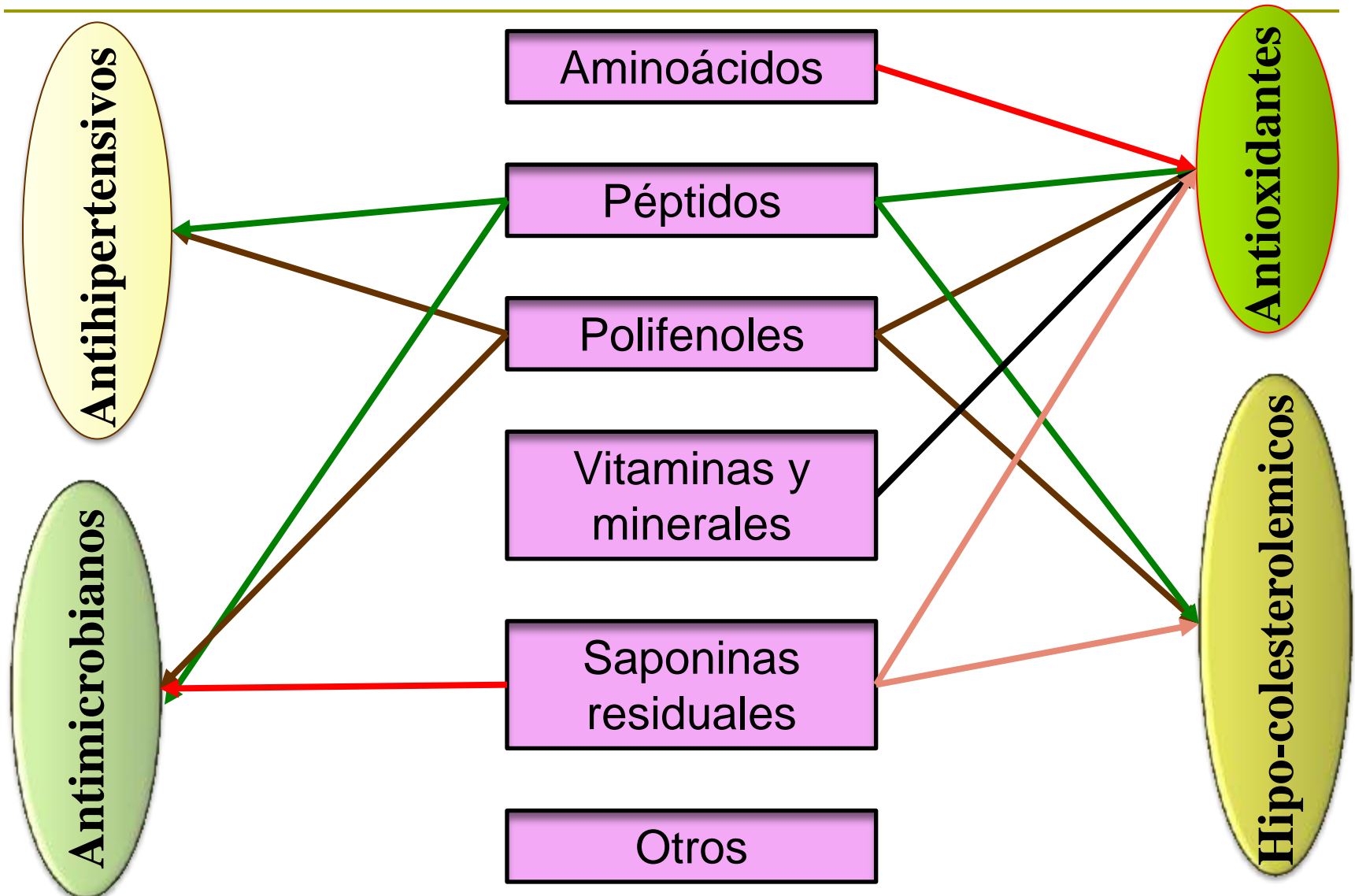
^a Ranhotra *et al.* (1993).

^b USDA (2005).

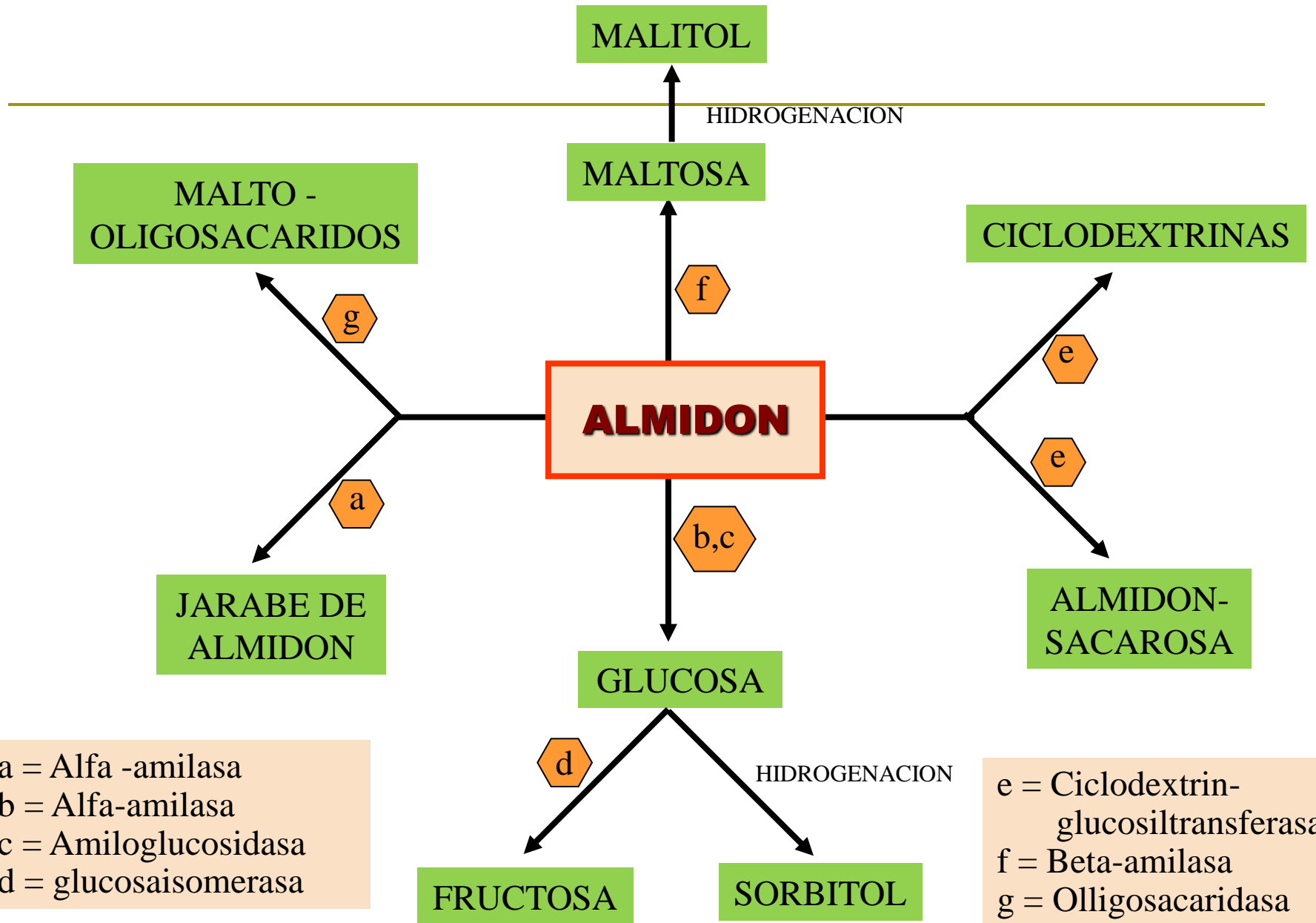
Vitaminas

- 100 g de quinua cubre las requerimientos de vitamina B6 y acido fólico
- 100 g de quinua cubre 80% de los requerimientos de riboflavina de los niños y solo 40% de los adultos
- Los contenidos de niacina, B6 y acido fólico es mayor que en otros cereales.

Los compuestos bioactivos → incidencia en la fisiología humana → **Bienestar y salud del consumidor**



PRINCIPALES PRODUCTOS OBTENIDOS DE LA TRANSFORMACION DEL ALMIDON



A partir de la proteína: péptidos para dietas especiales

Harina de quinua

Extracción de la proteína

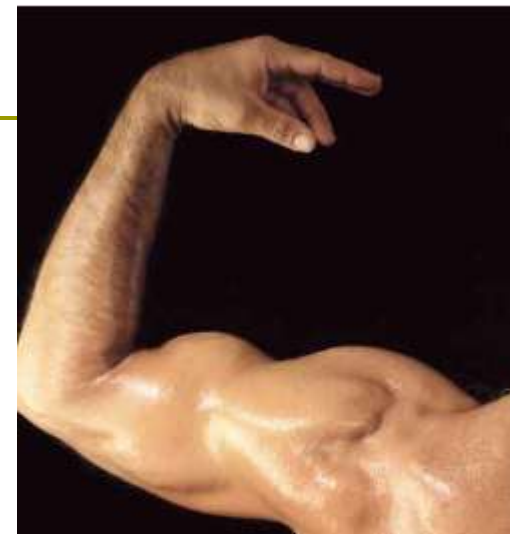
Hidrólisis enzimática

Proteína hidrolizada
para dietas especiales






PRINCIPALES TIPOS HIDROLIZADOS PROTÉICOS Y SUS APLICACIONES

Hidrolizado	Grado de hidrólisis	(%) Aplicación
Limitado (con bajo grado de hidrólisis)	1-10	Mejora de las propiedades funcionales
Variable	Variable	Mejora del flavor
Extensivo (alto grado de hidrólisis)	> 10%	Como suplemento proteico En alimentación especializada (dietas médicas)



APLICACIONES DE LOS HIDROLIZADOS PROTEICOS (extenso grado de hidrólisis)

-  *Fórmulas nutricionales para infantes alérgicos a la proteína intacta y/o deficiencias congénitas en el metabolismo.*
-  *Fórmulas nutricionales para adultos con disfunción gastrointestinal o enfermedades de órganos específicos.*
-  *Suplementos nutricionales de Nitrógeno fácilmente asimilable.*

Péptidos obtenidos de la proteína de quinua con actividad antihipertensiva y antioxidante



Harina de quinua



Extracción de la proteína



Hidrólisis enzimática



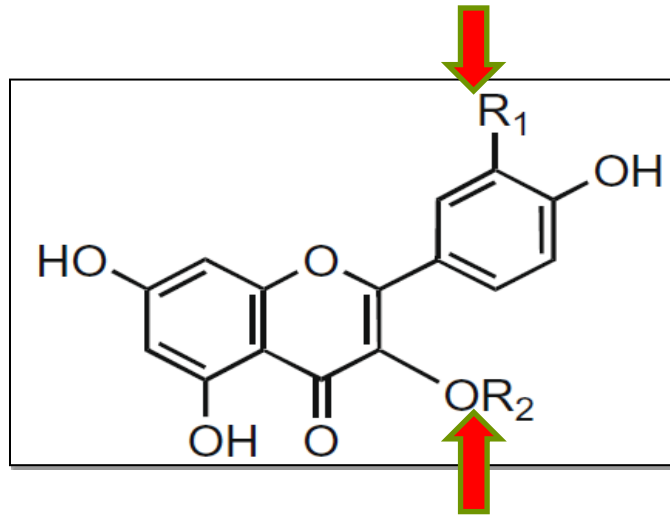
**Péptidos antioxidantes e
inhibidores ACE:**



Los antioxidantes fenólicos

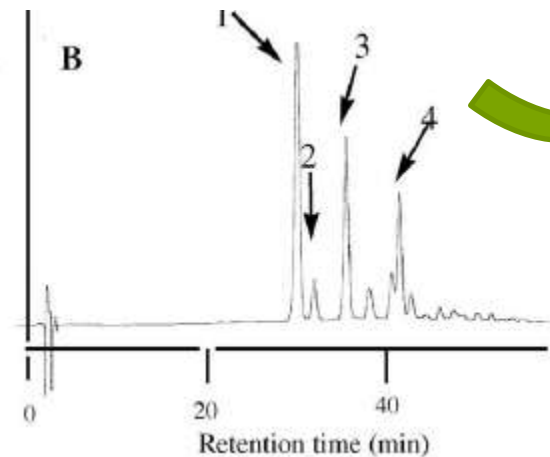


Flavonoles derivados de quercetina y kaenferol son los CF mas abundantes

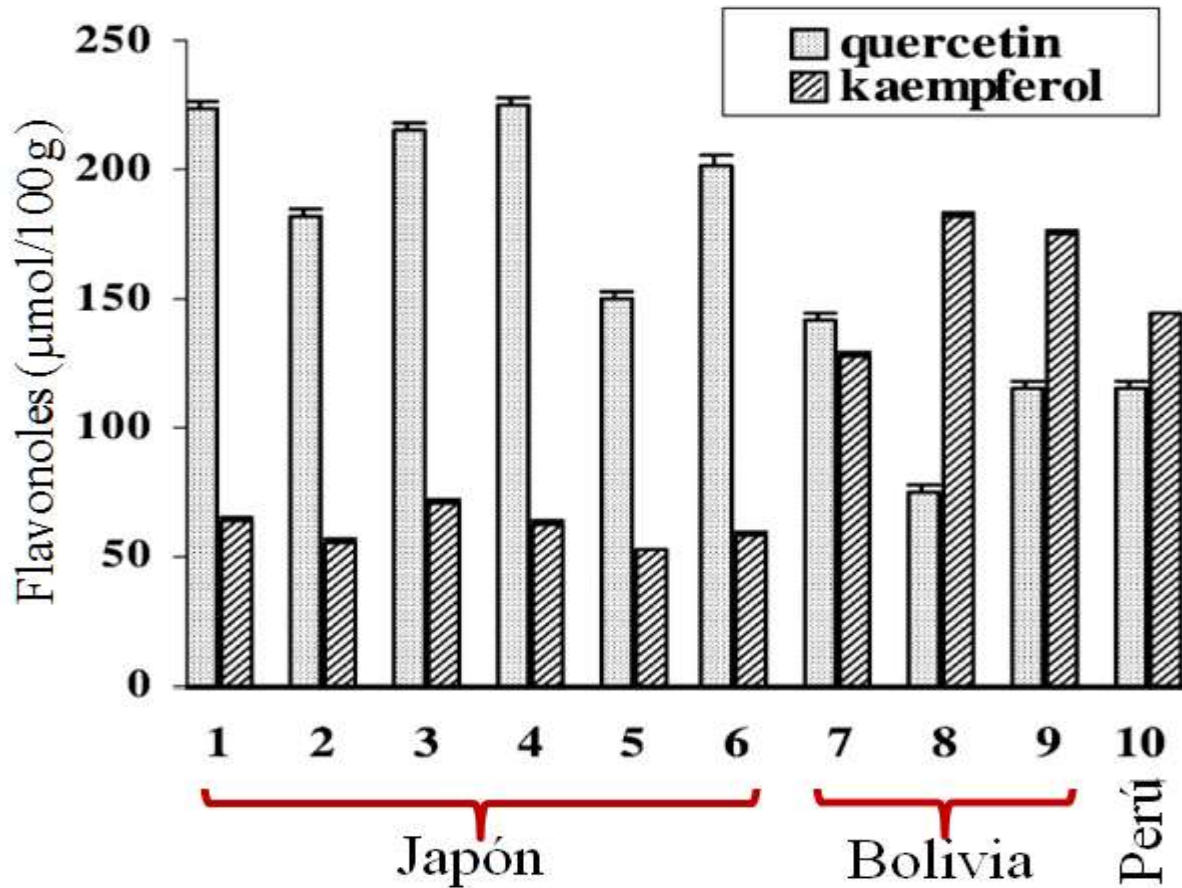


Flavonoids, one of the typical polyphenols in vegetable, fruits, and tea, can prevent degenerative diseases such as coronary heart disease (Arts & Hollman, 2005), atherosclerosis (Kurosawa et al., 2005), cancers (Rice-Evans & Packer, 1998), diabetes, and Alzheimer's disease (Youdim, Shukitt-Hale, & Joseph, 2004)

	R ₁	R ₂
1:	OH	2,6-di-O- α -rhamnopyranosyl- β -galactopyranosyl
2:	OH	2,6-di-O- α -rhamnopyranosyl- β -glucopyranosyl
3:	OH	2-O- β -apiofuranosyl-6-O- α - rhamnopyranosyl- β -galactopyranosyl
4:	H	2,6-di-O- α -rhamnopyranosyl- β -galactopyranosyl



Contenido de flavonoles en semillas de quinua de diferentes orígenes



Cantidades importantes de **quercetina** y **kaempferol**, que no son comunes en cereales o pseudocereales

Contenido de Isoflavonas: “Daidceina” y “Genisteina” en granos comerciales de quinua

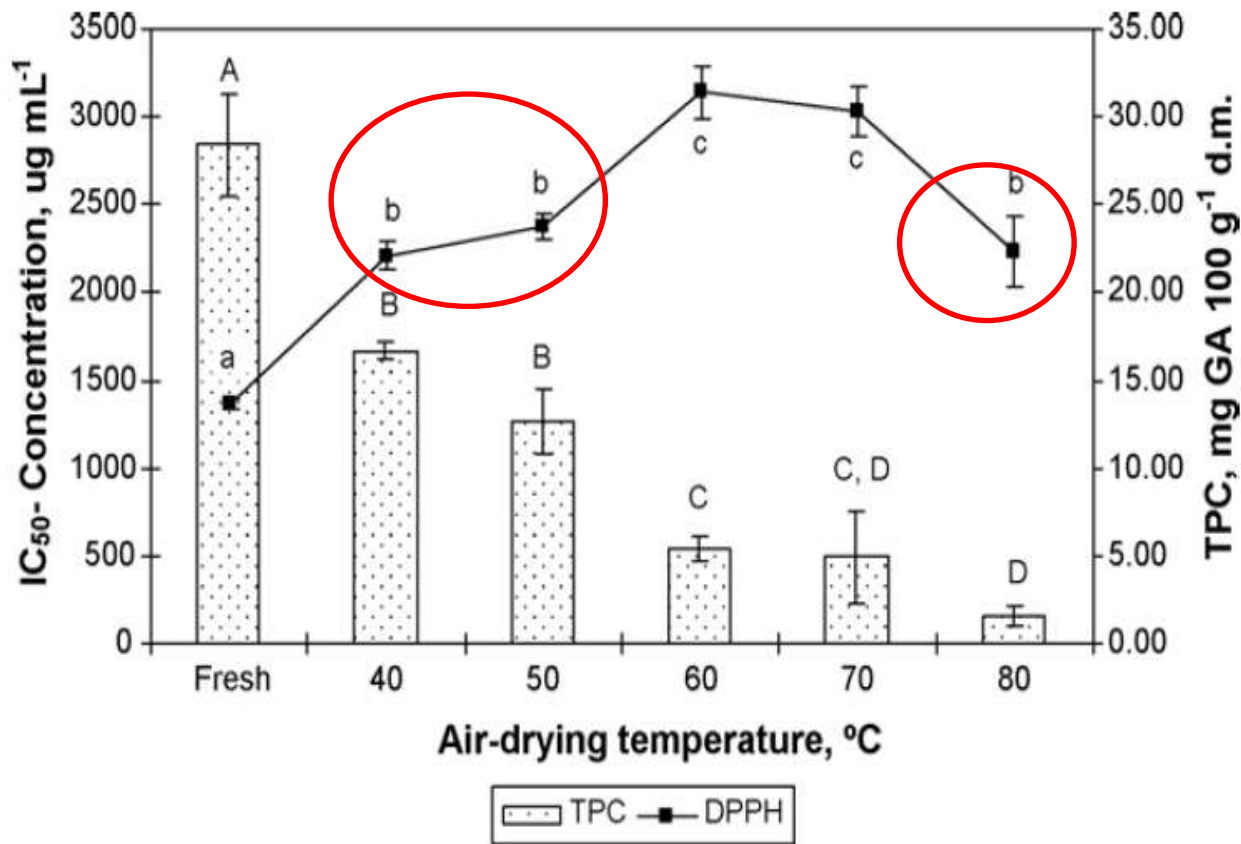
Sample	Daidzein (mg/100 g)	Genistein (mg/100 g)	Daidzein/Genistein
A	0.92 ± 0.01 b	0.04 ± 0.01c	25.2
B	1.03 ± 0.11 b	0.10 ± 0.06 c	10.8
C	1.09 ± 0.03 b	0.14 ± 0.02 bc	7.9
D	0.78 ± 0.11 b	0.28 ± 0.05 ab	2.8
E (white)	1.12 ± 0.10 b	0.24 ± 0.03 abc	4.6
F (black)	1.59 ± 0.09 ab	0.41 ± 0.07 a	3.9
G (red)	2.05 ± 0.20 a	0.21 ± 0.04 bc	9.9

(n = 3). Mean ± SE. Values in the same column followed by different letters indicate significant differences ($P < 0.05$).

Red seeds typical from Altiplano regions, including Bolivia and Peru

La concentración de polifenoles sería influenciada por **factores abióticos** (stress hídrico, salino, térmico, etc.) y post cosecha (desaponificación, desgrasado) influenciada por el cultivar (protección de la planta UV)

Influencia de la temperatura en los compuestos fenólicos (TPC) y capacidad antioxidante (DPPH, IC50)

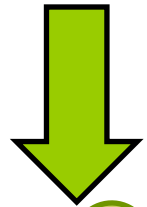


Fuente: Miranda et al. (2010). *Industrial Crops and Products*, 32, 258–263

La Quinoa una fuente importante de ácidos grasos poliinsaturados (PUFAs)

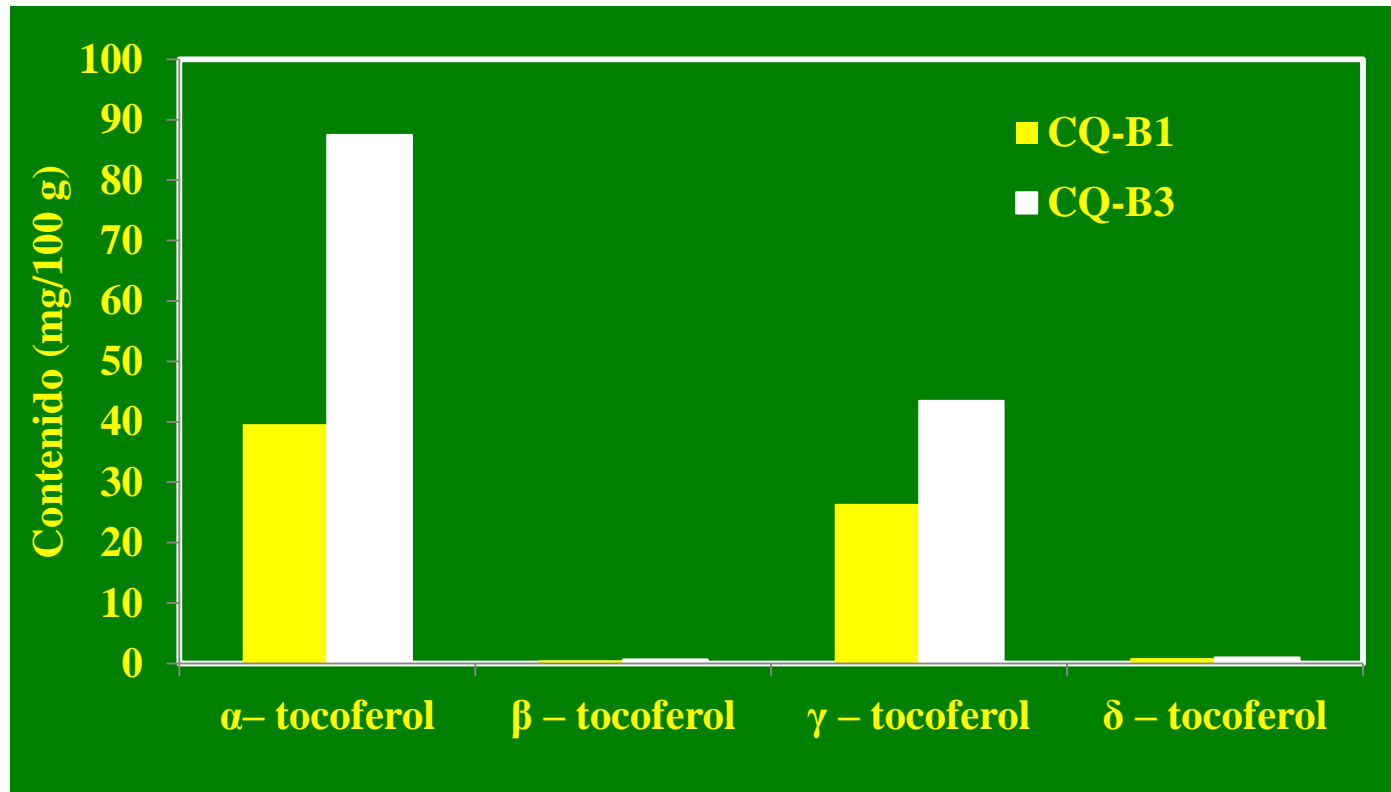


SFA ~ 14.9 %
MUFA ~ 2.2 %
PUFA ~ 55.3 %



omega-6/omega-3
5 - 10

Los lípidos son estables, dado el contenido de vitamina E y otros tocoferoles; además de la sinergia de estos con los polifenoles



- ❑ El contenido de tocoferoles 65 - 135 mg/100 g de aceite. **Similar al aceite de sacha inchi.**
- ❑ Otras vitaminas :B1 (0.65 mg/100 g), B3 (1.6 6 mg/100 g) y B2 (0.081mg/100 g)

Influencia del procesamiento en las características nutricionales/funcionales de la quinua



La desaponificación - lavado:

- Métodos de tratamiento húmedo y seco, manuales o mecánicos
- Los métodos abrasivos ocasionan pérdidas importantes de minerales (40% Ca, 10% P), pero no influyen en contenido de proteínas y lípidos son los que usan pulidoras

Cultivar	% Kernel Removed	Oil (%)	Protein^b (%)	Ash (%)
Real	0	6.72	13.4	3.37
	3.1	6.87	13.5	2.93
	6.7	6.96	13.7	2.62
	8.5	6.76	13.3	2.40
Kancolla Rosanna	0	6.03	15.9	3.07
	4.0	6.14	15.8	2.67
	6.7	6.31	16.0	2.61
	9.5	6.39	16.0	2.60

^a Results are an average of duplicate determinations and are reported on a dry weight basis.
^b N × 6.25.

Influencia de la temperatura

- Los tratamientos térmicos a temperaturas mayores a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, como el secado conlleva a pérdidas de proteínas ($\sim 10\%$) debido a la disminución de solubilidad, desnaturalización o la formación de productos de la reacción de Maillard
- Los procesos de cocción convencionales (ebullición, horneado, microondas) y por extrusión mejoran la digestibilidad de la proteína
- Pérdida de $\sim 12\%$ de lípidos durante el secado a temperaturas mayores a $60\text{ }^{\circ}\text{C}$, probablemente debido a la acción de enzimas lipolíticas durante los primeros minutos de secado y/o a la oxidación



Gracias