FORO DE LA ALIMENTACIÓN,
LA NUTRICIÓN Y LA SALUD

I JORNADA DE REVALORIZACIÓN DE LAS LEGUMBRES SECAS PARA LA ALIMENTACIÓN HUMANA

GRUPO DE ESTUDIO DE FIBRA ALIMENTARIA (GEFA)

29 de mayo 2015

Bolsa de Cereales. CABA. ARGENTINA

Guillermo D. Manrique

Universidad Nacional del Centro
de la Provincia de Buenos Aires
Facultad de Ingeniería
Departamento de Ingeniería Química
Núcleo de Investigación Tecnología de Semillas y Alimentos

Avda. del Valle 5737
(7400) Olavarría
Buenos Aires
ARGENTINA
Tel./Fax: + 54 2284 551055 int. 243
e-mail: *gmanrique@fio.unicen.edu.ar*







REVALORIZACIÓN DEL PERFIL NUTRICIONAL DE LAS LEGUMBRES

CONTENIDOS

Revisión de características relevantes de las legumbres como alimentos vegetales

- Perfil nutricional general
- Aporte de proteínas y fibra alimentaria
- Calidad proteica
- Factores antinutricionales
- Análisis del perfil de fibra
- Compuestos bioactivos
- Usos como ingredientes

Planteo de desafíos científico tecnológicos para obtener variedades de legumbres

- Mejor calidad nutricional
- Mayor productividad

CÓDIGO ALIMENTARIO ARGENTINO

Definiciones

Capítulo XI: ALIMENTOS VEGETALES

Artículo 877
(Resolución Conjunta SPReI N° 169/2013 y SAGyP N° 230/2013)

Con el nombre de legumbres, se entiende a los frutos y las semillas de las leguminosas.

1- Se entiende por legumbre fresca la de cosecha reciente y consumo inmediato en las condiciones habituales de expendio.

2- Las legumbres secas, desecadas o deshidratadas no presentarán un contenido de agua superior al 13% determinado a 100-105° C.

Categoría y nombre común	Nombre taxonómico
Legumbres	
Arveja, alverja o guisante	*Pisum sativum* L.
Dólicos, poroto de Egipto, poroto japonés	*Lablab purpureus* (L.) Sweet
Garbanzo	*Cicer arietinum* L.
Habas	*Vicia faba* L.
Lenteja	*Lens culinaris* Medik.
Lentejón	*Lens culinaris* Medik. var. *macrosperma* (Baumg.) N.F. Mattos
Lupino o altramuz común: amarillo: azul:	 *Lupinus albus* L. *Lupinus luteus* L. *Lupnius angustifolius* L.
Poroto adzuki	*Vigna angularis* (Willd) Ohiwi & H. Ohashi.
Poroto alubia, poroto blanco oval, poroto negro, poroto colorado	*Phaseolus vulgaris* L.
Poroto manteca	*Phaseolus lunatus* L.
Poroto mung	*Vigna radiata* (L.) R. Wilczek.
Poroto pallar, judías de España	*Phaseolus coccineus* L.
Poroto tape o caupí	*Vigna ungiculata* (L.) Walp.
Soja o soya	*Glycine max* (L). Merr.

CAA-Artículo 877

LEGUMBRES DE MAYOR PRODUCCIÓN MUNDIAL

Poroto o frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)





Haba (*Vicia faba* L.)

Arveja (*Pisum sativum* L.)



Garbanzo (*Cicer arietium* L.)





Guandú o gandul (*Cajanus cajan* L Millsp)

Poroto negro (*Vigna mungo* L.)





Poroto mung, chino o soja verde (*Vigna radiata* L Wilczek)

Almorta (*Lathyrus sativus* L.)





Lupin (*Lupinus* spp.)

Lenteja (*Lens culinaris* Medik L. Walsp)





Poroto tape o caupí (*Vigna unguiculata*)

Poroto alado (*Psophocarpus tetragonolobus* L.)

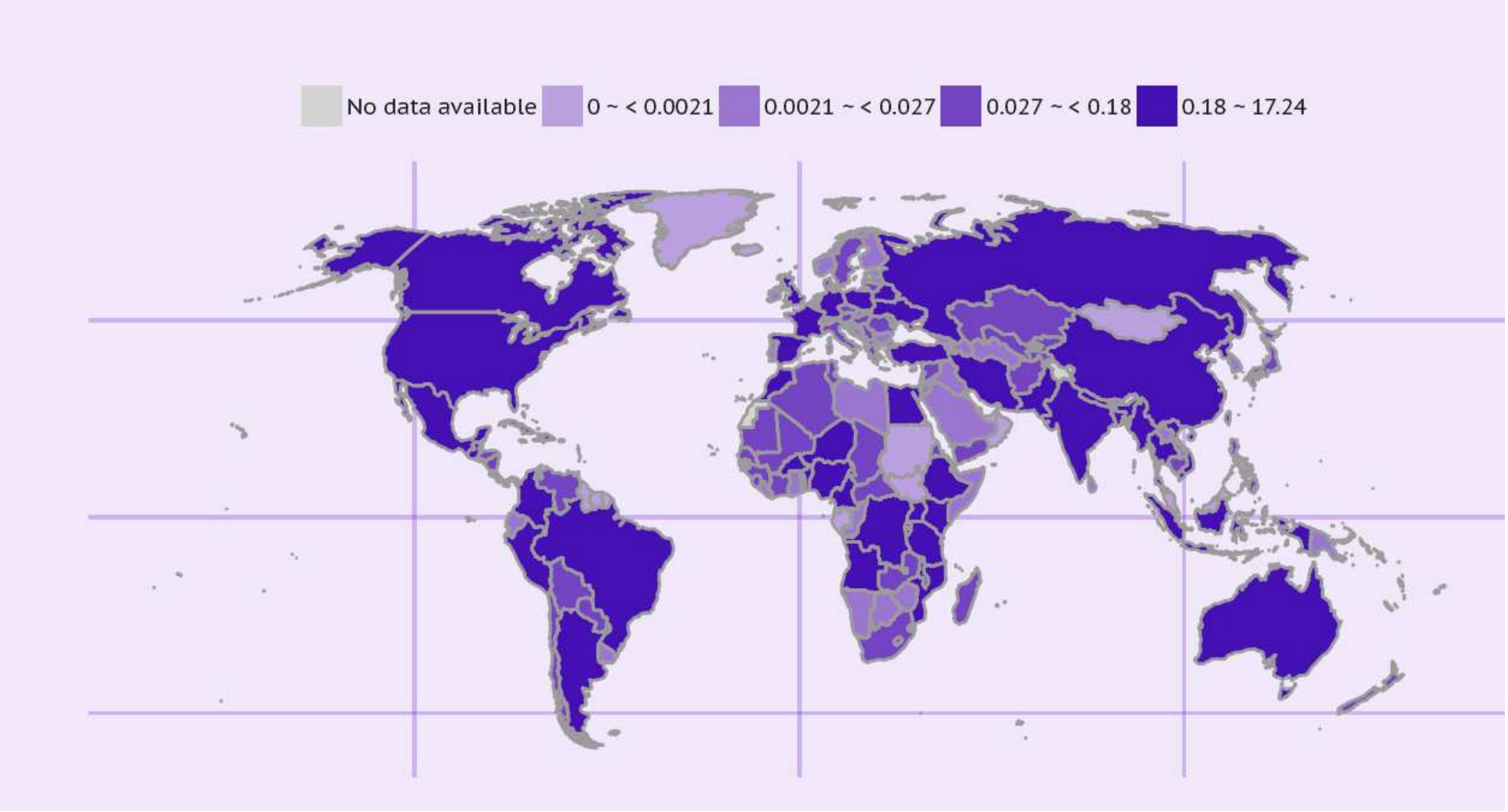


LEGUMBRES

- Más de 20 tipos de granos se cultivan en el mundo
- Fuentes de proteínas de origen vegetal más ricas
- 8 familias (mono y dicotiledóneas)
- Distribuidas en diversas regiones geográficas y climáticas



Países productores de legumbres
(millones de tn, 2010)



FAO - Statistical Yearbook 2013. World Food and Agriculture

Ranking de países productores de legumbres

	Pulses							
	area		yield		production			
	total	p.a. growth	total	p.a. growth	total		p.a. growth	
	thousand ha 2010	% 2000-10	thousand hg/ha 2010	% 2000-10	thousand tonnes 2009	thousand tonnes 2010	% 1990-99	% 2000-10
India	26 574	3.2	6	−0.8	14 072	17 236	1.0	2.3
Canada	2 928	2.2	18	−0.3	5 189	5 347	23.5	1.9
Myanmar	3 898	5.2	12	5.0	4 816	4 492	16.0	10.5
China	2 786	−1.9	14	2.7	4 331	3 891	−0.2	−1.9
Nigeria	3 008	−2.1	11	6.6	2 422	3 422	5.5	4.3
Brazil	3 454	−2.3	9	2.8	3 514	3 172	1.9	0.4
United States of America	1 406	5.1	18	0.1	2 293	2 595	3.2	5.2
Australia	1 753	−2.4	11	1.3	1 804	1 954	8.1	−1.0
Ethiopia	1 484	2.8	13	3.7	1 971	1 888		6.6
Niger	5 707	8.3	3	10.9	847	1 832	3.5	20.1
Mexico	1 755	0.4	8	0.8	1 325	1 429	4.7	1.2
United Republic of Tanzania	1 995	5.6	7	−0.5	1 293	1 411	4.5	5.2
Russian Federation	999	2.2	14	−0.5	1 579	1 401		1.8
Turkey	897	−5.3	15	5.8	1 237	1 345	−2.1	0.2
France	429	−0.9	25	−5.4	1 021	1 089	−0.7	−6.2
Pakistan	1 567	0.0	5	−0.9	1 056	860	0.2	−0.8
Iran (Islamic Republic of)	790	−2.5	9	5.3	508	729	5.7	2.7
United Kingdom	210	0.1	35	−0.9	839	727	0.3	−0.8
Burkina Faso	1 396	15.8	5	−0.7	515	709	4.4	15.0
Uganda	1 144	2.7	6	−1.5	648	654	1.4	1.1
Kenya	1 120	−0.3	5	2.5	593	593	−3.0	2.2
Ukraine	391	0.5	15	−1.5	624	592		−1.0
Cameroon	569	6.9	9	0.7	498	532	14.8	7.6
Malawi	688	4.1	6	1.6	442	436	1.0	5.7
Argentina	322	0.9	13	1.2	382	413	8.6	2.1
Spain	382	−1.8	10	1.9	293	391	0.2	0.1
Rwanda	367	0.1	10	4.6	360	365	−4.1	4.7
Poland	170	1.9	21	1.1	272	356	−6.4	3.0
Egypt	110	−2.7	29	−0.3	392	315	−3.7	−3.0
Democratic People's Republic of Korea	377	0.5	8	−1.0	335	304	−1.2	−0.5
Viet Nam	366	0.6	8	1.6	288	303	2.8	2.2

FAO - Statistical Yearbook 2013. World Food and Agriculture

Contribuciones al aporte energético total de la dieta
(mundial)



Share of dietary energy supply	1992	2002	2014
Cereals - excluding beer (%)*	50.6	48.1	34.8
Starchy roots (%)*	5.0	5.1	2.6
Sugar and sweeteners (%)*	8.7	8.5	16.8
Pulses (%)*	2.2	2.1	0.6
Treenuts (%)*	0.3	0.4	0.0
Oilcrops (%)*	1.6	1.9	0.0
Vegetables (%)*	2.0	2.8	1.5
Fruits - excluding wine (%)*	2.5	2.8	3.0
Alcoholic beverages (%)*	2.5	2.3	10.1
Stimulants (%)*	0.2	0.2	1.9
Meat and offals (%)*	7.0	7.7	16.9
Vegetable oils and animal fats (%)*	10.8	11.3	8.5
Fish, seafood and aquatic products (%)*	1.0	1.1	1.7
Milk - excluding butter (%)*	4.4	4.5	7.3
Eggs (%)*	1.0	1.2	0.6

Food and Nutrition in Numbers 2014. FAO

Contribuciones al aporte energético total de la dieta
(Latinoamérica y Caribe)



Share of dietary energy supply	1992	2002	2014
Cereals - excluding beer (%)*	38.4	36.7	33.3
Starchy roots (%)*	4.2	4.1	2.5
Sugar and sweeteners (%)*	16.1	14.3	16.1
Pulses (%)*	3.8	3.7	0.6
Treenuts (%)*	0.1	0.2	0.0
Oilcrops (%)*	0.8	1.4	0.0
Vegetables (%)*	1.1	1.3	1.4
Fruits - excluding wine (%)*	4.3	4.4	2.9
Alcoholic beverages (%)*	2.6	2.5	9.6
Stimulants (%)*	0.2	0.3	1.8
Meat and offals (%)*	8.3	10.2	16.1
Vegetable oils and animal fats (%)*	12.7	12.7	8.1
Fish, seafood and aquatic products (%)*	0.5	0.6	1.6
Milk - excluding butter (%)*	5.5	6.2	7.0
Eggs (%)*	1.0	1.1	0.5

Food and Nutrition in Numbers 2014. FAO

Contribuciones al aporte energético total de la dieta
(Argentina)



Share of dietary energy supply	1992	2002	2014
Cereals - excluding beer (%)*	31.9	32.0	*33.3*
Starchy roots (%)*	3.4	3.6	*2.8*
Sugar and sweeteners (%)*	13.7	14.8	*14.7*
Pulses (%)*	0.4	0.3	*0.2*
Treenuts (%)*	0.1	0.1	*0.1*
Oilcrops (%)*	0.1	0.1	*0.1*
Vegetables (%)*	1.8	1.7	*1.6*
Fruits - excluding wine (%)*	2.6	3.2	*2.4*
Alcoholic beverages (%)*	4.6	3.3	*3.3*
Stimulants (%)*	0.3	0.3	*0.3*
Meat and offals (%)*	18.0	17.0	*18.4*
Vegetable oils and animal fats (%)*	13.4	13.2	*12.9*
Fish, seafood and aquatic products (%)*	0.4	0.4	*0.3*
Milk - excluding butter (%)*	8.3	8.9	*8.2*
Eggs (%)*	0.9	0.8	*1.3*

Food and Nutrition in Numbers 2014. FAO



LEGUMBRES

ASPECTOS NUTRICIONALES

GENERALIDADES

Granos de leguminosas

Se consumen como granos enteros o molidos

25 y 30 % de proteínas

< 2 % de lípidos

Soja (leguminosa oleaginosa)

Alto contenido de lípidos (> 20 %)

Genera subproductos ricos en proteínas (20-50 %)

Cultivo	Especies	Proteínas	Aceite	Carbohidratos	Fibra	Minerales
Oleaginosas	Colza (*Brassica napus*)	24	40	24	6	4,5
	Algodón (*Gossypium spp.*)	22	26	27	23	3,7
	Maní (*Arachis hypogaea*)	26	49	16	8	2,3
	Soja (*Glycine max*)	36	20	30	9	5
	Girasol (pepita) (*Helianthus annuus*)	22	52	20	9	3
Legumbres	Porotos (*Phaseolus spp.*)	21	1	62	25	3,8
	Habas (*Vicia faba*)	26	1	58	25	3,1
	Arveja (*Pisum sativum*)	24	1	60	25	2,6
	Garbanzo (*Cicer arietinum*)	20	6	61	18	2,5
	Lenteja (*Lens culinaris*)	26	1	60	31	2,5

Composición media de algunas especies de oleaginosas y legumbres (% en producto seco comercial)

REVALORIZACIÓN DEL PERFIL NUTRICIONAL DE LAS LEGUMBRES

PERFIL NUTRICIONAL DE LEGUMBRES

Aspectos generales relevantes

- Fuentes de fibra alimentaria
- Aportan mayores cantidades de proteínas que oleaginosas
- Contenidos de carbohidratos totales comparables con cereales
- Perfil de carbohidratos difiere con la especie
- Almidón componente más abundante en todos los casos
- Importante contenido de minerales (Ca, P, Fe, Cu, Mo)
- Fuentes de vitaminas (tiamina, riboflavina, ácido nicotínico y carotenos)

PROTEÍNAS DE LEGUMBRES

REVALORIZACIÓN DEL PERFIL NUTRICIONAL DE LAS LEGUMBRES

Composición aminoacídica → **CALIDAD PROTEICA**

Ricas en lisina

Deficientes en triptófano y aminoácidos azufrados

	Aminoácido	Porotos	Lentejas	Garbanzos	Arvejas	FAO*
Dibásicos	Lisina	6,8	5,1	6,3	8,9	4,8
	Histidina	2,8	2,1	2,3	2,7	1,6
Alifáticos	Valina	5,4	5,1	5,5	6,5	4,0
	Leucina	8,9	5,5	8,2	9,5	6,1
	Isoleucina	6,0	5,8	6,0	7,4	3,0
Tioaminoácidos	Metionina	1,0	0,6	1,2	1,3	2,3
	Cisteína	0,4	1,2	1,1	0,9	
Hidroxiaminoácidos	Treonina	3,3	3,0	3,4	4,2	2,5
Indólico	Triptófano	1,0	0,6	0,8	0,7	0,7
Aromáticos	Fenilalanina	5,5	4,0	4,9	4,6	4,1
	Tirosina	2,8	2,5	2,4	2,9	

Composición media de aminoácidos esenciales de proteínas de legumbres (g/100 g de proteína)

**Valores para cálculo de score de proteínas alimentarias en el caso de humanos mayores de 3 años. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation. FAO Food and Nutrition Paper 92, 2011.*

PROTEÍNAS DE LEGUMBRES

REVALORIZACIÓN DEL PERFIL NUTRICIONAL DE LAS LEGUMBRES

CALIDAD PROTEICA ⇐ Disponibilidad de aminoácidos

- Inhibidores de proteasas
- Accesibilidad de enlaces peptídicos
- Aplicación de procesos

Legumbre	Digestibilidad (%)	Score (%)	PDCAAS (%)
Lentejas	80-93	78	67
Garbanzos	76-90	100	83
Arvejas	71-94	95	78
Porotos	60-83	60	43
Habas	58-65	75	47

⇐ **Valores medios de digestibilidad aparente, score y score corregido por digestibilidad de proteínas de legumbres cocidas.**

LEGUMBRES CON NIVELES ÓPTIMOS DE AMINOÁCIDOS

POSIBLES ESTRATEGIAS

Heterogeneidad en composición aminoacídica de fracciones proteicas de diferentes legumbres

→ **I. Selección de genotipos con altos niveles de proteínas ricas en azufre**
(albúminas de *Pisum* o conglutina de *Lupinus*)

La mayoría de las proteínas de legumbres son:

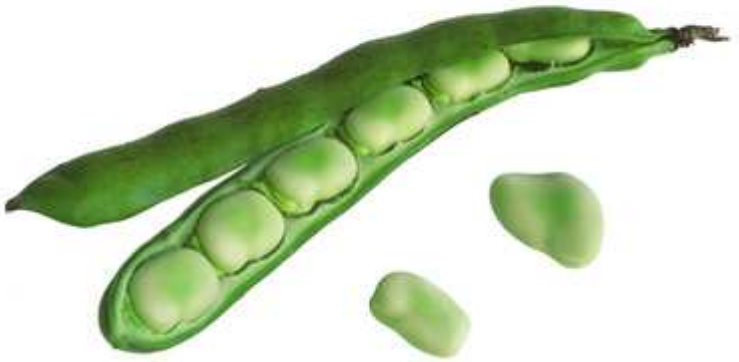
- Productos génicos tejido-específicos
- Biosintetizadas rápidamente en un período corto
- Producidas en las cercanías del sitio de acción del gen

→ **II. Aplicación de técnicas de DNA recombinante**
(mejoramiento del perfil proteico)

FACTORES ANTINUTRICIONALES DE LEGUMBRES

Inhibidores de proteasas (ej. inhibidor de tripsina)
Lectinas (fitohemaglutininas)
- Inactivados por calor

Otros
- Habas
  - Taninos
  - Vicina
  - Convicina



Descascarado elimina taninos
- vicina y convicina son constituyentes del embrión (termoestables)

Identificación de genotipos con contenidos casi nulos de glicósidos para cruzamiento

Obtención de variedades genéticamante modificadas con síntesis de antocianinas bloqueada (semillas con bajos contenidos en taninos en tegumento)

FIBRA ALIMENTARIA

INSOLUBLE

Promueve tránsito intestinal
Favorece desarrollo de microflora intestinal

Celulosa
Hemicelulosas
Lignina
Almidón resistente

SOLUBLE

Contribuye a disminuir colesterol y a regular niveles de glucosa en sangre

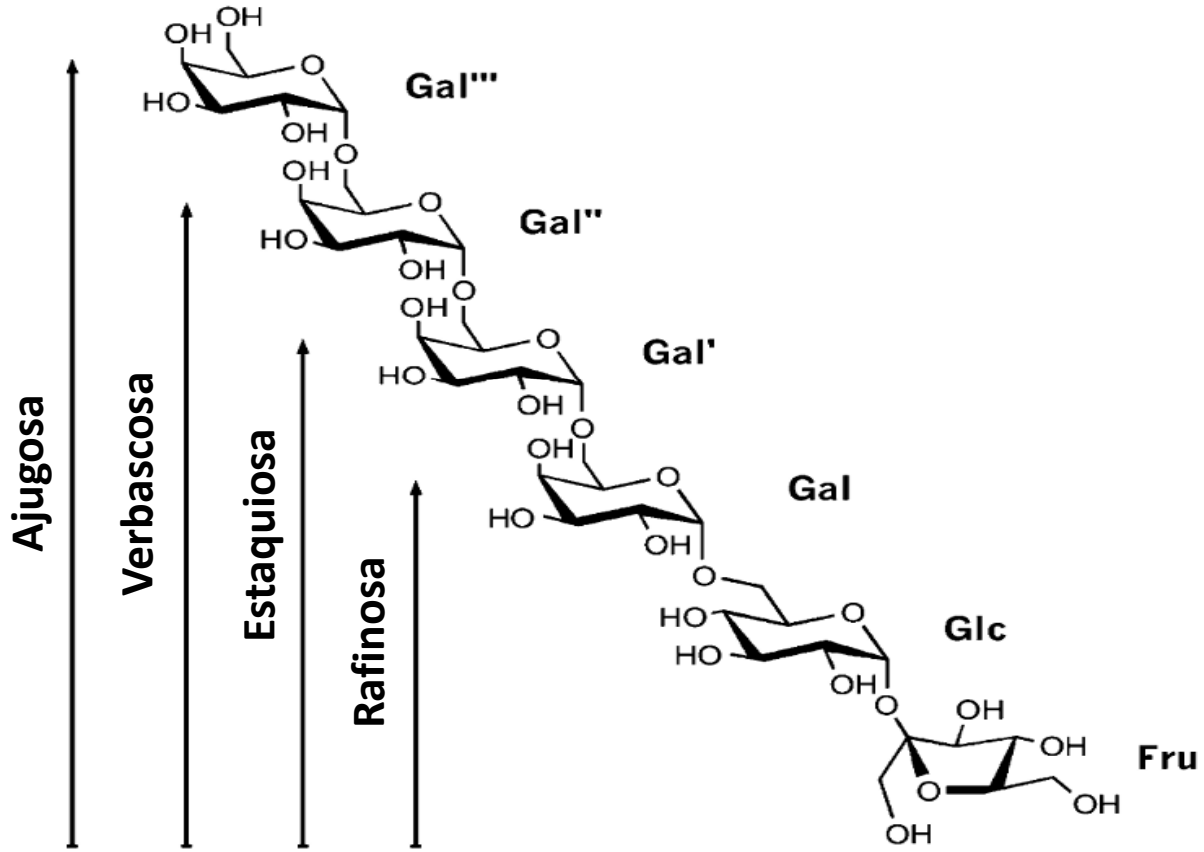
Oligosacáridos (FOS, GOS, etc.)
Pectinas
Fructanos
Gomas

Propiedades de la fibra determinantes de su efecto:

- Capacidad de retención de agua
- Viscosidad
- Fermentabilidad
- Efecto voluminizador
- Capacidad de ligar ácidos biliares

α-galactooligosacáridos (GOS)

Constituyentes de la fibra soluble presente en legumbres.



Se les atribuyó efectos de flatulencia luego del consumo de legumbres.
Actualmente reconocidos como compuestos con acción prebiótica.

Contenidos de GOS en porotos, arvejas, lentejas y garbanzos:

varían de 2 a 10 g /100 g (b. s.)

Valores dependen del cultivar, factores genéticos, ambientales y madurez de la semilla.

Numerosos estudios se enfocaron en el desarrollo de métodos para reducir o eliminar los GOS de legumbres (desde remojado hasta manipulación genética).

Se ha demostrado mediante estudios *in vitro* e *in vivo* que los efecto que los GOS ejercen sobre la microflora intestinal generan efectos beneficiosos en la salud del huésped.

Obtención de GOS comerciales para aplicaciones en alimentos:

1) Procesos químicos y enzimáticos (β-galactooligosacáridos producidos por transglicosilación enzimática de la lactosa).

1) A partir de fuentes naturales, tal como los GOS extraídos del suero de soja (rafinosa y estaquiosa).

FIBRA ALIMENTARIA DE LEGUMBRES

Fuentes de fibra alimentaria soluble e insoluble

Efecto fisiológico

aportes a un buen estado de salud

Efecto tecnológico

modificaciones de textura

capacidad de absorción de agua/grasas

Tipo de fibra	Poroto	Garbanzo	Lenteja	Arveja
Soluble	3-6	4-8	2-7	2-9
Insoluble	20-28	10-18	11-17	10-15
Total	23-32	18-22	18-20	14-26

Contenidos de fibra alimentaria en granos enteros de algunas legumbres (g/100 g de producto seco comercial).

FIBRA ALIMENTARIA DE LEGUMBRES

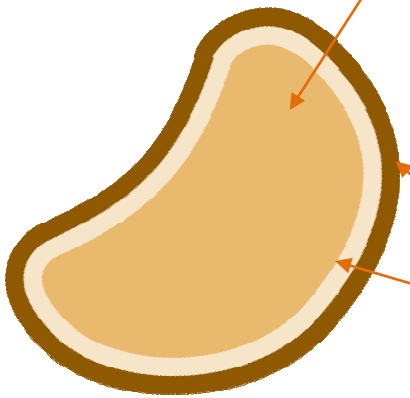
Espesor del tegumento varía de acuerdo a especie y variedad

A mayor espesor mayor aporte de fibra insoluble

Diferentes contenidos de fibra en los tegumentos (base seca):

Garbanzo: 75 %
Lenteja: 87 %
Arveja: 89 %

Pueden obtenerse ingredientes para alimentos (molienda, fraccionamiento)



Cotiledones
Polisacáridos de la pared celular
(diferentes grados de solubilidad)

Capas externas y tegumento
Polisacáridos insolubles
Algunas pectinas

FIBRA ALIMENTARIA DE LEGUMBRES

Fraccionamiento de la fibra de legumbres

Métodos secos: molienda, tamizado, venteado de granos enteros o sin tegumento.

Fibra insoluble disminuye al retirar tegumento de los granos.

Niveles de fibra soluble prácticamente no varían.

LEGUMBRE	Fibra insoluble (% b. s.)	
	Grano entero	Grano s/tegumento
Lentejas	11,4	4,1
Arvejas	11,3	5,3
Garbanzos	10,0	6,5

Variación del contenido de fibra insoluble en granos de legumbres enteros o sin tegumentos molidos (% b. s.)

Métodos por vía húmeda

Previa solubilización del almidón y proteínas, se separa fracción insoluble

Polisacáridos de la fracción soluble pueden precipitarse con alcohol

Oligosacáridos permanecen solubilizados en extracto

FIBRA ALIMENTARIA DE LEGUMBRES

Aplicaciones de las fibras de legumbres

Determinadas por su funcionalidad y condiciones de procesamiento

Pueden afectar color y *flavor* (condicionan cantidades a usar)

Ej. Fibra de arvejas comercial (cotiledones y tegumentos)

Principal uso: enriquecimiento en fibra de productos libres de gluten a base de arroz, maíz o papa

No se producen fibras de otras legumbres

Se han utilizado harinas de garbanzo y lentejas en nuevos productos (pastas)

Aplicaciones dirigidas a:

- Enriquecimiento de fibra
- Fortificación de nutrientes
- Modificaciones de textura en productos bajos en grasa

FIBRA ALIMENTARIA DE LEGUMBRES

Ejemplos de aplicaciones de la fibra de legumbres en alimentos

FUNCIÓN	Legumbre	Tipo de material			PRODUCTOS ALIMENTICIOS
		Cotiledón	Tegumento	Harina	
Enriquecimiento de fibra	Poroto		x		Horneados
	Garbanzo	x	x	x	Panificados
	Lenteja	x	x		Panificados
	Arveja	x	x		Panificados
			x		Horneados, panificados y pastas
Fortificación de nutrientes	Poroto			x	Pastas
	Garbanzo			x	Horneados y pastas
	Lenteja			x	Pastas
	Arveja			x	Pastas
Modificación de textura	Garbanzo			x	Fiambres low fat
	Arveja	x			Hamburguesas low fat, pasta de pescado
				x	Salchichas low fat

FIBRA ALIMENTARIA DE LEGUMBRES

Aplicaciones en alimentos

Panificados, productos horneados y productos basados en cereales:
matrices más utilizadas para enriquecimiento de fibras.

Beneficios tecnológicos asociados en panificados
Agregado de 2 a 20 %, de fibras de cáscara de arveja (84 % de FT, 2-10 % FS), respecto a salvado de trigo produce:

- Aumento en la capacidad de retención de agua (menor retrogradación)
- Modificaciones del comportamiento de la masa (aumento de resistencia a la deformación y disminución de extensibilidad)
- Corteza de un color más claro y amarillo, y mayor suavidad
- Menor volumen específico

Otras aplicaciones para conferir un beneficio nutricional

Baja viscosidad de fibras solubles permite incorporarlas en jugos o bebidas funcionales

FIBRA ALIMENTARIA DE LEGUMBRES

Efecto de la aplicación de procesos

Descascarado

Disminuye FI

Germinación

Aumenta principalmente FS y en menor medida FI

Activación del metabolismo de carbohidratos

Cocción

Sin cambio sustancial en el contenido de FT

FS aumenta en detrimento de la FI

Degradación de pectinas de la lamela media

Solubilización parcial y depolimerización de hemicelulosas y pectinas

Tratamientos enzimáticos(pectinasas, celulasas)

Aumenta FS

Se mejoran propiedades sensoriales (textura más suave)

Se reduce la absorción de aceite y la capacidad de retención de agua

Extrusado

Aumenta FS, disminuye FI

Remojado

Fermentación



CONSIDERACIONES FINALES

- Gran desarrollo de la tecnología del DNA recombinante a partir de la década del 80.
- Cultivos de legumbres: clave en la agricultura sustentable.
- Incremento de rendimientos de producción de legumbres por mejoramiento genético rezagado respecto a cereales.
- Varias especies de cereales mejoradas se cultivan masivamente en la actualidad.
- Primer especie de legumbre transgénica: *Vigna aconitifolia,* 1987.
- No se produjeron avances significativos con legumbres para producir especies comerciales (excepto soja).



CONSIDERACIONES FINALES

"*targets*" para el desarrollo de legumbres transgénicas:

1) Resistencia a pestes de insectos depredadores (por transferencia de genes obtenidos de *B. thuringiensis*)

2) Resistencia a enfermedades causadas por bacterias, hongos y virus (genes útiles: quitinasa, estilbeno sintasa, proteínas antifungales, proteínas de cubierta para virus, lisozima para bacterias)

3) Adecuación a factores abióticos (sequía, salinidad , anegamiento, temperatura, etc.)

4) Variedades enriquecidas en tioaminoácidos.

5) Cambio de la anatomía de la planta (por ejemplo, para tornarla apta para el cultivo mecánico).

6) Legumbres con biosíntesis modificada de carotenoides, flavonoides, como así también de factores antinutricionales.

Muchas

GRACIAS