



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

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y FUNCIONAL DE PURÉ DESHIDRATADO DE MANDIOCA (*Manihot Esculenta*)

Cazzaniga, A ^{1,2} ; Hase, S. ²; Brousse M. M²; Linares R. A. ²

1 Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas.

2 Laboratorio de Alimentos. Facultad de Ciencias Exactas Químicas y Naturales.
Universidad Nacional de Misiones (UNaM). Posadas 3300, Misiones,
Argentina.

E-mail: amandacazzaniga@gmail.com

RESUMEN

En países en desarrollo la mandioca tiene mucho éxito como alimento básico sin procesamiento generando grandes pérdidas de cosechas por su estacionalidad. Esto suele coexistir con la falta de incentivos para el crecimiento agroindustrial e investigación y desarrollo de productos con mayor valor agregado. Esto constituye un contexto que limita el crecimiento económico general en las zonas más productivas. Por lo que el interés debería enfocarse en una mayor y más variada industrialización. Entre otros productos polvorientos más tradicionales, como la harina y el almidón de mandioca, encontramos el puré de mandioca deshidratado (PDM) en la producción industrial de la provincia de Misiones. Dentro de la caracterización de un producto de origen amiláceo existen análisis que describen características fisicoquímicas y funcionales que contribuyen a definir sus propiedades, comportamiento e índices de calidad. El objetivo de este trabajo fue caracterizar el PDM tanto en aspectos fisicoquímicos como funcionales. Este estudio permitiría estimar los posibles usos en elaboración de pastas, panificados, aditivos, etc. La harina de trigo "0000" se utilizó como control. Se estudiaron la humedad y el pH mediante técnicas de AOAC. Los lípidos mediante método twisselman empleando éter de petróleo, densidad suelta y empacada, índice de retención de agua alcalina (IRAA), solubilidad en agua fría (ISA) y poder de hinchamiento mediante el método propuesto por Anderson, absorción de aceite según Dench modificado. También se estudiaron, la actividad (AE) y estabilidad emulsionante (EE) (ambas se expresaron como la altura de la capa emulsificada/altura total) y la concentración mínima de gelificación según Argel (2017). La estabilidad al congelamiento se estudió mediante lo descripto por Salcedo Mendoza aplicando un solo ciclo de congelamiento y descongelamiento. El color se midió por sistema CIE-Lab. El análisis estadístico ANOVA fue realizado con el software statgraphics® XVIII. Se encontró que las características más relevantes del PDM son su baja humedad (db) ($9,14\pm 0,24$) y contenido lipídico ($0,50\pm 0,03$) caracterizándolo como estable; densidad elevada ($0,75\pm 0,03\text{g/ml}$) que facilita el envasado; absorción de aceites

($0,45\pm 0,04$ g aceite/g muestra) superior a la harina de trigo, por lo cual presenta una buena retención de flavor y alta palatabilidad. Además, presenta gelificación a concentraciones más bajas (14%) que la harina de trigo (26%). Los índices de ISA ($35,71\pm 0,94$ g solubles/g muestra) e IRAA ($359,52\pm 19,45$ g gel/g muestra) indican que el almidón en el PDM se encuentra modificado, probablemente por los tratamientos termomecánicos implicados en su producción. Por otro lado, no posee una buena condición como emulsificante (AE: $0,45\pm 0,01$) ni tampoco una buena estabilidad al congelamiento en geles al 2% (Sinéresis total: $20,84\%\pm 0,62$), en ambos casos no se encontró diferencia significativa con los valores hallados para harina ($p>0,05$). La EE sin embargo si resultó mayor en el PDM ($0,51\pm 0,03$) con respecto a la harina. El PDM por sus características propias podría ser utilizado en la industria alimentaria como aditivo para una mejor retención del flavor o como agente espesante/gelificante. También puede ser utilizado como ingrediente en masas para productos que no requieran leudado. No se recomienda su utilización para productos congelados ni como emulsificante.

1. Introducción

La mandioca es una raíz alimentaria cuyo cultivo es de amplia difusión en el mundo. Su producción tiene una gran importancia para la industria alimentaria y la generación de ingresos, especialmente en las regiones propensas a sequía y con suelos áridos. En general, la industria de la mandioca no se ha visto beneficiada por inversiones en tecnologías o investigación. Solamente países como Brasil, Indonesia y Tailandia han promovido el desarrollo de la industria de la mandioca y sus derivados para satisfacer las necesidades internas y de exportación (Aristizábal y Sánchez, 2007). El potencial de la mandioca para competir en los mercados internacionales es incierto, dado que los precios del maíz (principal competidor) se sitúan en niveles relativamente bajos, mientras que los precios de la mandioca se han estabilizado (FAO, 2017). Este escenario conduce a un cuadro de altos costos de producción, baja productividad y técnicas inadecuadas de transformación y elaboración de productos de alto valor agregado lo que ha impedido la consolidación de este rubro en muchos países (Techeira y col., 2014). Al mismo tiempo, el grupo de consumidores de productos libres de gluten se está expandiendo para incluir, no solo pacientes con enfermedad celíaca, sino también personas que buscan ingredientes no alergénicos y grupos vulnerables específicos de la población con necesidades nutricionales especiales. Esto abre las puertas a un nuevo mercado que es receptivo a una nueva variedad de productos y para el cual la demanda no se encuentra totalmente cubierta (Mandala y Kapsokelafou, 2011). Este contexto crea la oportunidad de generar nuevos mercados con el desarrollo de productos innovadores y diferenciados, de mejor calidad y de mayor valor agregado ampliando de esta manera la oferta de productos derivados de la mandioca. En

Argentina, se han realizado algunos esfuerzos desde el sector público y privado por mejorar la situación resultando en la producción de Puré Deshidratado de Mandioca (PDM) en la provincia de Misiones. El PDM es un producto con alto contenido de almidón que se obtiene mediante un tratamiento hidrotérmico de las raíces peladas de mandioca (Brousse, 2015). Resultaría de utilidad para la industria local, evaluar la posibilidad de emplearlo como sustituto de harinas para el desarrollo de nuevos productos de alto valor agregado y libres de gluten, tales como snacks, panificados, sopas, galletas y bebidas, entre otros. Sin embargo, la sustitución de harinas debe contemplar que las características propias de cada una son determinantes tanto de las propiedades de productos intermedios como del producto final y por lo tanto es necesario su análisis previo. Doue y col. (2014) en su estudio de las propiedades de almidones de siete variedades de mandioca indica que cada uno posee características propias que se adecuan a diversos usos industriales como texturizantes, ligante, antiaglutinante o como sustituto de almidón de maíz o almidones modificados por su baja sinéresis. Techeire y col. (2014) también evaluaron las características fisicoquímicas y funcionales de harinas obtenidas a partir de dos variedades de yuca, batata y ñame hallando características particulares en cada una de ellas. Las propiedades fisicoquímicas y funcionales de las harinas o ingredientes principales determinan sus posibles usos y las características fisicoquímicas, texturales y la calidad que tendrán los productos intermedios y finales (Manley, 1998). El estudio de propiedades fisicoquímicas como la humedad y la densidad resultan de interés ya que son determinantes de la calidad y estabilidad, así como también influyen en los procesos de manipulación, embalaje y almacenamiento (Salcedo Mendoza y col., 2017). La solubilidad, la capacidad de retención de agua, el poder de hinchamiento y la capacidad de emulsificación, son propiedades funcionales que deben evaluarse en función de determinar la posibilidad de usar un producto como sustituto de harinas. (Aristizábal y Sánchez, 2007). En virtud de lo expuesto, se planteó como objetivo del presente trabajo evaluar el PDM caracterizándolo fisicoquímica y funcionalmente para determinar su posible uso en la industria alimentaria.

2. Materiales y métodos

2.1. Materias primas

Se utilizó harina de trigo marca “Reinharina” tipo 0000, puré deshidratado de Mandioca (PDM) producido por la cooperativa San Alberto Ltda.

2.2. Propiedades fisicoquímicas

La humedad y el pH se determinaron mediante técnicas de AOAC (AOAC, 1984). El contenido lipídico se determinó por triplicado mediante método de Twisselmann, empleando éter de petróleo (Pe: 35-60°C) como solvente de extracción. La densidad aparente se determinó pesando 20g de muestra y transfiriéndola mediante embudo a probeta graduada de 50ml. Para la determinación de la “densidad empacada”, a la probeta con muestra, se le dio múltiples golpes desde una altura de 10cm hasta que la muestra llegó a su valor mínimo. Las coordenadas de color se determinaron usando un colorímetro marca HunterLab, modelo Miniscan EZ (Hunter Associates Laboratory, Reston, Virginia, USA). Se midió el color según el sistema CIELab, utilizando las coordenadas L* (luminosidad) que varía entre 100 (blanco) y 0 (negro), a* varía entre + 60 (rojo) y -60 (verde) y b* varía entre + 60 (amarillo) y -60 (azul). El equipo fue calibrado usando los patrones blanco y negro. Este equipo toma los datos de 20 puntos diferentes en una sola toma y arroja como resultado el promedio. Se prepararon las muestras sobre una placa y se cubrieron utilizando un papel “film” sobre la muestra como protección del lente medidor, se tomaron los datos de tres muestras. Todas las valoraciones se hicieron por triplicado.

2.3. Propiedades funcionales:

La capacidad de retención de agua alcalina se determinó según lo descrito por Barrera (2014), basado en técnicas de la AACC. El Índice de solubilidad en agua se estableció mediante el método propuesto por Anderson tomado de Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca de FAO (Aristizábal y Sánchez; 2007). La capacidad de absorción de aceite (OAC), se determinó a través del método de descripto por Dench (1981) modificado. Se valoró la absorción de aceite de las muestras colocando 0.5g de muestra en un tubo de centrifuga de 50ml, se añadió 3mL de aceite de girasol comercial. Se procedió a mezclar completamente durante 30 segundos, luego se mantuvo a temperatura ambiente durante 20 minutos y posteriormente se centrifugó a 1500g durante 25 minutos. El exceso de aceite (sobrenadante) se descartó y el tubo se colocó invertido durante 30 minutos para descartar el excedente. El peso de aceite retenido por la muestra se calculó por diferencia y fue expresado como gramos de aceite

absorbido. La actividad emulsificante (AE), estabilidad emulsificante (EE) y la concentración mínima de gelificación (CMG) se determinaron según lo descrito por Argel y col. (2017). Para determinar la estabilidad al congelamiento se preparó una suspensión gelificada de almidón al 2%. Se llevó a 90°C con agitación constante, durante 10 minutos y luego se dejó enfriar hasta temperatura ambiente. Posteriormente, se pesó 10g de gel y se llevaron a tubos de centrifuga de polipropileno, almacenándolos a -18 °C durante 24 horas. Pasado este tiempo, las muestras congeladas se colocaron en un baño de agua a 30° C durante 90 minutos. Luego las muestras se centrifugaron a 3600rpm durante 15 minutos, y fueron decantadas y secadas. El porcentaje de agua liberada (líquido sobrenadante) se registró como la pérdida de peso del gel. Seguidamente las muestras se congelaron nuevamente a -18°C durante 24 horas. Este procedimiento se repitió tres (3) ciclos, y se registró el porcentaje de agua liberada en cada ciclo. La experiencia se realizó por triplicado.

Los resultados se informaron como el valor promedio de al menos 3 repeticiones. Los datos obtenidos se trataron estadísticamente mediante un análisis de varianza y los resultados fueron comprados por el método de la mínima diferencia significativa (LSD) de Fisher a un nivel de significación del 0.05. El análisis estadístico se realizó mediante el programa Statgraphics XVII®.

3. Resultados y discusión

Los resultados obtenidos en el análisis de las características fisicoquímicas muestran diferencias entre el PDM y la harina de trigo (Tabla 1). La humedad hallada para el puré es muy similar a la encontrada por Brousse (2015) para el PDM elaborado a partir de la variedad “Concepción” (9,3%). Este valor también es similar a aquellos encontrados en almidones de mandioca por diversos autores como Hernández-Medina y col. (2008) (9,48%) Alvis y col. (2008) (8,47% y 7,8%) y Doue y col. (2014) (~13%). De la misma manera, el valor de lípidos hallado coincide con lo reportado por Brousse (2015) en PDM y es similar a lo publicado por otros autores como Salcedo Mendoza y col. (2017) (0,39) Techeira y col. (2014) (0,41) y Hernández –Medina y col. (2008) (0,36) entre otros.

La densidad aparente y empacada del PDM es menor a la densidad de la harina de trigo y mayor que otros productos polvorientos obtenidos a partir de mandioca Techeira y col. (2014) reporta densidades de alrededor de 0.5g/ml en 2 tipos de harina de

mandioca y Salcedo Mendoza y col. (2017) reportan valores inferiores en almidón suelto (0,44) y empacado (0,67).

Tabla 1. Características fisicoquímicas de PDM y harina de trigo.

Determinación	Harina de trigo	PDM
Humedad (%db)	13,9±0,2 ^a	9,1±0,2 ^b
Lípidos (g%)	1,02±0,05 ^a	0,50±0,03 ^b
Densidad suelta (g/ml)	0,43±0,01 ^a	0,75±0,03 ^b
Densidad empacada(g/ml)	0,53±0,01 ^a	0,80±0,03 ^b
pH	6,04±0,01 ^a	5,98±0,01 ^a
Color		
L*	95,3±0,5 ^a	86±2 ^b
a*	0,60±0,03 ^a	0,90±0,04 ^b
b*	7,5±0,2 ^a	18±2 ^b

Supra-índices diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (P<0,05).

El pH hallado para ambas muestras es ligeramente ácido y estadísticamente iguales entre sí. Estos valores son algo menores a los encontrados por Techeira y col. (2014) (6,34-6,10) en harinas de mandioca y algo mayores a los encontrados en almidones de mandioca por Doue y col. (2014) (~5,52).

Del análisis de los datos de color obtenidos indican que la luminosidad del puré es significativamente menor. Sin embargo, tiene una leve pero significativamente mayor tonalidad roja y amarilla que la harina de trigo. Los valores de luminosidad hallados para el PDM son similares a los publicados para harina de maíz (L*=82,3) por Von Atzingen y col. (2005) y a los valores que publican Han y col. (2010) para la harina de lenteja roja (L*= 81,48), harina de lenteja verde (82,74) y harina de garbanzo (L*84,31). La harina de trigo presenta valores de luminosidad menores que los publicados por von Atzingen y col. (2005) y por Montoya-López y col. (2012). Los valores del perfil rojo-verde (a*) de las muestras analizadas son muchos menores que los que hallaron para la mayoría de las harinas de legumbres (Jan y col., 2010), es decir que las muestras utilizadas en este estudio tienen mayor presencia del componente verde. El valor de a* para la harina de trigo resulto similar al valor 0,52-0,58 reportado por Montoya-López y col. (2012). El valor del perfil amarillo-azul (b*) para la harina de trigo es menor que el valor 9,28 publicado por Von Atzingen y col. (2005) y el valor 9,7 publicado por Montoya-López y col. (2012). Se puede decir entonces que el análisis colorimétrico de las muestras estudiadas arroja diferencias entre ambas muestras y además con respecto a otros autores.

Los resultados de las características funcionales de las harinas investigadas (Tabla 2) ambas muestras difieren entre sí excepto en lo que refiere a la AE. Los valores de IRAA muestran que la retención de agua del PDM es cinco veces mayor que la alcanzada por la harina de trigo. No se hallaron trabajos previos que utilicen este índice en productos derivados de mandioca. La solubilidad en agua fría para el PDM es muy alta respecto a valores usualmente reportados para almidones y harinas de mandioca. Sin embargo, se encuentra debajo de los valores ISA obtenidos por Techeira, y col. (2014) para la harina de mandioca blanca (42,6). Los valores de ISA obtenidos para la harina de trigo 0000, son mucho menores que los obtenidos para PDM, sin embargo, son valores usuales para este tipo harina.

Tabla 2. Características funcionales de la harina de trigo y del PDM.

Determinación	harina de trigo	PDM
IRAA (g gel/g muestra)	64±5 ^a	355±19 ^b
ISA (g solubles/ g muestra)	10,3±0,5 ^a	35,7±0,9 ^b
PS (g agua/g almidón)	3,64±0,08 ^a	6,3±0,4 ^b
OAC (g aceite/g muestra)	0,28±0,02 ^a	0,45±0,04 ^b
AE	0,46±0,02 ^a	0,45±0,01 ^a
EE	0,45±0,03 ^a	0,51±0,03 ^b
SinéresisI (%)	20,0±0,4	20,8±0,6 ^a
Sinéresis total (%)	82±1 ^a	78±3 ^b

Supra-índices diferentes en la misma fila indican diferencias significativas (P<0,05).

El poder de hinchamiento (PS) del PDM es menor que lo reportado por Hernández-Medina y col. (2008) para almidones de mandioca (58,83) y similar a aquellos publicados por Techeira y col. (2014) para harinas de mandioca (34,4 y 29,7). Para almidones de buena calidad la FAO propone como límite máximo de PS un valor de 15.45.

El valor de absorción de aceite (AOC) en gramos hallado para el PDM (0,45g) representa un 95% del peso de la muestra e implica aproximadamente el doble de lo obtenido para harina de trigo. Este porcentaje de absorción es similar al reportado por Salcedo Mendoza y col. (2017) (101,23%) para almidones de mandioca.

Para la actividad emulsificante (AE) como se puede observar en la tabla 2 no hubo diferencia significativa entre las muestras de PDM y harina de trigo, Salcedo Mendoza y col. (2017) hallaron en almidón de mandioca valores mucho mayores a los expuestos en esta investigación. El valor de AE del PDM es similar al hallado por Argel y col. (2017) para harina de garbanzo. El PDM y las mezclas presentan mayor estabilidad

emulsionante (EE) que la harina. No se han encontrado estudios sobre esta característica en productos polvorientos obtenidos a partir de mandioca. El valor de EE para PDM es similar a los obtenidos para harina de garbanzo (0,51) por Argel y col. (2017).

El puré de mandioca presenta similar cantidad de agua separada del gel durante el congelamiento que la harina de trigo en un primer ciclo de congelamiento/descongelamiento. Sin embargo, al observar la sinéresis total existe una clara distinción entre ambas muestras, siendo el PDM más estable que la harina de trigo. Este valor de sinéresis total obtenido para el PDM es similar al obtenido por Techeira y col. (2014) quienes utilizan una concentración de 4% de harina de mandioca para la determinación.

Los valores de concentración mínima de gelificación (tabla 3) coinciden con algunos valores de otros estudios en harinas no tradicionales. Álvarez Restrepo y col. (2013) hallaron la CMG de harinas de banana (16%), lenteja (14%) y quinua (14%) en valores similares a los hallados para el PDM. Así mismo Argel y col. (2017) coincide en estos valores al analizar la harina de arveja (14%).

Tabla 3. Concentración mínima de gelificación para harina de trigo y PDM

Muestra	Concentración de la muestra en porcentaje											
	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26
Harina de Trigo	-	-	-	-	-	-	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-	+
PDM	-	+/-	+/-	+/-	+/-	+	+	+	+	+	+	+

Ausencia de gel (-) gel firme (+/-) gel muy firme (+)

4. Conclusiones

Las características fisicoquímicas más relevantes del PDM son su baja humedad y contenido lipídico lo que contribuye a su alta estabilidad microbiológica y previene el enranciamiento. Además, posee una densidad alta que facilita el envasado del producto. El pH del PDM resulta similar al de la harina de trigo, siendo ligeramente ácido. El puré de mandioca deshidratado presenta perfil colorimétrico propio solo comparable con otros productos polvorientos si se lo divide en sus componentes colorimétricos (L^* , a^* y b^*).

En cuanto a sus características funcionales, la absorción de aceites del PDM es elevada por lo que presenta una buena retención de flavor y alta palatabilidad. Gelifica a concentraciones del 14% a pesar de su bajo contenido de proteínas formando geles

estables. Los índices de ISA, IRAA y el poder de hinchamiento indican que el almidón en el PDM se encuentra modificado, probablemente por los tratamientos termomecánicos implicados en su producción lo que se traduce en una baja fuerza de asociación entre los gránulos que tienden a solubilizarse rápidamente. Por otro lado, no posee una buena condición como emulsificante ni tampoco una buena estabilidad al congelamiento, aunque esta última es ligeramente mejor que la de harina de trigo.

Agradecimientos

A la cooperativa San Alberto Ltda. por el aporte de materia prima. A Ing. Karina Kachuk y Mgter. Nancy Cruz por su colaboración desinteresada y apoyo.

Referencia

- Álvarez Restrepo, C., Lopera Cardona, M. S., Gallardo Cabrera, C. (2013). Formulación de una materia prima con competencia tecnológica para ser aplicada en el diseño de alimentos libres de gluten mejorados nutricionalmente. *Journal of Chemical Information and Modeling*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Alvis, A., Vélez, C. A., Villada, H. S., Rada-Mendoza, M. (2008). Análisis Físico-Químico y Morfológico de Almidones de Ñame, Yuca y Papa y Determinación de la Viscosidad de las Pastas. *Información Tecnológica*, 19(1), 19–28. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642008000100004>
- AOAC. 1984. Washington, DC. Association of Official Analytical Chemist.
- Argel, N., Ranalli, N., y Califano, A. N. (2017). Caracterización física y funcional de harinas vegetales. *XVI Congreso Cytal- Congreso Argentino de Ciencia Y Tecnología de Alimentos- AATA*, 1, 2584.
- Aristizábal, J., y Sánchez, T. (2007). *Guía técnica para producción y análisis de almidón de yuca*. Roma. FAO-ONU: departamento de Agricultura y Protección del Consumidor. (1998). Los almidones tropicales no llegan al mercado. Retrieved May 21, 2018, from <http://www.fao.org/WAICENT/FAOINFO/AGRICULT/esp/revista/9809/spot3.htm>
- Barrera, G. N. (2014). Efecto del almidón dañado sobre las propiedades de las masas panarias y la calidad de los panificados. Córdoba-Arg.: *UNC-FCEFYN*.
- Brousse, M. M. (2015). Desarrollo de puré de mandioca deshidratado. Estudio de las propiedades físicas, fisicoquímicas y funcionales y su relación con los parámetros del proceso. *Universidad de Buenos Aires*.
- Dench, J. E., Rivas R., N., Caygill, J. C. (1981). Selected functional properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) flour and two protein isolates. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 32(6), 557–564. <https://doi.org/10.1002/jsfa.2740320606>
- Doue, G., Megnanou, R., Bedikou, E. M., Niamke, S. L. (2014). Physicochemical characterization of starches from seven improved cassava varieties: Potentiality of industrial utilization, 6002–6011.
- FAO (2017) *Perspectivas alimentarias - Resúmenes de mercado*. Noviembre 2017. Retrieved from <http://www.fao.org/3/a-i5003s.pdf>
- Han, Jeeyup (Jay), Janz, Jennifer A.M., Gerlat, Mindy. (2010) *Desarrollo de bocadillos de galletas sin gluten utilizando harinas de pulso y fracciones*. Elsevier Ltd Food Research International 43.

-
- Hernández-Medina, M., Torruco-Uco, J. G., Chel-Guerrero, L., Betancur-Ancona, D. (2008). Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 28(9), 718–726. Retrieved from <http://www.scielo.br/pdf/cta/v28n3/a31v28n3.pdf>
- Mandala, I., Kapsokafalou, M. (2011). Gluten-Free Bread: Sensory, Physicochemical, and Nutritional Aspects. *Flour and Breads and Their Fortification in Health and Disease Prevention*, 161–169. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-380886-8.10015-7>
- Manley, D. (1998). *Manual 2: Biscuit Doughs*. (WOODHEAD PUBLISHING LIMITED, Ed.), *Manual 2: Biscuit doughs*. England.
- Montoya-López, J., Giraldo-giraldo, G. A., Lucas-aguirre, J. C. (2012). Determinación Del Índice De Blancura En Harina De Trigo comercial Index Determination in Wheat Flour Whiteness. *S415 Vitae*, 19(1). Retrieved from <http://www.redalyc.org/pdf/1698/169823914130.pdf>
- Salcedo Mendoza, J.; Figueroa Flórez, J.; Hernández Ramos, E. (2017). *Agroindustria de productos amiláceos II: Métodos y técnicas de caracterización*. Sincelejo, Colombia: Universidad de Sucre.
- Techeira, N., Sívoli, L., Perdomo, B., Ramírez, A., Sosa, F. (2014). Caracterización fisicoquímica, funcional y nutricional de harinas crudas obtenidas a partir de diferentes variedades de yuca (*Manihot esculenta crantz*), batata (*Ipomoea batatas lam*) y ñame (*Dioscorea alata*), cultivadas en Venezuela. *Interciencia*, 39(3), 191–197.
- Von Atzingen, M. C., Machado Pinto e Silva, M. E. (2005). Evaluación de la textura y color de almidones y harinas en preparaciones sin gluten. *Ciencia y Tecnología Alimentaria*, 4(5), 319–323. <https://doi.org/10.1080/11358120509487658>