



CYTAL-ALACCTA 2019
Buenos Aires, 20 – 22 noviembre 2019

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS Y NUTRICIONALES DE POROTOS DEL NOA

N. S. Argel¹, N. F. Nagai¹, J. M. Fili², S. C. Andrés¹

1 Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos (CIDCA, CONICET-CICPBA-UNLP), 47 y 116, La Plata, Argentina.

2 INTA, Estación Experimental Agropecuaria Salta, Cerrillos, Salta, Argentina.

E-mail: natalia.argel@gmail.com

RESUMEN

El poroto es una especie anual del género *Phaseolus* perteneciente a la familia *Fabaceae*. En Argentina es una de las leguminosas más destacadas de la región subhúmeda seca y semiárida del noroeste, y progresivamente consolida su evolución en virtud del aporte técnico y productivo que se lleva adelante en sus más de 50 años de historia en nuestro país. La producción de poroto, en sus distintas variedades, alubia, negro, rojo, pinto, etc. se concentra, efectivamente, en el Noroeste, con Salta y Jujuy como principales productores, seguidos de Tucumán, Catamarca y Santiago del Estero. Los porotos son reconocidos como alimentos saludables por su alto contenido de proteína y fibra dietaria, así como de almidón de digestión lenta y resistente, además de diversas sustancias bioactivas. Son alimentos esenciales para grandes poblaciones en muchos países, principalmente para personas de bajos recursos, dado que las proteínas vegetales son más económicas respecto a los animales. La forma más popular de consumo es como grano entero cocido, pero resultan adecuados para su aplicación en una amplia variedad de alimentos. En este trabajo se presenta un estudio sobre las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de porotos de distintas variedades INTA: blancos (alubia), rojos (*dark red kidney*), rosado (*ligh red kidney*) y negros. Sobre los porotos se determinaron tamaño y color (L^* , a^* y b^*). De cada variedad se obtuvieron harinas con molino ciclónico y sobre las mismas se analizó la composición proximal (métodos AOAC), pH, capacidad de absorción de agua y de aceite, actividad y estabilidad emulsificante, y concentración mínima de gelificación. Asimismo, se evaluaron los pigmentos, el contenido de compuestos fenólicos totales, y la capacidad antioxidante (métodos DPPH y ABTS). Las distintas variedades de porotos presentaron tamaños que oscilaron entre 6,4-8,1 y 10,1-16,5 mm de ancho y largo, respectivamente. Las harinas obtenidas presentaron humedad entre 9,27 y 11,63%, bajo contenido lipídico (inferior a 2%) y elevado contenido proteico (15,75-20,64%). El contenido de polifenoles varió entre 2,9-3,31 mg ác. gálico/g para las variedades blancas y 24,04 mg ác. gálico/g para las rojizas, mientras la capacidad antioxidante medida por ambos métodos fue mayor para la variedad negra seguida por las rojizas, siendo para las blancas las menores. El mayor contenido de clorofilas se observó para la variedad negra, y de carotenoides para la variedad roja. Con respecto a las propiedades funcionales, la capacidad de absorción de agua fue mayor a la de aceite. Todas las

variedades de porotos analizadas constituyen excelentes fuentes de proteína con adecuada capacidad antioxidante y aporte de polifenoles y pigmentos, y con adecuadas propiedades tecno-funcionales que las hacen potenciales ingredientes de sistemas alimentarios.

Palabras clave: porotos, harina, composición, antioxidantes

1. Introducción

Los porotos (*Phaseolus vulgaris*) son leguminosas (*Leguminosae*) de la familia *Fabaceae*. Nutricionalmente son reconocidos como una buena fuente de proteínas, con un alto contenido de almidón, fibra dietaria, minerales y vitaminas, como así también ricos en flavonoides, isoflavonas y polifenoles (Hayat y col., 2013). Son alimentos esenciales para grandes poblaciones en muchos países, principalmente para personas de bajos recursos, dado que las proteínas vegetales son más económicas respecto a las animales. La forma más popular de consumo es como grano entero cocido, pero por su contenido en proteínas, fibra dietaria, almidón resistente y compuestos bioactivos resultan adecuados para su aplicación en una amplia variedad de alimentos saludables, área aun no muy estudiada y con gran potencial (Gomes Basso Los y col., 2018).

Argentina es un productor mediano de legumbres, con 600 mil hectáreas cultivadas y más de 660.000 toneladas proyectadas de producción. Exporta casi toda su producción (97%) debido a su escaso consumo interno (3%), por lo que tiene una participación interesante en el comercio mundial, sobre todo de porotos, dado que el cultivo de éstos es el más importante dentro del sector de legumbres y se lleva a cabo en la región NOA (Noroeste) del país. La principal provincia productora de porotos es Salta, seguido por Santiago del Estero, Jujuy, Tucumán, Catamarca, y Córdoba.

El objetivo de este trabajo fue estudiar las propiedades fisicoquímicas y nutricionales de porotos de distintas variedades INTA.

2. Materiales y métodos

Se analizaron porotos de distintas variedades agronómicas INTA (INTA, Estación Experimental Agropecuaria Salta, Cerrillos, Salta), cuyos nombres y características se presentan en la Tabla 1.

Sobre las diferentes variedades de porotos se determinó el tamaño mediante calibre digital (SC111201, Schwyz SA). El color de la superficie de las muestras se determinó mediante el procesamiento de las imágenes obtenidas con una cámara digital y software

acoplado (Goñi y Salvadori, 2016). El sistema emplea un patrón de color X-Rite ColorChecker (X-Rite Inc., Grand Rapids, Michigan, USA), el cual permite ajustar un modelo empírico de conversión entre el espacio de color RGB de la cámara y el espacio de color L*a*b*.

Tabla 1. Variedades INTA de porotos estudiados.

Color	Variedad INTA
Blancos (Alubia)	<i>Cerrillos</i>
	<i>Paloma</i>
	<i>Leales B30</i>
Rojos	<i>Escarlata</i>
Rosados (<i>Ligh red kidney</i>)	<i>Anahí</i>
Negros	<i>Cegro 99/11-2</i>

De cada variedad se obtuvieron harinas con un molino ciclónico (UDY, 3010-030) utilizando una malla de 1 mm y sobre las mismas se analizó el contenido de humedad, proteínas, lípidos y cenizas (Métodos AOAC, 1984). Con respecto a las características fisicoquímicas, se determinó el pH sobre suspensiones al 10% p/v como así también la capacidad de absorción de agua (CAA) y de aceite (CAAc) mediante los métodos descritos por Kaur y Singh (2005). A su vez, se determinó la actividad y estabilidad emulsificante de las harinas de las diferentes variedades mediante la metodología de Yasumatsu y col., (1972) con modificaciones: se suspendió 1 g de muestra en 15 ml de agua destilada en tubo de centrifuga de 50 ml, se mezcló con un homogeneizador (DLab, D-500) a 14000 rpm por 30 segundos. Luego se adicionaron 15 ml de aceite de girasol y se emulsificó a 14000 rpm durante 120 segundos. Por último, se centrifugó a temperatura ambiente a 700g (Sorvall ST 16R) por 5 minutos. Para la estabilidad de la emulsión, se prepararon las emulsiones siguiendo los pasos anteriores, se colocaron en un baño a 80°C por 30 segundos, se enfriaron por 15 minutos y se centrifugaron a 700g por 5 minutos. Finalmente, se determinó la concentración mínima de gelificación (CMG) mediante la metodología descrita por Sathe y col., (1982), que se definió como la concentración a la cual la muestra no desliza cuando se invierten los tubos. Estas determinaciones se realizaron por cuadruplicado.

El contenido de pigmentos (clorofilas y carotenoides ($\mu\text{g/g}$)) se determinó sobre extractos de acetona/agua usando un espectrofotómetro T-60 (PG Instrument, Reino

Unido) según el método de Lichtenthaler (1987). El contenido de polifenoles totales (mg de ácido gálico/g) se determinó sobre extractos de acetona/agua 80:20 mediante el método de Folin-Ciocalteu. La capacidad antioxidante ($\mu\text{mol TROLOX/g}$) se determinó mediante los métodos DPPH y ABTS, también sobre extractos de acetona/agua 80:20. Las medidas fueron realizadas por duplicado.

Se realizaron análisis de varianza para todas las variables dependientes analizadas. Para las comparaciones pareadas simultáneas se eligió el test de Tukey, considerando un nivel de significación de $P < 0.05$, el software estadístico utilizado fue INFOSTAT (Di Rienzo y col, 2011).

3. Resultados y discusión

Las distintas variedades de porotos presentaron tamaños que oscilaron entre 6,4-8,1 de ancho y 10,1-16,5 mm de largo. Los parámetros de color (L^* , a^* y b^*) para los porotos enteros de las distintas variedades INTA se muestran en la Tabla 2.

Tabla 2. Parámetros L^* , a^* y b^* para las diferentes variedades INTA de porotos.

		L^*	a^*	b^*
Blancos	<i>Cerrillos</i>	84,4 ^d (2,7)	0,62 ^a (0,8)	6,2 ^b (1,4)
	<i>Paloma</i>	84,5 ^d (3,2)	0,75 ^b (0,9)	5,7 ^b (1,6)
	<i>Leales B30</i>	85,6 ^d (2,7)	0,82 ^c (0,9)	11 ^c (1,9)
Rojos	<i>Escarlata</i>	27,4 ^b (3,1)	14 ^c (2,2)	2,4 ^a (1,5)
Rosados	<i>Anahí</i>	35,9 ^c (2,2)	24 ^f (2,2)	14 ^d (2,4)
Negros	<i>Cegro 99/11-2</i>	23,9 ^a (1,7)	2,0 ^d (0,7)	-1,6 ^a (0,7)

*Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$) según el ensayo de Tukey. Los errores estándar de las medias se muestran entre paréntesis.

Se encontraron los mayores valores del parámetro L^* para las variedades blancas (*Cerrillos*, *Paloma*, *Leales B30*), seguidos de las rosadas y rojas, y el más bajo para la negra. La variedad rosada presentó los mayores valores de a^* y de b^* .

Las diferentes suspensiones de harina de porotos alcanzaron valores de pH entre 6,36-6,41. Los contenidos de humedad, proteínas, lípidos y cenizas encontrados en las harinas de las diferentes variedades de porotos se muestran en la Tabla 3. El contenido de humedad varió entre 9,27 y 11,88%. El contenido de proteínas fue mayor al 16,3%, alcanzándose valores de 20,6% para la variedad blanca *Paloma*. Con referencia a la cantidad de lípidos, en todos los casos fue bajo, no superando el 2%.

Tabla 3. Componentes (%) de harinas de diferentes variedades de porotos*

		Humedad (%)	Proteínas (%)	Lípidos (%)	Cenizas (%)
Blancos	<i>Cerrillos</i>	10,40 ^b (0,2)	19,79 ^{bc} (0,40)	1,19 ^a (0,007)	4,44 ^{bc} (0,002)
	<i>Paloma</i>	9,270 ^a (0,07)	22,59 ^d (0,73)	1,14 ^a (0,01)	4,58 ^{bcd} (0,02)
	<i>Leales B30</i>	10,46 ^b (0,02)	17,25 ^a (0,19)	1,37 ^b (0,05)	4,19 ^{ab} (0,02)
Rojos	<i>Escarlata</i>	11,88 ^c (0,03)	20,20 ^c (0,10)	1,64 ^c (0,02)	4,99 ^d (0,06)
Rosados	<i>Anahí</i>	11,58 ^c (0,02)	19,38 ^{bc} (0,07)	1,38 ^b (0,05)	4,69 ^{cd} (0,03)
Negros	<i>Cegro 99/11-2</i>	10,51 ^b (0,08)	17,90 ^{ab} (0,18)	1,77 ^c (0,01)	4,01 ^a (0,17)

*Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$) según el ensayo de Tukey. Los errores estándar de las medias se muestran entre paréntesis.

Los resultados obtenidos para la capacidad absorción de agua (CAA) y aceite (CAAc), la concentración mínima de gelificación (CMG) así como la actividad emulsificante (AE) y estabilidad de la emulsión (EE) se presentan en la Tabla 4.

Los valores de CAA en las harinas juegan un importante rol en la preparación de los alimentos ya que se relaciona con otras propiedades funcionales y sensoriales. La CAA puede afectar la textura de un producto cárnico, por ejemplo, ya que se relaciona con la consistencia, viscosidad y propiedades de adhesión. La CAA estuvo en el rango 1,40-1,95 g agua retenida/g harina, mientras que la CAAc osciló entre 0,701 y 0,916 g aceite/g harina. La CAAc de las harinas es un parámetro importante en el desarrollo de nuevos productos, así como también en la estabilidad de estos durante el almacenamiento, particularmente por la capacidad de retener *flavors* y su influencia en la rancidez oxidativa. Mientras que la CAA se relaciona con la humedad de los productos, con la retrogradación y duración del producto.

Respecto a la CMG, se observó que la gelificación comenzó a concentraciones $\geq 12\%$, similares a resultados obtenidos con harina de trigo por Siddiq y col. (2009).

El contenido proteico, como así también el de hidratos de carbono, pueden contribuir a la capacidad de emulsificación de estos sistemas. Sin embargo, las actividades emulsificante y estabilidad de las emulsiones presentadas por las diferentes variedades oscilaron dentro de acotados rangos (Tabla 4), mostrando la variedad rosada *Anahí* la mayor actividad emulsificante, y la variedad blanca *Cerrillos* la mayor estabilidad de la emulsión.

Tabla 4. Capacidad de absorción de agua (CAA) y aceite (CAAc), concentración mínima de gelificación (CMG), actividad emulsificante (AE) y estabilidad de la emulsión (EE) de harinas de diferentes variedades de porotos*

		CAA (g agua/g)	CAAc (g aceite/g)	CMG (%p/v)	AE	EE
Blancos	<i>Cerrillos</i>	1,40 ^a (0,02)	0,720 ^a (0,01)	14	64,2 ^a (1,5)	87,4 ^c (0,7)
	<i>Paloma</i>	1,62 ^{abc} (0,03)	0,701 ^a (0,007)	12	68,2 ^{ab} (0,9)	86,3 ^{bc} (0,6)
	<i>Leales B30</i>	1,90 ^{bc} (0,1)	0,807 ^b (0,016)	16	65,1 ^{ab} (2,2)	77,9 ^{ab} (0,6)
Rojos	<i>Escarlata</i>	1,95 ^c (0,01)	0,903 ^c (0,007)	12	71,0 ^{ab} (1,7)	82,9 ^{bc} (1,1)
Rosados	<i>Anahí</i>	1,93 ^{bc} (0,01)	0,916 ^c (0,008)	12	71,7 ^b (0,4)	78,8 ^b (1,4)
Negros	<i>Cegro 99/11-2</i>	1,56 ^{ab} (0,01)	0,847 ^b (0,003)	16	66,5 ^{ab} (0,8)	71,7 ^a (2,0)

*Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$) según el ensayo de Tukey. Los errores estándar de las medias se muestran entre paréntesis.

Los resultados obtenidos para la capacidad antioxidante y contenido de polifenoles totales se muestran en la Tabla 5. Los compuestos fenólicos de origen natural están predominantemente presentes en la cubierta de las semillas y están relacionados con el sabor y color de los alimentos. Además, el contenido de polifenoles está directamente relacionado con la actividad antioxidante (Amarowicz y col., 2005). Las harinas de porotos blancos (*Cerrillos*, *Paloma* y *Leales B30*) presentaron un menor contenido de polifenoles comparado con las otras variedades, siendo significativamente mayor para las harinas de porotos coloreados. Esto se relaciona con que las legumbres con mayor contenido de polifenoles son variedades oscuras, muy pigmentadas (Campos-Vega y col., 2010). Se pudo evidenciar que, a mayor contenido de polifenoles, resultó mayor la capacidad antioxidante de las harinas por ambos métodos estudiados.

Por otra parte, el mayor contenido de clorofilas totales (clorofila a + b) se observó para la variedad negra *Cegro 99/11-2* (77,27 (1,13) $\mu\text{g/g}$), mientras que las variedades blancas alcanzaron valores muy bajos para estos pigmentos (del orden de 23,11 $\mu\text{g/g}$). Por otra parte, la variedad roja *Escarlata* alcanzó el mayor contenido de carotenoides (12,60 (0,12) $\mu\text{g/g}$) respecto a las otras variedades.

Tabla 5. Contenido de polifenoles totales y capacidad antioxidante (métodos DPPH y ABTS) de harinas de diferentes variedades de porotos*

		Polifenoles totales (mg ác. gálico/g)	DPPH (μ mol Trolox/g)	ABTS (μ mol Trolox/g)
Blancos	<i>Cerrillos</i>	3,32 ^a (0,07)	4,43 ^a (0,7)	8,53 ^a (0,37)
	<i>Paloma</i>	2,90 ^a (0,04)	3,04 ^a (0,17)	7,08 ^a (0,16)
	<i>Leales B30</i>	2,46 ^a (0,11)	1,95 ^a (0,10)	5,62 ^a (0,10)
Rojos	<i>Escarlata</i>	22,5 ^b (2,8)	37,6 ^b (1,69)	63,3 ^b (4,67)
Rosados	<i>Anahí</i>	24,0 ^b (0,4)	43,5 ^c (1,89)	66,9 ^b (1,31)
Negros	<i>Cegro 99/11-2</i>	19,8 ^b (0,5)	53,3 ^d (1,56)	76,3 ^c (0,45)

*Diferentes superíndices en la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0.05$) según el ensayo de Tukey. Los errores estándar de las medias se muestran entre paréntesis.

4. Conclusiones

En base a todos los resultados analizados las seis variedades INTA de porotos estudiadas constituyen excelentes fuentes de proteína con adecuada capacidad antioxidante, contenido de polifenoles y pigmentos, y con adecuadas propiedades tecnológicas que las hacen potenciales ingredientes de sistemas alimentarios.

Agradecimientos

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET, Argentina), Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (Argentina) y Universidad Nacional de La Plata. En memoria de la Dra Alicia N. Califano (1951-2019), investigadora (CIDCA-CONICET, Argentina) altamente respetada y compañera a quien extrañamos profundamente.

Referencias

Amarowicz R., Troszyńska A., Baryłko-Pikielna N., Shahidi F. (2005) Polyphenoles extracts from legume seeds: correlation between total antioxidant activity, total phenolics content, tannins content and astringency. *Journal of Food Lipids*, 11 (4):278-286.

AOAC. 1984. Official Methods of Analysis (14th). Washington, DC. Association Official Analytical Chemists.

Boateng J., Verghese M., Walter L.T., Ogotu S. (2007). Effect of processing on antioxidant contents in selected dry beans (*Phaseolus* Spp. L.). *LWT - Food Science and Technology*, 41(9), 1541-1547

Campos-Vega R., Loarca-Piña G., Oomah B.D. (2010). Minor components of pulses and their potential impact on human health. *Food Research International* 43, 461-482

Di Rienzo, J.A., Casanoves, F., Balzarini, M.G, Gonzalez, L., Tablada, M., Robledo, C.W. (2011). InfoStat versión 2011. Grupo InfoStat, FCA, Universidad Nacional de Córdoba, Argentina.

- Gomes Basso, F., Ferreira Zielinski, A.A., Wojeicchowski, J.P., Nogueira, A., Demiate, I.M. (2018). Beans (*Phaseolus vulgaris L.*): whole seeds with complex chemical composition. *Current Opinion in Food Science*, 19, 63–71.
- Goñi, S.M, Salvadori, V.O. (2016). Color measurement: comparison of colorimeter vs. computer vision system. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 11(2), 538–547
- Hayat I., Ahmad A., Masud, T, Ahmed A., Bashir S. (2013). Nutritional and Health Perspectives of Beans (*Phaseolus vulgaris L.*): An Overview, *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(5), 580-592
- http://www.alimentosargentinos.gob.ar/contenido/revista/ediciones/45/cadenas/r45_08_LegumbresSecas.pdf
- http://www.alimentosargentinos.gob.ar/HomeAlimentos/Cadenas%20de%20Valor%20de%20Alimentos%20y%20Beneficios/informes/Ficha_cadena_Enero_2017_DNPAYB_Poroto_FEB_2017.pdf
- Kaur, M., Singh, N. (2005). Studies on functional, thermal and pasting properties of flours from different chickpea (*Cicer arietinum L.*) cultivars. *Food Chemistry*, 91, 403-411.
- Lichtenthaler, H.K. (1987). Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology*, 148, 350-382.
- Siddiq, M., Nasir, M., Ravi, R., Dolan, K. D., Butt, M. S. (2009). Effect of defatted maize germ addition on the functional and textural properties of wheat flour. *International Journal of Food Properties*, 12(4), 1–11.
- Yasumatsu, K., Sawada, K., Moritaka, S., Misaki, M., Toda, J., Wada, T., Ishii, K. (1972) Whipping and Emulsifying Properties of Soybean Products. *Agricultural and Biological Chemistry*, 36:5, 719-727