



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

PROPIEDADES FÍSICAS Y DE COCCIÓN DE UNA PASTA A BASE DE PURÉ DESHIDRATADO DE MANDIOCA

A. B. Monaca, K. I. Luquez, M. L. Vergara, A. R. Linares, M. M. Brousse

*Facultad de Cs. Exactas, Químicas y Naturales; Universidad Nacional de Misiones.
Félix de Azara 1552, Posadas, Misiones, Argentina.*

E-mail: anabmonaca@gmail.com

RESUMEN

En la elaboración de pastas alimenticias, la sustitución del trigo por otros ingredientes sin gluten implica un verdadero reto tecnológico, ya que éste es considerado como la materia prima ideal para obtener dichos productos por dar lugar a una masa de calidad, elástica y con poca disgregación durante la cocción. En Misiones, la Cooperativa Agrícola e Industrial San Alberto Ltda. produce puré deshidratado a partir de raíces de mandioca, el cual podría ser una nueva alternativa para la producción de pastas no tradicionales. El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la adición de puré deshidratado de mandioca en formulaciones de pastas, estudiando los parámetros físicos y de cocción que determinan su calidad. Se elaboraron formulaciones con 20 y 40% de puré deshidratado de mandioca (PDM) como reemplazo de harina de trigo (HT), gomas xántica y garrofín, huevo, agua y cúrcuma. La pasta control (PC) contenía únicamente HT, agua, huevo y cúrcuma. La humedad de la pasta se obtuvo a través del método convencional en estufa a 105°C hasta peso constante. Para determinar el tiempo óptimo de cocción (TOC), la pérdida de sólidos (PS) y la capacidad de absorción de agua (CAA) se procedió según el método aprobado 66-50 (AACC). Se midió el color del producto fresco y cocido con el método colorimétrico, utilizando el sistema CIEL*a*b*. Los datos experimentales se analizaron mediante un ANOVA con el software Statgraphics Centurion XVIII, para un nivel de confianza del 95%. Las humedades (base húmeda) para las pastas PC, 20%PDM y 40%PDM fueron de 32,2%, 32,38% y 30,75%, respectivamente, difiriendo significativamente esta última de las otras dos ($p < 0,05$). El TOC se redujo ($p < 0,05$) de 8,5 min (PC) a 4,33 min (20%PDM) y 2,83 min (40%PDM). La PS varió de 4,54% (PC) a 5,38% (40%PDM), existiendo una diferencia significativa entre la pasta con 40% de PDM y las otras ($p < 0,05$). La CAA fue de 89,73% para la PC, difiriendo de las formulaciones 20%PDM y 40%PDM ($p < 0,05$), que tuvieron una CAA de 83,60% y 81,53% respectivamente. Los parámetros de color se vieron afectados por el agregado de PDM ($p < 0,05$), variando en los fideos crudos: L* de 75,86 (PC) a 74,07 (40%PDM), a* de 4,42 (PC) a 5,39 (40%PDM) y b* de 30,06 (PC) a 28,81 (40%PDM), y en los fideos cocidos: L* de 80,03 (PC) a 77,45 (40%PDM), a* de -0,36 (PC) a 0,76 (40%PDM) y b* de 23,79 (PC) a 25,82 (40%PDM). Se observaron diferencias entre crudos y cocidos ($p < 0,05$) para cada una de las formulaciones. La sustitución parcial de HT por PDM en formulaciones de pastas influye sobre las propiedades de cocción estudiadas; TOC y CAA disminuyen, en tanto PS aumenta dentro del límite de calidad establecido

por otros autores (<6%). El proceso de cocción produce un aumento de la luminosidad de las pastas, lo que genera un impacto positivo en la calidad final.

Palabras claves: puré de mandioca, absorción de agua, pérdida de sólidos, tiempo de cocción

1. Introducción

Las pastas conforman un alimento de consumo masivo y tienen alta aceptabilidad a nivel mundial por ser económicas, fáciles de preparar y almacenar (Astaíza, Ruíz, and Elizalde, 2010). Su calidad está influenciada por factores físicos, químicos, de textura y nutricionales.

El trigo es el cereal más adecuado para elaborar pastas (Maache-Rezzoug and Allaf, 2005), sus proteínas de gluten dan lugar a una masa elástica y cohesiva, con una pérdida de sólidos mínima durante su hervor, sin adherencia y con buena firmeza post cocción (Granito, Torres, and Guerra, 2003; Hernández Solomando, 2016).

Para los consumidores, la calidad de cocción es el atributo de calidad más importante, y puede ser evaluado determinando tiempo óptimo de cocción, absorción de agua, textura del producto cocido, grado de desintegración durante la cocción, adherencia, aroma y sabor, cambios de coloración, (Tudorica, Kuri and Brennan, 2002; Gil Hernández, 2010; Flores-Silva et al., 2015). La variación de la cantidad y composición del gluten en las pastas, afecta directamente la textura, la absorción de agua, el tiempo de cocción, el aumento de peso y de volumen (Chicas Ramírez, 2015).

En la actualidad, numerosos estudios buscan mejorar el valor nutricional de las pastas sustituyendo total o parcialmente la harina de trigo por otras no convencionales (Flores-Silva et al., 2015). Al quitar el trigo de la preparación, debe cambiarse la formulación de la pasta o su procesamiento, dado que las materias primas no convencionales carecen de proteínas de calidad, siendo incapaces de formar una red de gluten. Para lograr una masa viscoelástica deben agregarse hidrocoloides y proteínas como potenciales sustitutos de gluten (Romero et al., 2017). Asimismo, el agregado de huevo, aporta proteínas, imparte una coloración más amarilla, mejora el valor nutricional, fortalece la textura de la pasta y altera la sensación en la boca (Lorenzo, Sosa, and Califano, 2018).

La mandioca (*Manihot esculenta*) es una raíz alimentaria con un alto potencial energético que se cultiva ampliamente en la provincia de Misiones, Argentina. En la localidad de Puerto Rico, la cooperativa Agrícola e Industrial San Alberto Ltda. produce puré deshidratado de mandioca, a partir del cual se pueden obtener productos

de mayor valor agregado, como es el caso de pastas alimenticias elaboradas a base de una proporción de harina de trigo y de puré de mandioca.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar el efecto que tiene la adición de puré deshidratado de mandioca en formulaciones de pastas alimenticias, evaluando los parámetros físicos y de cocción que determinan la calidad del producto final.

2. Materiales y métodos

2.1. Materia prima

La pasta se elaboró siguiendo una formulación básica de espaguetis que contenía harina de trigo (HT), huevos, y agua. Parte de la harina se reemplazó por puré deshidratado de mandioca (PDM), agregando gomas para contrarrestar la falta de gluten del PDM, y cúrcuma, para realzar el color. La harina de trigo 0000 (Molinos Río de la Plata S.A.), los huevos (Roth S.R.L.), goma Xántica, goma Garrofín y cúrcuma se obtuvieron del mercado comercial local. El puré deshidratado de mandioca fue donado por la Cooperativa San Alberto Ltda., Puerto Rico, Misiones.

2.2. Preparación de las muestras

Se formularon espaguetis, sustituyendo parcialmente HT por PDM en dos proporciones diferentes: 20 y 40%, también se elaboró una pasta control (PC) que no contenía PDM (Tabla 1). Se mezclaron los ingredientes secos (a excepción de las gomas) en una máquina para fideos ATMA modelo FP 4070, luego se incorporaron las gomas reconstituidas en agua, y finalmente la fase líquida. La masa obtenida pasó hacia un extrusor para darle la forma final a los espaguetis.

Tabla 1. Formulaciones utilizadas.

Formulación	HT:PDM
PC	100:00
20%PDM	80:20
40%PDM	60:40

2.3. Determinación de humedad

Se determinó gravimétricamente la humedad para cada formulación, a través del método convencional a 105°C hasta peso constante en una estufa marca ORL modelo ORL-SD755. Se expresó el valor en g de agua/100 g pasta fresca.

2.4. Determinación de las propiedades de cocción

Las propiedades de cocción fueron determinadas con el método aprobado 66-50 (AACC, 2000), por el cual se cocinaron 25 g de fideos en 300 ml de agua destilada a ebullición. El tiempo óptimo de cocción (TOC) se determinó por triplicado, retirando del agua de cocción una hebra de espagueti cada 30 segundos y comprimiendo entre dos placas de vidrio hasta verificar que el núcleo blancuzco haya desaparecido. La pérdida de sólidos (PS) se midió por cuadruplicado llevando el agua de cocción a sequedad en estufa de aire a 100°C, hasta registrar un peso constante (gr de residuo seco/100 gr de pasta fresca). La capacidad de absorción de agua (CAA) se determinó por triplicado, escurriendo los fideos, previamente cocinados a su TOC, y enjuagándolos con agua destilada fría para cortar con el proceso de cocción y absorción de agua; a continuación, se volvieron a escurrir por 30 segundos antes de pesar (g agua absorbida/100 g de pasta fresca) (Larrosa, 2014).

2.5. Medición del color

Se midió el color de las pastas frescas en dos etapas, crudas y cocidas. El equipo utilizado para esta determinación fue un espectrofotómetro portátil marca HunterLab miniScan EZ-4500L, según el sistema CIE $L^*a^*b^*$, utilizando las coordenadas L^* (luminosidad) que varía entre 100 (blanco) y 0 (negro), a^* que varía entre + 60 (rojo) y -60 (verde) y b^* que varía entre + 60 (amarillo) y -60 (azul). Previo a la medición, el equipo fue calibrado usando patrones blanco y negro.

La muestra se colocó en capas superpuestas de fideos dentro de placas de Petri, cuidando que no queden espacios vacíos por donde pueda pasar un haz de luz. Se realizaron 12 mediciones por cada formulación.

2.6. Análisis estadístico

El análisis estadístico se realizó con el software Statgraphics Centurion XVIII. (Manugistics, Inc., USA). Los valores obtenidos se analizaron por método estadístico de análisis de varianza (ANOVA) y se compararon las medias con el test LSD para un nivel de confianza del 95%.

3. Resultados y discusión

3.1. Calidad de cocción

En la tabla 2 se observan los valores experimentales para la humedad y las propiedades de cocción estudiadas.

La humedad mostró una disminución leve pero significativa ($p < 0,05$) en la formulación con mayor fracción de PDM. El PDM tiene un índice de retención de agua alcalina (IRAA) mucho mayor que la harina de trigo (Monaca et al. 2018), por lo que este comportamiento podría deberse a que el PDM retiene con mayor fuerza el agua incorporada durante la mezcla.

El TOC se redujo significativamente con el agregado de PDM ($p < 0,05$), reduciéndose, con respecto a PC, un 49,09% para la formulación del 20% PDM y un 66,71% para la formulación de 40% PDM. Considerando que el tiempo óptimo de cocción corresponde al tiempo requerido para gelatinizar completamente el almidón (Tudorica, Kuri, and Brennan, 2002), es posible que su disminución se deba a la naturaleza del almidón del PDM el cual, debido a los procesos termo mecánicos implicados en su producción, se encuentra retrogradado y puede volver a gelatinizar rápidamente. Asimismo, la ausencia de la matriz de gluten podría facilitar la difusión de agua hasta el centro del espagueti, reduciendo el tiempo de cocción (Chillo et al., 2007).

La CAA disminuyó en las formulaciones sustituidas con PDM, en relación a la PC ($p < 0,05$), sin embargo, se mantuvo constante para ambos niveles de sustitución. Los parámetros de calidad tomados por otros autores indican que el aumento de peso por absorción de agua debería estar en el orden del 100% (Da Silva Teba, 2009; Fiorda et al., 2013), no obstante en dichas investigaciones se trabaja sobre pastas secas, por lo se puede pensar que la CAA de las fideos frescos aquí estudiados es satisfactoria.

PS mostró una tendencia creciente, donde en un principio PC y la formulación de 20% PDM no mostraron diferencias significativas, pero al aumentar la fracción de PDM en 40% se produce un aumento los sólidos perdidos en la cocción ($p < 0,05$). Este mismo comportamiento se observó en diferentes trabajos (Benítez, 2012; Manthey et al., 2004; Astaíza, Ruíz, and Elizalde, 2010; Chillo et al., 2007) donde se sustituyó el trigo por otras harinas sin gluten. Esto podría deberse a que durante la cocción hay una fuerte competencia por el agua entre el almidón y las proteínas presentes, estas últimas requieren agua para coagular de modo tal que produzcan una red elástica; al mismo tiempo el almidón absorbe agua, hinchándose y gelatinizando con tendencia a solubilizarse en el agua de cocción (Martínez, 2010). La bibliografía indica que pérdidas por cocción menores a 6% puede considerarse muy bueno, hasta 8% regular y arriba de 10% malo (Fiorda et al., 2013). Así, todas las formulaciones ensayadas en este trabajo tienen PS menor a 6%.

Tabla 2: Medias de los valores experimentales de TOC, CAA y PS.

Formulación	Humedad (%)	TOC (min)	CAA (%)	PS (%)
PC	32,20 ± 0,05 ^a	8,50 ± 0,29 ^a	89,73 ± 1,49 ^a	4,54 ± 0,05 ^a
20%PDM	32,38 ± 0,08 ^a	4,33 ± 0,17 ^b	83,60 ± 1,94 ^b	4,45 ± 0,01 ^a
40%PDM	30,75 ± 0,12 ^b	2,83 ± 0,17 ^c	81,53 ± 2,07 ^b	5,38 ± 0,10 ^b

Los valores son el promedio de las repeticiones ± error estándar.

* Distintos superíndices en la misma fila indica que existen diferencias significativas ($p < 0,05$).

3.2. Color

En las tablas 3 y 4 se muestran los valores de los parámetros L* a* b* para las pastas crudas y cocidas. En los fideos crudos se observó que L* disminuyó significativamente en la formulación 40% PDM, en tanto a* aumentó su valor para la misma formulación, sin haber diferencia significativa entre PC y 20% PDM para ambos parámetros. El valor de b* fue menor en las pastas sustituidas parcialmente con PDM ($p < 0,05$), manteniéndose invariable entre 20% PDM y 40% PDM. De esta forma, las pastas crudas con PDM mostraron ser menos brillantes, más rojas y menos amarillas que la de trigo.

Tabla 3: Medias de los valores experimentales para los parámetros L*, a* y b* de los espaguetis crudos.

Formulación	L*	a*	b*
PC	75,86 ± 0,29 ^a	4,42 ± 0,06 ^a	30,06 ± 0,31 ^a
20%PDM	75,55 ± 0,28 ^a	4,53 ± 0,09 ^a	29,14 ± 0,33 ^b
40%PDM	74,07 ± 0,27 ^b	5,39 ± 0,10 ^b	28,81 ± 0,22 ^b

Los valores son promedio de doce repeticiones ± error estándar.

* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ($p < 0,05$).

En los espaguetis cocidos, L* disminuyó significativamente con el agregado de PDM, sin haber diferencia entre las formulaciones que tenían PDM como sustituto; en tanto a* y b* aumentaron significativamente con cada agregado de PDM. Es decir que las pastas cocidas con agregado de PDM son las que denotan una coloración más amarilla, agradable al consumidor.

Tabla 4: Medias de los valores experimentales para los parámetros L^* , a^* y b^* de los espaguetis cocidos.

Formulación	L^*	a^*	b^*
PC	$80,03 \pm 0,27^a$	$-0,36 \pm 0,03^a$	$23,79 \pm 0,13^a$
20%PDM	$77,92 \pm 0,27^b$	$0,23 \pm 0,02^b$	$24,47 \pm 0,16^b$
40%PDM	$77,45 \pm 0,22^b$	$0,76 \pm 0,04^c$	$25,82 \pm 0,17^c$

Los valores son promedio de doce repeticiones \pm error estándar.

* Distintos superíndices en la misma columna indica que existen diferencias significativas ($p < 0,05$).

El ANOVA multifactorial, realizado para cada formulación, mostró que existen diferencias significativas entre los parámetros de color de los espaguetis crudos y los cocidos ($p < 0,05$). En las tablas 3 y 4 se puede notar que el salto de los parámetros de color producido durante el proceso de cocción es mayor que el producido por el agregado de PDM a las formulaciones, haciéndose más luminoso, y menos rojizo y amarillo.

4. Conclusiones

La sustitución de harina de trigo por puré deshidratado de mandioca, en la elaboración de pastas, tuvo efectos significativos sobre las propiedades de cocción estudiadas. La gelatinización del almidón en las pastas sustituidas estaría ocurriendo más rápidamente, haciendo que disminuya el tiempo de cocción y por lo tanto la absorción de agua. El aumento de sólidos en el agua de cocción se mantiene en un rango considerado, por la bibliografía, como muy bueno. En general, los espaguetis crudos con agregado de puré deshidratado de mandioca son menos brillantes y amarillos que los de trigo, aunque al cocinarlos cambian de comportamiento, aumentando la luminosidad y decayendo su coloración amarilla, no obstante, la pasta cocida más amarilla es la que posee mayor cantidad de puré.

Los resultados mostraron que el uso de PDM en pastas alimenticias es posible y que la combinación de harina de trigo y PDM puede ser una alternativa de producción con potencial para la comercialización. Sin embargo, para definir la calidad global de la pasta deben realizarse mediciones de los parámetros texturales y sensoriales, lo que se hará en un futuro próximo.

Referencias

AACC International. (2000). Approved Methods of Analysis (10th ed.). St. Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemist.

- Astaíza, M., L. Ruíz, and A. Elizalde. 2010. "Elaboración de Pastas Alimenticias Enriquecidas a Partir de Quinoa (*Chenopodium Quinoa Wild*) y Zanahoria (*Daucus Carota*)." *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial* 8 (1): 43–53.
- Benítez, Sirlen Almanza. 2012. "Espagueti Adicionado Con Harina de Plátano Modificada : Composición Química y Digestibilidad Del Almidón." Instituto Politécnico Nacional.
- Chillo, S, J Laverse, P M Falcone, and M A Del Nobile. 2007. "Effect of Carboxymethylcellulose and Pregelatinized Corn Starch on the Quality of *Amaranthus Spaghetti*." *Journal of Food Engineering* 83: 492–500.
- Fiorida, Fernanda A, Manoel S Soares, A Flávio, Maria V E Grossmann, and Luciana R F Souto. 2013. "Microstructure , Texture and Colour of Gluten-Free Pasta Made with Amaranth Flour, Cassava Starch and Cassava Bagasse." *LWT - Food Science and Technology* 54 (1): 132–38.
- Flores-Silva, Pamela C, Jose De J Berrios, James Pan, Edith Agama-Acevedo, Adelmo Monsalve-González, and Luis A Bello-Pérez. 2015. "Gluten-Free Spaghetti with Unripe Plantain , Chickpea and Maize : Physicochemical , Texture and Sensory Properties." *CyTA – Journal of Food* 13 (2): 159–66.
- Granito, Marisela, Alexia Torres, and Marisa Guerra. 2003. "Desarrollo y Evaluación de Una Pasta a Base de Trigo, Maíz, Yuca y Frijol" 28: 372–79.
- Hernández Solomando, Rosa María. 2016. "Propiedades Físicoquímicas, Nutricionales y Sensoriales de Pasta Seca a Base de Harina de Chufa." UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA.
- Larrosa, Virginia Judit. 2014. "Efectos de Los Hidrocoloides En Las Características Físicoquímicas y Reológicas de Pastas Libres de Gluten Aptas Para Individuos Celíacos." Universidad Nacional de La Plata.
- Lorenzo, Gabriel, Meli Sosa, and Alicia Califano. 2018. "Alternative Proteins and Pseudocereals in the Development of Gluten-Free Pasta." In *Food Control and Biosecurity*, Academic P, 433–58.
- Maache-Rezzoug, Z., and K. Allaf. 2005. "Study of the Effect of Hydrothermal Process Conditions on Pasta Quality." *Cereal Chemistry* 81 (2): 232–36.
- Manthey, Frank A., Saujanya R. Yalla, Todd J. Dick, and Mohammad Badaruddin. 2004. "Extrusion Properties and Cooking Quality of Spaghetti Containing Buckwheat Bran Flour." *Cereal Chemistry* 81 (2): 232–36.
- Martínez, Cristina S. 2010. "Utilización de Pastas Como Alimentos Funcionales." Universidad Nacional de La Plata.
- Monaca, Ana Belén, Amanda Cazzaniga, Karina Kachuk, Karina Luquez, and María Marcela Brousse. 2018. "Efecto Del Índice de Retención de Agua Alcalina de La Harina de Trigo y Del Puré Deshidratado de Mandioca En La Dureza de Masas Para Pasta." In *Libro de Resúmenes: Jornadas Científico Tecnológicas 45º Aniversario- Universidad Nacional de Misiones*, 279.
- Romero, Hollman Motta, Dipak Santra, Devin Rose, and Yue Zhang. 2017. "Dough Rheological Properties and Texture of Gluten-Free Pasta Based on Proso Millet Flour." *Journal of Cereal Science* 74: 238–43.
- Silva Teba, Carla Da. 2009. "Elaboração de Massas Alimentícias Pré-Cozidas à Base de Farinha Mista de Arroz Polido e Feijão Preto Sem Casca Pelo Processo de Extrusão Termoplástica." Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro.
- Tudorica, C. M., V. Kuri, and C. S. Brennan. 2002. "Nutritional and Physicochemical Characteristics of Dietary Fiber Enriched Pasta." *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50 (2): 347–56.