

QR depende de la temperatura y aumenta con el incremento de esta Tabla 3. Para la predicción del O₂ y CO₂ el modelo presentó influencia del tiempo y temperatura, obteniendo un R² de 0,9929 y 0,9963, Figura 1; con cambio de la temperatura, la velocidad de respiración, la textura y el crecimiento microbiano cambia; es por eso que las características fisiológicas y organolépticas del mango almacenado a 4 °C no presentaron cambio significativo.

BIBLIOGRAFÍA

- Nicolai, B., J. Lamertyn, W. Schotsmans and B. Verlinden. 2005. Chapter 14: Gas Exchange Properties of fruits and Vegetables. Engineering Properties of Foods. Third Edition-CRCpress ed. USA: Taylor & Francis Group. 768p.
- Del Valle, J. y M. Palma .2002. Atmósferas controladas y modificadas. p.p. 89-129 In: Nacional IP editor. CYTED: Temas de tecnología de Alimentos 1. México: Alfaomega.340 p.
- Nicolai, B., M. Hertog, Q. Ho and B. Verlinden.2009. Gas exchange modeling. p.p. 93-108 In: Yahia E, editor. Atmospheres for the Storage, Transportation, and Packaging of Horticultural Commodities. New York: CRC Press; 608p.
- Zapata, J., L. Carvajal y N. Ospina .2004. Aplicación de métodos combinados para la conservación de papaya hawiana (*Carica papaya*) cortada en láminas. Alimentación Equipos y Tecnología. 190 (23):113-120.
- Ravindra, M.R. and T.K. Goswami. 2008. Modelling the respiration rate of green mature mango under aerobic conditions. Biosystems Engineering. 99 (2):239-48.
- Bhande, S.D., M.R. Ravindra and T.K. Goswami. 2008. Respiration rate of banana fruit under aerobic conditions at different storage temperatures. Journal of Food Engineering. 87(1):116-23.
- ICONTEC.2003. Norma Técnica Colombiana NTC 5210. Frutas frescas. Mango. Variedades mejoradas. Especificaciones. Bogotá: Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación.
- Iqbal, T., F. Rodrigues, P. Mahajan and J. Kerry.2009. Mathematical modelling of the influence of temperature and gas composition on the respiration rate of shredded carrots. Journal of Food Engineering. 91(2):325-32.
- Conesa, A., F.A. Artés y F. Artés 2007. Modelización de la actividad respiratoria en pimiento mínimamente procesado en fresco. V Congreso Iberoamericano de Tecnología Pos cosecha y Agro exportaciones; Universidad Politécnica de Cartagena. editores.
- Torrieri, E., N. Perone, S. Cavella and P.Masi. 2010. Modelling the respiration rate of minimally processed broccoli (*Brassica rapa var. sylvestris*) for modified atmosphere package design. Journal of Food Science and Technology. 45 (10):2186-2193.
- Waghmare, R.B., P.V. Mahajan and U.S. Annapure. 2013. Modelling the effect of time and temperature on respiration rate of selected fresh-cut produce. Postharvest Biology and Technology. 80(0):25-30.
- Arrázola, G. y M. Villalba.2005. Enzimas 6. p.p. 67-80. In: Arrázola G, editor. Introducción a la química de los vegetales. Córdoba: Editorial Zenú.
- Lee, D., Y. Song and K. Yam.1996. Application of an Enzyme Kinetics Based Respiration Model to Permeable System Experiment of Fresh Produce. Journal of Food Engineering. 27 (3):297-310.

Estudio de las Relaciones entre la Composición y las Propiedades Tecnológicas de Ocho Harinas Vegetales Aplicando Análisis de Componentes Principales

Study of the Relationship between the Composition and Technological Properties of Eight Vegetable Flours Using Principal Component Analysis

Carolina Álvarez R^{1*}, Seneida Lopera Cardona¹, Cecilia Gallardo¹ y Ana Carolina Acevedo¹

¹ Grupo de Estabilidad de Medicamentos, Cosméticos y Alimentos. Universidad de Antioquia. Facultad de Química Farmacéutica. Cra 50ª N° 63-85, Medellín, Colombia.

*Correspondencia: seneida.lopera@yahoo.com

Resumen. Entre las principales materias primas utilizadas en la industria alimentaria se encuentran las harinas. En este estudio se caracterización harinas vegetales de: ahuyama (*Cucurbita máxima*), plátano verde (*Musa acuminata*), arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum spp*), quinua (*Chenopodium*

quinoa W) y granos germinados de garbanzo (*Cicer arietinum*) y lenteja (*Lens culinaris*), con el objetivo de evaluar las relaciones entre la composición y las propiedades tecnológicas como capacidades medibles de: absorción de agua, de hinchamiento, emulsificante, espumante y

propiedades térmicas de empaste, ara generar conocimiento y orientar su utilización tecnológica. Aplicando análisis de componentes principales, se encontraron tres grupos de harinas, respecto a su composición proximal y a sus propiedades funcionales así: (1) Leguminosas, (2) Ahuyama y (3) Plátano, trigo, quinua, arroz. Según las propiedades de empastado así: (1) Quinua, leguminosas, trigo, (2) Arroz y plátano y (3) Ahuyama.

Palabras clave: Absorción de agua, empastamiento, análisis de componentes principales.

Abstract. The main raw materials used in the food industry are flours. In this study a characterization of flours vegetables: pumpkin (*Cucurbita maximum*), green plantain (*Musa acuminata*), rice (*Oryza sativa*), wheat (*Triticum spp*), quinoa (*Chenopodium quinoa W*), sprouted chickpea (*Cicer arietinum*) and lentil (*Lens culinaris*), was done with the aim of evaluating the relationship between the composition and technological properties as measurable capabilities: water absorption, swelling, emulsifying, foaming and thermal properties of filling, to generate knowledge and guide their technological use. Applying principal component analysis, three groups of flour were found regarding their proximate composition and functional properties as well: (1) Legumes; (2) plantain, wheat, quinoa, rice; and (3) pumpkin. Three other groups were identified according to the pasting properties as follows: (1) Quinoa, legumes, wheat, (2) rice and plantain, and (3) squash.

Key words: water absorption (WAC). Pasting, principal component analysis (PCA).

INTRODUCCIÓN.

Los alimentos son sistemas complejos en los que las interacciones entre los diferentes componentes, gobiernan las características estructurales, texturales y organolépticas de estos. (Gaonkar, 2006). Las harinas son materiales secos, de alta aplicación en la formulación de alimentos, se obtienen de la molienda y posterior reducción del tamaño de partícula, entre 350 y 250 μm , (Kulp y Ponte, 2000). Las harinas de cereales y harinas no convencionales, obtenidas de otros vegetales, leguminosas, granos andinos, musáceas entre otras fuentes, se perfilan como potenciales ingredientes en el desarrollo de alimentos (León y Rosell, 2007), siendo estudiadas ampliamente, en aspectos tecnológicos y de composición (Boye y Zare, 2010); (Schoenlechner *et al.*, 2010); (Zucco *et al.*, 2011); (Wang y Toews, 2009); (Bhat y Karim, 2009). Las propiedades tecnológicas y fisicoquímicas afectan el comportamiento de un material en el proceso de transformación (Tiwari, 2011). Entre estas propiedades tecnológicas se encuentran las capacidades medibles de: absorción de agua

(CAA), de hinchamiento (CH), emulsificante (CEm), espumante (CEs) y las propiedades térmicas de empaste –RVA. El objetivo de este trabajo fue evaluar las relaciones entre la composición y las propiedades tecnológicas de ocho harinas vegetales para, aplicando análisis de componentes principales (PCA), para generar conocimiento y orientar su utilización tecnológica.

MATERIALES Y MÉTODOS.

Los materiales vegetales estudiados fueron ahuyama (*Cucurbita máxima*), plátano verde (*Musa acuminata*) variedad hartón, arroz (*Oryza sativa*), trigo (*Triticum spp*), quinua (*Chenopodium quinoa W*) y granos germinados de garbanzo (*Cicer arietinum*) variedad kabuli y lenteja (*Lens culinaris*) variedad verde seca. Se utilizaron harinas obtenidas bajo proceso de molienda estandarizado, hasta alcanzar un tamaño de partícula menor a 250 μm ; la harina de ahuyama con tamaño hasta 306 μm . La composición de las harinas (Tabla 1) se obtuvo aplicando métodos oficiales AOAC (1997).

Caracterización tecnológica. se realizó según métodos reportados por Capitani *et al.*, (2012) y Sridaran, (2012), evaluando Capacidad de absorción de agua (CAA), Capacidad de hinchamiento (CH), Capacidad Emulsificante (CEm) y Capacidad Espumante (CEs). Los análisis se realizaron por triplicado en un Laboratorio de investigación de la Universidad de Antioquia. Las propiedades de empastado fueron obtenidas usando un analizador rápido de viscosidad (RVA) con método AACCC (1995) N°61-02. Cada muestra se analizó por duplicado en el laboratorio de Cereales del Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo – CIAD, Hermosillo, México.

Análisis estadístico. Los datos fueron analizados mediante ANOVA de una vía (análisis de varianza). La media de separación se realizó mediante la prueba de rangos múltiples de Tukey. Se utilizó el Software Minitab Statistical versión 16.0 para el análisis de componentes principales (PCA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los gráficos del PCA se muestran en la Figura 1 y proporcionan una visión general de las similitudes y diferencias entre las harinas y de las interrelaciones entre las propiedades medidas. El análisis permitió categorizar las harinas respecto a su composición proximal y a sus propiedades funcionales en tres grupos claramente definidos (Figura 1–A) al igual que las propiedades de empastado permitieron la formación de tres grupos (Figura 1–C), gracias a la proyección de las variables en el plano del primer y segundo componente según las Figuras 1–B y D respectivamente. El PCA reveló una correlación negativa entre las cenizas y el contenido de almidón, mostró

una correlación directa entre CAA y CH y una relación indirecta entre esta última y el contenido de proteína. Confirmó además que existe una correlación positiva entre el contenido de proteína y la CE. Para las propiedades de empastado, se encontró que la viscosidad de caída se relaciona directamente con la viscosidad de pico, confirmó que existe una correlación positiva entre rompimiento, viscosidad de pico y viscosidad de caída, arrojó una correlación directa entre retrogradación, viscosidad de pico, rompimiento y viscosidad final y una correlación indirecta con la temperatura de empastado

Las propiedades funcionales, que se muestran en la Figura 2, presenta la relevancia de la capacidad de hinchamiento y la capacidad de emulsificación. La CEm de todas las muestras es alta, oscila entre 38 y 74%.

Por otra parte, la CE varió significativamente entre las harinas, mostrando una tendencia asociada al contenido de proteínas,

con diferencias significativas. Las propiedades de empastado están relacionadas con los cambios en la viscosidad aparente del almidón durante su cocción en exceso de agua. Los resultados se resumen en la Tabla 2. En la mayoría de los productos que contienen almidón, la gelatinización ocurre entre 60 y 65°C (Siddiq *et al.*, 2013); en las muestras analizadas la temperatura de empastado fue mayor, entre 68 y 89°C a excepción de la harina de ahuyama que mostró una temperatura de 50°C. Altas temperaturas de empastado sugieren gran resistencia térmica por parte del almidón, al hinchamiento y la ruptura.

El comportamiento de las harinas en este estudio permitió hacer la siguiente clasificación, presentado en las Figuras 3 y 4: Harinas con RVA típico asociado a su alto contenido de almidón, que incluyen trigo, arroz y plátano. Harinas con RVA atípicos están asociados al alto contenido proteico, menor contenido de almidón en las lenteja germinada y sin germinar, garbanzo germinado y quinua.

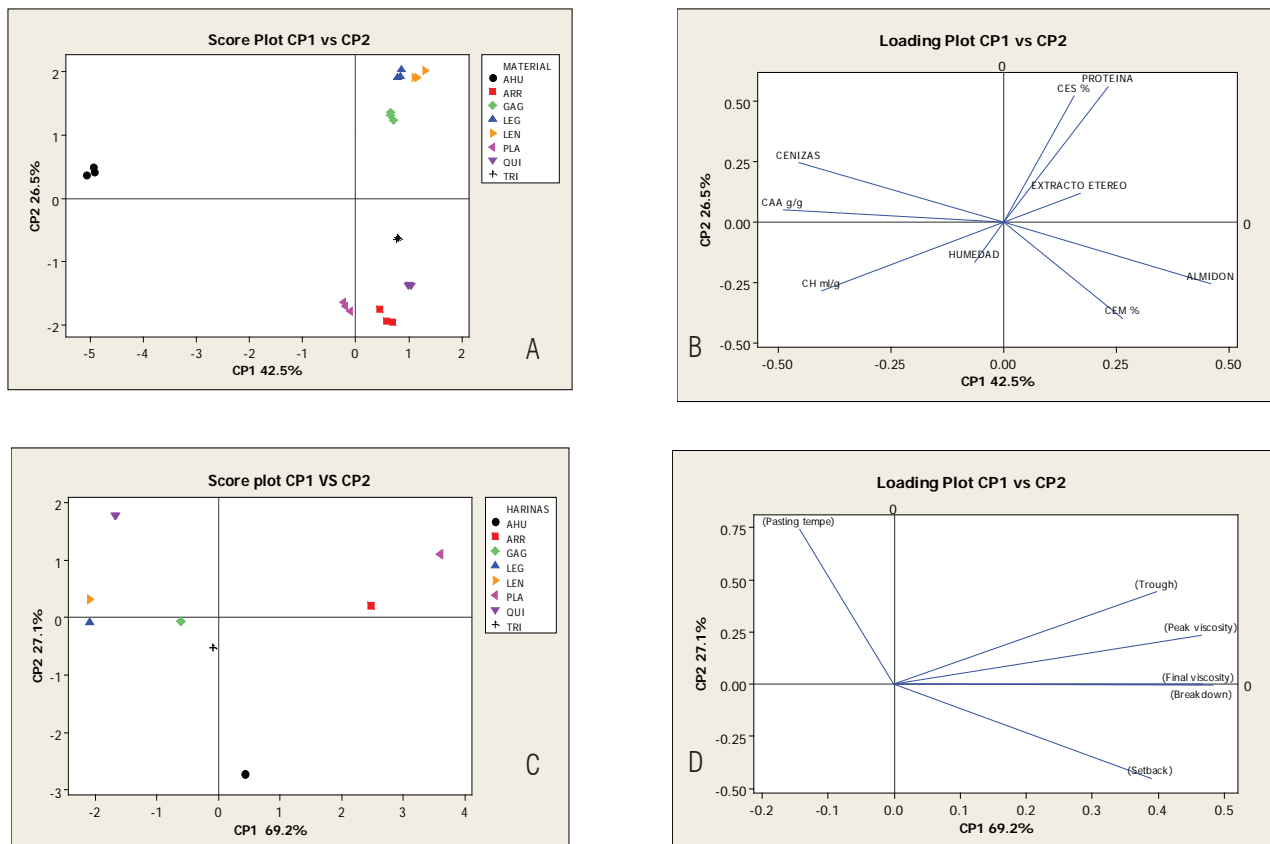


Figura 1. Análisis de componentes principales: (A) Grupos de harinas formados respecto a la composición proximal y las propiedades funcionales, (B) Propiedades funcionales de las harinas. (C) Grupos de harinas según a las propiedades de empastado y (D) describe la variación entre las propiedades de empastado

Tabla 1. Composición proximal de las harinas obtenidas.

HARINA	COMPONENTE (%)				
	Proteína	Extracto etéreo	Cenizas	Almidón	Humedad
Trigo (<i>Triticum spp</i>)	12,05 ± 0,04d	0,46 ± 0,02f	0,71 ± 0,01e	69,82 ± 1,02b	12,44 ± 0,11a
Ahuyama (<i>Cucúrbita máxima</i>)	5,75 ± 0,00g	0,84 ± 0,04e	7,72 ± 0,16a	22,73 ± 0,81e	8,80 ± 0,04c
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	6,68 ± 0,03f	1,38 ± 0,02d	0,89 ± 0,02e	71,44 ± 2,93b	10,81 ± 0,02b
Plátano (<i>Musa acuminata</i>)	1,29 ± 0,02h	0,17 ± 0,01g	1,73 ± 0,01d	69,56 ± 1,17b	3,48 ± 0,02g
Lenteja (<i>Lens culinaris</i>)	23,79 ± 0,10b	0,95 ± 0,03e	2,88 ± 0,11b	64,13 ± 0,90c	8,05 ± 0,05d
Lenteja Germinada (<i>Lens c.</i>)	26,08 ± 0,07a	3,00 ± 0,00c	2,34 ± 0,16c	63,52 ± 0,05c	5,29 ± 0,20f
Garbanzo Germinado (<i>Cicer a.</i>)	22,51 ± 0,19c	3,76 ± 0,23b	2,94 ± 0,02b	54,92 ± 3,07d	1,82 ± 0,15h
Quinoa (<i>Chenopodium quinoa W</i>)	10,28 ± 0,04e	4,56 ± 0,05a	1,96 ± 0,05d	77,30 ± 0,33a	6,01 ± 0,12e

Los CHOS constituyen la diferencia con el 100% de materia seca. Todos los datos representan la media de triplicados ± desviación estándar. Las medias con letras diferentes en cada columna son significativamente diferentes ($P > 0,05$) acorde al método de Tukey con una confianza del 95,0%. Resultados obtenidos en el grupo GEMCA, UdeA.C

Tabla 2. Propiedades de empastado (RVA) de las harinas obtenidas

HARINAS	PARAMETRO					
	Temperatura de empastado (°C)	Viscosidad de pico (cP)	Viscosidad de caída (cP)	Rompimiento (cP)	Viscosidad final (cP)	Retrogradación (cP)
Trigo (<i>Triticum spp</i>)	68,5±0,04g	2037,0±0,00c	1374,0±7,07d	663,0±7,07d	2581,0±5,66e	1207,0±1,41e
Ahuyama (<i>Cucúrbita máxima</i>)	50,1±0,04h	1619,0±1,41e	656,5±2,12f	962,5±0,71c	2890,0±1,41c	2233,5±0,71a
Arroz (<i>Oryza sativa</i>)	72,6±0,07f	4413,5±6,36b	2153,5±2,12b	2260,0±8,49a	3872,5±7,78b	1719,0±5,66c
Plátano (<i>Musa paradisiaca</i>)	78,3±0,04c	5214,5±0,71a	3216,0±1,41a	1998,5±0,71b	5204,5±0,71a	1988,5±2,12b
Lenteja (<i>Lens culinaris</i>)	83,2±0,02b	819,0±1,41g	731,0±1,41e	88,0±0,00f	1191,0±1,41g	460,0±0,00f
Lenteja Germinada (<i>Lens culinaris</i>)	76,7±0,01e	744,0±1,41h	740,0±1,41e	4,0±0,00g	1162,0±1,41h	422,0±0,00g
Garbanzo Germinado (<i>Cicer arietinum</i>)	77,5±0,04d	1464,0±1,41f	1384,5±2,12d	79,5±0,71f	2670,0±1,41d	1285,5±0,71d
Quinoa (<i>Chenopodium quinoa</i>)	89,7±0,01a	1814,5±2,12d	1663,5±0,71c	151,0±1,41e	1388,5±0,71f	-275,0±0,00h

Las medias con letras diferentes en cada columna son significativamente diferentes ($P > 0,05$) con una confianza del 95,0%.

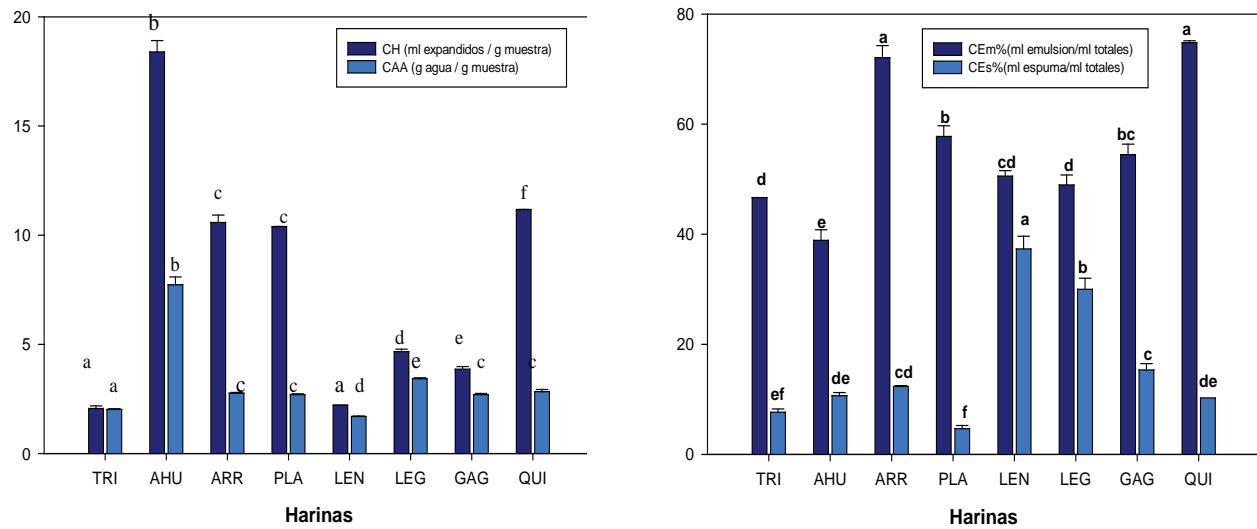


Figura 2. Propiedades funcionales tecnológicas de las harinas. CH: capacidad de hinchamiento, CAA: capacidad de absorción de agua, CEm: capacidad emulsificante y CE: capacidad espumante. Las medias con letras diferentes en cada columna son significativamente diferentes ($P > 0,05$) con una confianza del 95,0%.

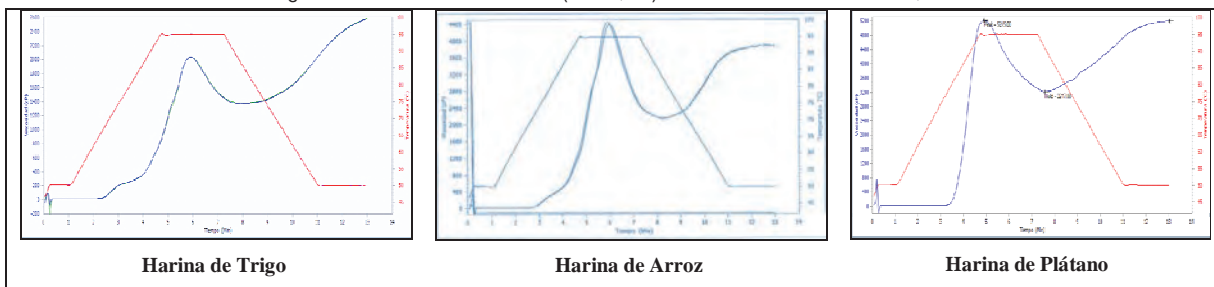


Figura 3. Harinas con RVA típico

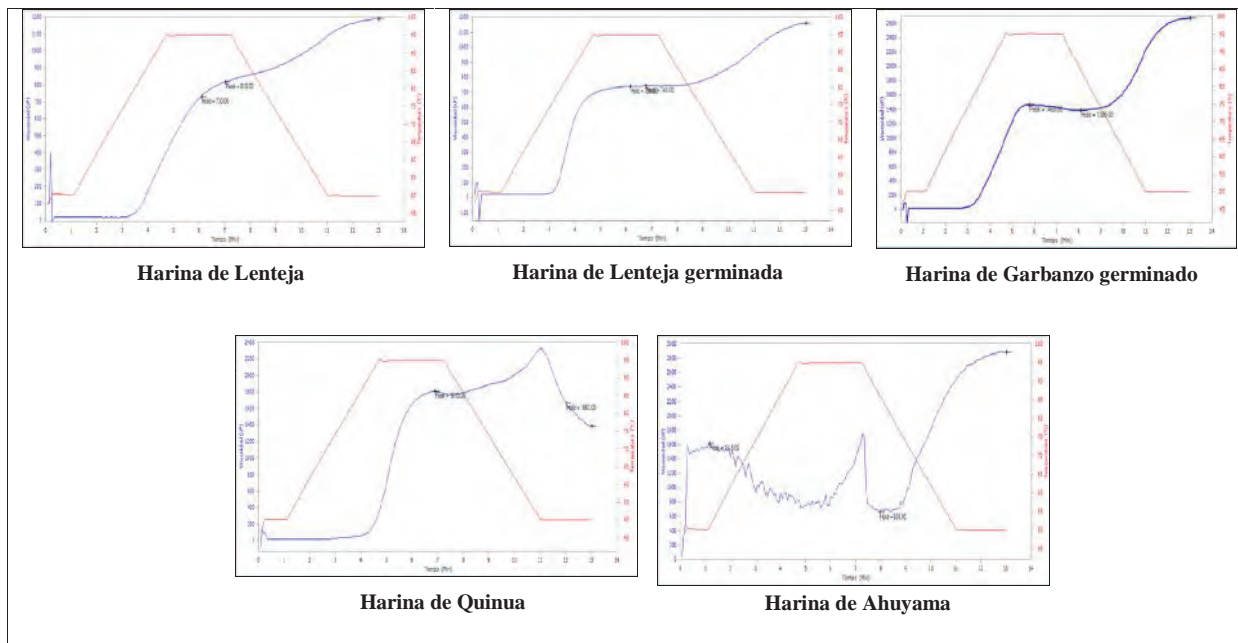


Figura 4. Harinas con RVA atípico

CONCLUSIONES

El PCA permitió categorizar las harinas respecto a su composición proximal y a sus propiedades funcionales en 3 grupos así: 1. Leguminosas, 2. Ahuyama y 3. Plátano, trigo, quinua, arroz. Según las propiedades de empastado (RVA) así: 1. Quinua, leguminosas, trigo, 2. Arroz y plátano y 3. Ahuyama. La caracterización funcional mostró que todas las harinas presentan alta CEm (entre 38 y 74%), las harinas de lenteja germinada y sin germinar presentaron además alta CEs superior al 30%, mientras que la ahuyama presentó un comportamiento relevante respecto a las propiedades de hidratación (CH 18,39 mL/g y CAA 7,72 g/g). Las propiedades de empastado en las harinas de plátano y arroz están influenciadas por sus altos valores de viscosidad y su alta tendencia a la retrogradación. La harina de ahuyama presentó la más baja T° de empastado (50°C) y la mayor retrogradación (2233cP), mientras que las harinas de quinua y leguminosas presentaron baja retrogradación y valores intermedios de viscosidad. Las harinas y las propiedades estudiadas en este trabajo, constituyen un conocimiento importante en la formulación de alimentos innovadores y saludables.

BIBLIOGRAFÍA

- AACC. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists 1995. St. Paul, MN, USA.
- AOAC Official Methods of Analysis 16th Ed Association of Aoac 1997 Official Methods of Analysis 16th Ed Association AOAC 1997.
- Bhat, R. and A.A. Karim. 2009. Exploring the Nutritional Potential of Wild and Underutilized Legumes. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 8 (4): 305–331.
- Boye, J. and F. Zare., A. Pletch. 2010. Pulse proteins: Processing, characterization, functional properties and applications in food and feed. *Food Research International*. 43(2): 414-431.
- Gaonkar, A.G. and A. McPherson. 2006. *Ingredient interactions. Effects on Food Quality* 2a ed. Boca Raton, Taylor & Francis Group, LLC, FL, USA.
- Kulp, K. and J.G.J. Ponte. 2000. *Handbook of Cereal Science and Technology* 2a. ed. Marcel Dekker, Inc. New York, USA.
- Capitani, M.I., V. Spotorno., S.M. Nolasco. and M.C. Tomás. 2012. Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina. *LWT - Food Science and Technology*. 45(1): 94–102.
- León A.E. and C. Rosell. 2007. *De tales harinas, tales panes: granos, harinas y productos de panificación en Iberoamérica*. 1ª ed. Córdoba. Hugo Báez Editor. España.
- Schoenlechner, R., J. Drausinger., V. Ottenschlaeger., K. Jurackova. and E. Berghofer. 2010. Functional Properties of Gluten-Free Pasta Produced from Amaranth, Quinoa and Buckwheat. *Plant Foods for Human Nutrition*. 65(1):339-349.
- Siddiq, M., S. Kelkar., J.B. Harte., K.D. Dolan and G. Nyomba. 2013. Functional properties of flour from low-temperature extruded navy and pinto beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Food Science and Technology*. 50(1): 215–219. doi:10.1016/j.lwt.2012.05.024.
- Sridaran, A., A. Karim and R. Bhat. 2012. *Pithecellobium jiringa* legume flour for potential food applications: Studies on their physico-chemical and functional properties. *Food Chemistry*, 130(3): 528–535.
- Tiwari, B.K., A. Gowen and B. McKenna. 2011. *Pulse Foods Processing, Quality and Nutraceutical Applications*. 1ra. ed. Elsevier Inc. San Diego, CA, USA.
- Wang, N. and R. Toews. 2011. Certain physicochemical and functional properties of fibre fractions from pulses. *Food Research International*. 44 (8):2515-2523.
- Zucco, F., Y. Borsuk and S.D. Arntfield. 2011. Physical and nutritional evaluation of wheat cookies supplemented with pulse flours of different particle sizes. *Food Science and Technology*. 44(10): 2070-2076.

Surface Tension and Rheology of Emulsions for Buriti (*Mauritia flexuosa* L.) Oil Microencapsulation

Tensión Superficial y Reología de Emulsiones Para Microencapsulación de Aceite de Buriti (Mauritia flexuosa L.)

Aranha, Carol P.M.^{1*}; Telis, V.R.N.¹

¹ Institute of Biosciences, Language Studies and Exact Sciences, São Paulo State University, Cristóvão Colombo Street, 2265, 15054-000, São José do Rio Preto, Brazil.

*Autor de correspondencia: carol_aranha@hotmail.com

Abstract. *The present work aimed to determine the surface tension and viscosity of alginate (A) and pectin (P) solutions, as well as emulsions of alginate + buriti oil (AO) and pectin + buriti oil (PO) that will be subsequently processed into buriti oil*

microcapsules. Solutions containing A or P (2%, w/w) were prepared and homogenized by ultrasound with buriti oil (1:1 w/w) to give AO and PO emulsions. The surface tension of the solutions and emulsions was measured by the Du Nouy ring