



Acta Agronómica

ISSN: 0120-2812

ISSN: 2323-0118

Universidad Nacional de Colombia

Arroyo Arboleda, Michell Alejandra; Rendón Benjumea, Alejandra
Estefanía; Martínez Giron, María Isabel; Serna Cock, Liliana
Capacidad emulsificante y estabilidad de emulsiones de harinas de cascarilla
de arroz (*Oryza sativa*) bajo diferentes condiciones de pH y fuerza iónica
Acta Agronómica, vol. 70, núm. 4, 2021, Octubre-Diciembre, pp. 415-420
Universidad Nacional de Colombia

DOI: <https://doi.org/10.15446/acag.v70n4.78743>

Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=169975160011>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en redalyc.org

UAEH  redalyc.org

Sistema de Información Científica Redalyc
Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal
Proyecto académico sin fines de lucro, desarrollado bajo la iniciativa de acceso
abierto

Capacidad emulsificante y estabilidad de emulsiones de harinas de cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) bajo diferentes condiciones de pH y fuerza iónica

Emulsifying capacity and emulsion stability of rice husk meal (*Oryza sativa*) under different pH conditions and ionic strength

Michell Alejandra Arroyo Arboleda ^{1,2}, Alejandra Estefanía Rendón Benjumea ^{1,3},
María Isabel Martínez Giron ^{1,4}, Liliana Serna Cock ^{1,5}.

¹Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. Palmira, Colombia. ²✉ maarroyoa@unal.edu.co, ³✉ erendonb@unal.edu.co,
⁴✉ maimartinezgi@unal.edu.co, ⁵✉ lserna@unal.edu.co



<https://doi.org/10.15446/acag.v70n4.78743>

2021 | 70-4 p 415-420 | ISSN 0120-2812 | e-ISSN 2323-0118 | Rec.: 17-07-2019. Acep.: 20-02-2022

Resumen

Aunque el contenido de proteína en la cascarilla de arroz es mínimo, estas proteínas en conjunto con su contenido de fibra representado en celulosa, hemicelulosa y lignina podrían tener interesantes propiedades tecno-funcionales para la agroindustria alimentaria y no alimentaria. Se obtiene harina de cascarilla de arroz (*Oryza sativa* L.) y se evalúa su capacidad emulsificante (CE) y la estabilidad de la emulsión (EE). La CE se evalúa a dos tamaños de partícula (>250 y <250 μm), tres pH (5.5; 2.5 y 1.5) y tres fuerzas iónicas (0, 0.2 y 0.5 M de NaCl). En la EE se evalúa a las mismas condiciones y además se evalúa el efecto de la temperatura (50 y 80 °C). Se encuentra que la harina de cascarilla de arroz a tamaño de partícula >250, pH de 5.5, y fuerza iónica de 0.5 M de NaCl presenta la mejor CE (3.3 ± 0.03 mL/g). La menor CE (1.5 ± 0.0 mL/g) se obtiene a un tamaño de partícula < 250 μm , pH 1.5 y fuerza iónica de 0.5 M de NaCl. La mayor EE (47.2 ± 0.03 %) se obtiene a 50 °C, tamaño de partícula > 250 μm , pH 5.5, y fuerza iónica de 0.2 M de NaCl. Se comprueba que la harina de cascarilla de arroz tiene propiedades emulsificantes y estas propiedades se ven influenciadas por factores extrínsecos como el tamaño de partícula, el pH, la fuerza iónica, y la temperatura. Lo anterior indica que la harina de cascarilla de arroz es una alternativa al uso de emulsificantes de origen animal, por lo cual podría utilizarse muy particularmente en preparaciones veganas, donde su contenido en sílice debe revisarse, pero además podría utilizarse en la elaboración de estructuras donde las propiedades emulsificantes son importantes, como lo son las industrias cosmética y de bloques de concreto, por ejemplo.

Palabras clave: emulsificación, estabilidad, granulometría, lignocelulosa, residuo

Abstract

Rice husk meal (*Oryza sativa* L.) is obtained and its emulsifying capacity (CE) and emulsion stability (EE) are evaluated at two particle sizes (> 250 and < 250 μm), three pH (5.5-2.5, and 1.5) and three ionic strengths (0, 0.2 and 0.5 M of NaCl). The EE was determined at two temperatures (50 and 80 °C). Rice husk meal at particle size > 250, pH 5.5, and ionic strength of 0.5 M NaCl was found to have the best CE (3.3 ± 0.03 mL /g). The lowest EC (1.5 ± 0.0 mL/g) was obtained at a particle size < 250 μm , pH 1.5 and ionic strength of 0.5 M of NaCl. The highest EE (47.2 ± 0.03 %) is obtained at 50 °C, particle size > 250 μm , pH 5.5, and ionic strength of 0.2 M of NaCl . It is found that rice husk meal has emulsifying properties and these properties are influenced by extrinsic factors such as particle size, pH, ionic strength, and temperature. The above indicates that rice husk meal is an alternative to the use of emulsifiers of animal origin, so it could be used very particularly in vegan preparations, or in general in the food and cosmetic industries.

Keywords: emulsification, stability, particle size, lignocellulosis

Introducción

El sector agroindustrial arrocero ha venido experimentando un crecimiento significativo y ha aportado a la economía de países en proceso de desarrollo (FAOSTAT, 2020). En países de África subsahariana, por ejemplo, más de 20 millones de agricultores cultivan arroz y producen alrededor de 4.8 millones de toneladas anuales (MinAgricultura, 2021). En América del sur, para un país como Colombia donde se producen cerca de 2.35 millones de toneladas de arroz por año, este producto garantiza la seguridad alimentaria de 400.000 familias, y es la mayor fuente de empleo en zonas arroceras de los departamentos de Casanare, Meta, Arauca, Valle del Cauca, Tolima, Huila, Santanderes y zona costera del norte del país (MinAgricultura, 2021; Cardona Ayala *et al.*, 2011). En la agroindustria del arroz, el principal residuo que se genera en Colombia y en el mundo es la cascarilla, la cual se produce durante el proceso de pilado, y es equivalente al 25 % de la producción (Bodie *et al.*, 2019).

La cascarilla es una estructura que protege la semilla de arroz durante la germinación y está compuesta principalmente por celulosa (25.9-35.5 %), hemicelulosa (18.1-21.4 %), lignina (18.2-24.6 %), minerales (15.3-24.4 %), compuestos polifenólicos y sílice (Kraithong *et al.*, 2018; Valverde *et al.*, 2007). Contiene 15 % de carbono, 18 % de cenizas y 67 % de material volátil (Lim *et al.*, 2012). Sin embargo, la cascarilla de arroz contiene, además, proteína de 2.3-3.2 %, lípidos entre 0.4-0.7 %, y almidón 1.8 %, datos expresados en base seca (Pincioli *et al.*, 2010) valores que difieren dependiendo de la variedad de arroz y de sus condiciones de cultivo.

Este residuo agroindustrial tiene limitadas opciones comerciales debido a las pocas tecnologías implementadas para su valorización, a su baja degradabilidad natural, y a la presencia de compuestos que dificultan su uso y disposición final (Hesami *et al.*, 2014; Piñeros Castro *et al.*, 2011; Velásquez Piña, 2014).

Dentro de las alternativas evaluadas para el aprovechamiento de cascarilla de arroz se incluyen su transformación en azúcares, los cuales son utilizados como materia prima en la producción de etanol (Piñeros Castro *et al.*, 2011), proporciona una alternativa energética como biomasa, disminuyendo el uso de fuentes fósiles que contaminan el ambiente (Bhat *et al.*, 2016), por su contenido en sílice se ha usado en la purificación de péptidos microbianos (Janes *et al.*, 1998), y tiene uso directo como cama de pollos en granjas avícolas (Bodie *et al.*, 2019), como fertilizante en la agricultura (Badar y Qureshi, 2014), y en la elaboración de bloques de concreto (Hesami *et al.*, 2014), entre otros. Sin embargo, su mayor aprovechamiento es el calórico a través de procesos de combustión controlado, debido a su

poder calorífico (3281.6 Kcal/kg) (Velásquez Piña, 2014), por lo cual, el aprovechamiento de cascarilla de arroz sigue siendo un reto para la industria.

De otro lado, aunque el contenido de proteína en la cascarilla de arroz es mínimo, estas proteínas en conjunto con el contenido de fibra aportado por la celulosa, hemicelulosa y lignina, podrían tener interesantes propiedades tecno-funcionales (Vargas *et al.*, 2013) lo cual abriría un campo de investigación en el uso de este subproducto como ingrediente alimentario. Una propiedad tecno-funcional se define como una propiedad que va más allá de lo nutricional y determina la utilidad de un ingrediente. Algunas proteínas presentan propiedades tecno-funcionales de hidratación, donde priman las interacciones proteína-agua, o propiedades de superficie, donde prevalecen las interacciones proteína-proteína (Chel Guerrero *et al.*, 2003) Entre las propiedades de superficie de las proteínas se encuentra la capacidad emulsificante (CE). La CE de una proteína se debe a la naturaleza química de los radicales R de los grupos amino terminales de las proteínas, y a su porcentaje en peso (Kralova y Sjöblom, 2009) Los grupos R hidrofóbicos serán capaces de interactuar con fases oleosas, mientras que los grupos R hidrofobos actuarán con la fase acuosa, disminuyendo la tensión superficial de la dispersión, y finalmente, haciendo que estas dos fases inmiscibles se puedan unir. La estabilidad de las emulsiones (EE) representa la capacidad de la emulsión para mantener los glóbulos de grasa en su tamaño inicial y uniformemente distribuidos en la fase acuosa (Jiménez-Colmenero, 2013) Por lo tanto, la caracterización tecno-funcional de residuos agroindustriales como la cascarilla de arroz permitiría visualizar otros usos de este subproducto.

Por lo anterior, el objetivo de esta investigación es elaborar una harina de cascarilla de arroz, evaluar sus propiedades emulsionantes y determinar el efecto de factores extrínsecos como pH, fuerza iónica y temperatura sobre la capacidad emulsificante (CE) y la estabilidad emulsificante (EE).

Materiales y métodos

Obtención de harina de cascarilla de arroz. 1 kg de cascarilla de arroz marca Anasac Jardín, se obtiene del almacén de cadena Homecenter de la ciudad de Cali, Valle del Cauca, Colombia.

La cascarilla se lava con agua potable repetidas veces con la finalidad de limpiar impurezas y residuos no deseados en el proceso, y finalmente se lava con agua destilada. El material lavado se lleva a secado conductivo a 60 °C, durante 24 h hasta alcanzar una humedad de 7.9 ± 0.28 , utilizando un horno (Memmert, Alemania). Posteriormente, la cascarilla de arroz seca se distribuye en 4 bolsas herméticas con cierre ziploc, cada una con 200 g aproximadamente.

El material limpio y seco se muele y tamiza utilizando un molino de martillos (V-MOLM-10-IMA, Colombia) y posteriormente, un tamizador (Rotap Tyler®). El tamizado se realiza por 15 min, con tamiz de 250 μm . Las harinas con granulometría mayor y menor a 250 μm se separan siguiendo la metodología propuesta por (Chasoy y Cock, 2017).

A las harinas se les mide humedad por el método de estufa a presión atmosférica (Métodos Oficiales de Análisis de La AOAC, 15a Ed. Asociación de Químicos Analíticos Oficiales, 1990) y la actividad acuosa (a_w) mediante el método de punto de rocío (AquaLab 4TE).

Capacidad emulsificante (CE). A las harinas de los dos tamaños de partícula se les mide CE a tres pH y a tres fuerzas iónicas, siguiendo el modelo de (Ferreira *et al.*, 2007), con algunas modificaciones. Se preparan 54 tubos eppendorf de 50 ml con soluciones a diferentes pH (5.5; 2.5 y 1.5) y diferentes fuerza iónicas (0; 0.2 y 0.5 M de NaCl), utilizando en cada tubo 3 g de harina de cascarilla de arroz de cada una de las granulometrías (> 250 y < 250 μm) y 10 ml de agua destilada. El agua se ajusta previamente con ácido clorhídrico o hidróxido de sodio y NaCl hasta alcanzar los pHs y fuerzas iónicas mencionadas. Las soluciones se agitan durante 30 s, con la ayuda de un homogeneizador (MicroDisTec, Reino Unido) a 14000 rpm, posteriormente, a cada tubo se agrega gota a gota, 10 ml de aceite de soja comercial agitando hasta formar una emulsión. Finalmente, las emulsiones se llevan a centrifugación (Eppendorf, Alemania) a 2500 rpm por 10 min.

La CE se calcula mediante la ecuación 1 (Barrera Arellano D. y Lamus Uvarova M., 2005).

$$CE = \frac{\text{mL de aceite emulsificado}}{\text{g de Harina de cascarilla de arroz}} \quad (\text{Ec. 1})$$

Estabilidad de la emulsión (EE). La estabilidad de las emulsiones se evalúa a dos temperaturas (50 y 80 °C), utilizando el procedimiento descrito por (Ferreira *et al.*, 2007). Se preparan 108 emulsiones siguiendo el mismo procedimiento descrito en el numeral anterior y utilizando los mismos tratamientos a diferentes pH (5.5; 2.5 y 1.5) y diferentes fuerzas iónicas (0; 0.2 y 0.5 M de NaCl L^{-1}). Las emulsiones se calientan durante 30 min en baño maría a la temperatura correspondiente, se enfrían por 15 min con agua corriente, y posteriormente, se llevaron a fuerza centrífuga de 2500 rpm durante 10 min. Para calcular la estabilidad de la emulsión se empleó la ecuación 2.

$$\%EE = \frac{V_f \text{ emulsion}}{V_i \text{ emulsion}} * 100 \quad (\text{Ec. 2})$$

Donde,

V_f = volumen final de la emulsión.

V_i = volumen inicial de la emulsión.

Análisis estadístico. Para evaluar los efectos del pH, fuerza iónica y tamaño de partícula sobre la CE se utiliza un diseño multifactorial de $3 \times 3 \times 2$ con tres repeticiones. Para evaluar los efectos del pH, fuerza iónica, tamaño de partícula y temperatura sobre la EE se utiliza un diseño multifactorial al azar de $3 \times 3 \times 2 \times 2$ con tres repeticiones. Para determinar el efecto de los factores se usa un ANOVA con un nivel de confianza del 95 %. Para la comparación entre medias se utiliza una prueba de Tukey utilizando el software Minitab versión 17®. En la tabla se expresaron los valores medios con su desviación estándar.

Resultados

Contenido de humedad y actividad de agua (a_w) de harinas de cascarilla de arroz. Las harinas de cascarilla de arroz presentan contenidos de humedad de 7.7 ± 0.001 y $6.51 \% \pm 0.002$ para tamaño de partícula < 250 μm y > 250 μm respectivamente. Estos valores de humedad estuvieron por debajo del límite máximo de humedad que debe tener una harina que es 15.5 % m/m (NTC 267, 2006)

La a_w para las harinas fue de 0.55 ± 0.08 y 0.50 ± 0.03 para las harinas con tamaño de partícula > 250 μm , y < 250 μm respectivamente. Los valores de a_w de la harina de cascarilla de arroz están por debajo de 0.62, por lo cual se puede afirmar que es un producto estable en el almacenamiento, debido a que a estos valores de a_w no hay crecimiento de bacterias patógenas, además no hay crecimiento de hongos y levaduras (Graü *et al.*, 2007). La a_w es uno de los parámetros más importantes para determinar la estabilidad de un producto biológico, y determina la necesidad de tratamientos térmicos y/o, la necesidad de adición de conservantes para prolongar la vida de anaquel del mismo (Arocutipá y Delgado, 2021).

Efecto del tamaño de partícula, el pH y la fuerza iónica sobre la CE. En la Tabla 1 se presenta la CE de la harina de cascarilla de arroz por el efecto del pH, fuerza iónica, y tamaño de partícula, y la diferencia estadística entre los tratamientos, con su respectiva desviación estándar. Se encuentra que tanto el pH como el tamaño de partícula afectan significativamente ($p < 0.05$) la CE, mientras que la fuerza iónica no influye la CE (Tabla 1). En harinas de cascarilla de arroz de tamaño de partícula < 250 μm , a pH 5.5 se presentan los máximos valores de CE (3.1 a 3.3 mL/g), y a pH 1.5 y fuerza iónica correspondiente a 0.5 M, los mínimos (1.5 mL/g). Aumentando el tamaño de partícula (> 250 μm) se aumenta significativamente ($p < 0.05$) la CE independientemente del pH y de la fuerza iónica.

Tabla 1. Capacidad emulsificante (CE) de harina de cascarilla de arroz por efectos del pH, fuerza iónica, y tamaño de partícula

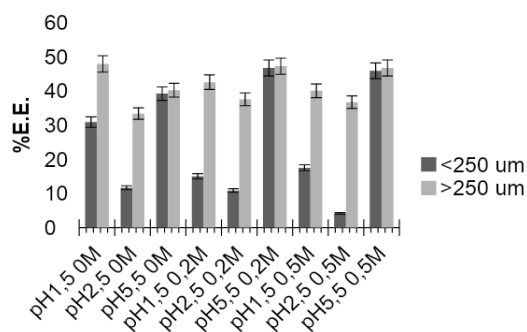
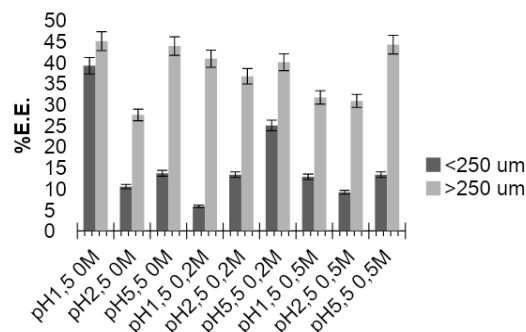
pH	Fuerza Iónica (NaCl)	CE (mL/g)	
		< 250 μ m	> 250 μ m
1.5	0.0 M	2.9 $\pm$ 0.03 ^{ab}	3.3 $\pm$ 0.03 ^a
	0.2 M	1.8 $\pm$ 0.07 ^c	3.3 $\pm$ 0.03 ^a
	0.5 M	1.5 $\pm$ 0.0 ^c	3.3 $\pm$ 0.0 ^a
2.5	0.0 M	1.6 $\pm$ 0.03 ^c	3.3 $\pm$ 0.03 ^a
	0.2 M	2.7 $\pm$ 0.03 ^b	3.3 $\pm$ 0.03 ^a
	0.5 M	3.2 $\pm$ 0.03 ^a	3.3 $\pm$ 0.03 ^a
5.5	0.0 M	3.2 $\pm$ 0.03 ^a	3.3 $\pm$ 0.03 ^a
	0.2 M	3.1 $\pm$ 0.03 ^a	3.1 $\pm$ 0.07 ^{ab}
	0.5 M	3.2 $\pm$ 0.03 ^{ab}	3.3 $\pm$ 0.03 ^a

Letras diferentes para cada columna representan una diferencia significativa (Tukey, $p < 0.05$). (Medias $\pm$ desviación estándar).

Efecto del tamaño de partícula, pH, fuerza iónica y temperatura sobre la EE. Las figuras 1 a y 1b muestran el efecto del pH, fuerza iónica, tamaño de partícula y temperatura (50 y 80 °C, respectivamente) sobre la EE, y el respectivo error estándar de los tratamientos. La tabla 2 presenta la significancia estadística de EE.

La mayor EE se obtiene con tamaños de partículas > 250 μ m, pH 5.5 y fuerza iónica de 0.5 M a 50 °C. La EE disminuye en 5.3 % cuando se usaron las mismas condiciones a 80 °C.

En la Tabla 2 se puede observar que las emulsiones de harinas de cascarilla de arroz son más estables a 50 °C y están altamente influenciadas por el pH, la fuerza iónica y el tamaño de partícula > 250 μ m. La mayor EE de las harinas de cascarilla de arroz (más de 47 %) se pueden obtener por dos vías 50 °C, pH 1.5, sin adición de sal y tamaño de partícula < 250 μ m, o a 50 °C, pH 5.5 adición de 0.2 M de NaCl y tamaño de partícula de > 250 μ m. Mientras que el tratamiento con menor EE (4.2 % $\pm$ 0.03) se presenta a pH 2.5, fuerza iónica de 0.5 M de NaCl, con un tamaño de partícula < 250 μ m.

A E.E. de la harina de cascarilla de arroz a 50°C**B** E.E. de la harina de cascarilla de arroz a 80°C**Figura 1.** Efecto del pH, fuerza iónica, y tamaño de partícula de la harina de cascarilla de arroz en la estabilidad emulsionante (EE): **A)** 50°C. **B)** 80°C

Discusión

La capacidad de formar emulsiones en las harinas de cascarilla de arroz, así como de otras harinas, depende de la relación entre el porcentaje en peso de grupos hidrófilos y el porcentaje en peso de grupos hidrófobos en la moléculas presentes en la fibra y las proteínas, estas últimas con una propiedad relevante conocida como la anfifilicidad (Kralova y Sjöblom, 2009) Adicionalmente, es relevante la interacción con el medio que permitiría la exposición y la distribución de los grupos hidrofílicos e hidrofóbico (Badui, 2006) En esta investigación no se realizó un perfil de aminoácidos, sin embargo, podría afirmarse que la harina de cascarilla de arroz presenta un bajo balance hidrofílico hidrofóbico de sus aminoácidos (entre 3-6) ya que es capaz de estabilizar emulsiones agua-aceite de acuerdo a lo dicho por (Jiménez-Colmenero, 2013).

La CE de la harina de cascarilla de arroz también puede atribuirse en parte, a su contenido de fibra cruda. Se ha reportado la capacidad de emulsionar de diferentes fibras (Khalid *et al.*, 2003; Vegas Niño y Lavado Baca, 2021) en investigaciones con harina de semillas residuales de linaza, resaltan que los contenidos de fibra de esta harina aportan propiedades tecno-funcionales como propiedades gelificantes, viscosantes, capacidad emulsificante entre otras, y afirman además, que estas propiedades se ven influenciadas por el tamaño de partícula.

La CE y la EE de harinas de cascarilla de arroz no se ven afectadas significativamente por la adición de sal, este aspecto resulta de alta relevancia cuando se piensa en la posibilidad de utilizar la harina de cascarilla de arroz como una alternativa de ingrediente alimentario en la formulación de emulsiones dirigidas a poblaciones vegetarianas. En estudios realizados por Barrera Arellano D. y Lamus Uvarova M. (2005) donde se estudian las propiedades de la albúmina del huevo, se demostró que las emulsiones con ovoalbúmina se ven afectadas por la adición de NaCl al 0.3 %, lo cual ocasiona una pérdida de EE pasando del 74 % (a pH = 5.0) a un 66 %.

Tabla 2. Estabilidad de emulsiones de harina de cascarilla de arroz a diferentes temperaturas, pH, fuerza iónica y tamaño de partícula

Estabilidad de la emulsión (EE)				
Temperatura	pH	Fuerza iónica (M)	Tamaño de partícula < 250 µm	Tamaño de partícula > 250 µm
50°C	1.5	0.0	47.8 ± 0.03 a	30.8 ± 0.03 defg
		0.2	15.0 ± 0.0 hij	42.5 ± 0.0 abcd
		0.5	17.5 ± 0.17 ghi	40.0 ± 0.0 abcde
	2.5	0.0	11.7 ± 0.03 ij	33.3 ± 0.03 bcdef
		0.2	10.8 ± 0.13 j	37.5 ± 0.0 abcdef
		0.5	4.2 ± 0.03 ij	36.7 ± 0.03 abcdef
	5.5	0.0	40.2 ± 0.03 abcde	39.2 ± 0.03 abcde
		0.2	46.7 ± 0.03 ab	47.2 ± 0.03 a
		0.5	45.8 ± 0.03 ab	46.7 ± 0.03 ab
80°C	1.5	0.0	45 ± 0.0 abc	39.2 ± 0.03 abcde
		0.2	5.8 ± 0.03 j	40.8 ± 0.03 abcde
		0.5	12.8 ± 0.03 ij	31.7 ± 0.03 cdef
	2.5	0.0	10.5 ± 0.0 j	27.5 ± 0.0 efgh
		0.2	13.3 ± 0.03 ij	36.7 ± 0.0 abcdef
		0.5	9.2 ± 0.03 j	30.8 ± 0.03 defg
	5.5	0.0	13.7 ± 0.03 ij	43.8 ± 0.03 abcd
		0.2	25 ± 0.0 fghi	40.0 ± 0.03 abcde
		0.5	13.3 ± 0.03 ij	44.2 ± 0.03 abcd

Letras diferentes representan una diferencia significativa (Tukey, $p < 0.05$). (Medias ± desviación estándar) entre los tratamientos.

La harina de cascarilla de arroz a pH 2.5 y una fuerza iónica de 0.5 M, presenta EE del mismo orden de magnitud que la harina de trigo. Autores reportan que la harina de trigo presenta una EE entre 37.5 % y 45 % en pH 2.5 (Bhat *et al.*, 2016). Ramírez y Pacheco de Delahaye (2009) reportan EE en harinas de frutas deshidratadas teniendo un resultado en harina de piña (*Ananas comusus* L) de 1 %, en guayaba (*Psidium guajava* L.) 51 % y en guanábana (*Annona muricata* L.) de 20 %. Para la piña la EE es casi nula.

Las diferencias en EE encontradas a 50 y 80 °C se explican porque la temperatura afecta las estructuras cuaternarias, terciarias y secundarias de las proteínas, con la consiguiente desnaturalización proteica (Badui, 2006). La desnaturalización proteica impide la interacción interfacial (disminuyendo la EE), y favorece las interacciones hidrofóbicas, aumentando la precipitación proteica y disminuyendo la adsorción en la interfase.

En nuestra investigación la mayor EE de la harina de cascarilla de arroz se obtiene a 50 °C (> 250 µm, pH 5.5 y fuerza iónica de 0.5 M), estos resultados concuerdan con los resultados obtenidos por Ferreyra *et al.* (2007), quienes evalúan la estabilidad de la emulsión en harina de cacahuete (*Arachis hypogaea* L.) a 80 °C y a pH 6.0, encuentran que a estas condiciones la EE es menor comparado con la EE obtenida a 50 °C.

Finalmente, se estima que CE y EE se ven favorecidos con harina en un tamaño de partícula > 250 µm y pH 5.5, y la fuerza iónica es poco significativa para estas dos propiedades tecno-funcionales, obteniendo resultados de 3.3 ml/g de CE y más de 47 % de EE.

Si bien Lozano Rojas (2020) indica que la cascarilla de arroz no parece ser una alternativa en la industria alimentaria, nuestros resultados indican que este residuo representa un gran potencial como ingrediente de la industria alimentaria y no alimentaria, ya que tiene una importante propiedad tecno-funcional como lo es la capacidad emulsificante. De hecho, las propiedades emulsificantes de este residuo hacen posible que pueda utilizarse en la elaboración de productos como bloques de concreto, generando resistencia y menos problemas de agrietamiento, (Ortega Ramírez y Quispe Trinidad, 2021).

Conclusiones

La cascarilla de arroz puede utilizarse como emulsificante y su capacidad emulsificante no se ve afectada por la adición de sal, y esto es una ventaja si se usa este residuo como ingrediente alimentario. El pH, el tamaño de partícula y la temperatura son altamente relevantes y afectan la capacidad emulsificante de la harina de cascarilla de arroz. La mejor capacidad y estabilidad de la emulsión puede obtenerse en un tamaño de partícula mayor a 250 µm a un pH 5.5. Estas propiedades tecno-funcionales de la harina de cascarilla de arroz abre la posibilidad de utilizar este residuo agroindustrial como tensoactivo, principalmente en las industrias alimentaria y cosmética.

Referencias

- Arocutipá Coaquira, D. y Delgado Solis, C. (2021). Evaluación de las isoterms de adsorción de la harina de torta de castaña. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Amazónica de Madre de Dios]. https://www.youtube.com/watch?v=_h2Sg24jCFk&ab_channel=DavidArocutipáCoaquira
- Badar, R. y Qureshi, S. A. (2014). Composted rice husk improves the growth and biochemical parameters of sunflower plants. *Journal of Botany*, 2014. <https://doi.org/10.1155/2014/427648>
- Badui Dergal, S. (2006). *Química de los alimentos*. Pearson. Addison Wesley.
- Barrera Arellano D. y Lamus Uvarova M. (2005). Efecto de la lipofilización sobre las propiedades funcionales de la harina

- de palmiste (*Elaeis guineensis*). *Grasas y Aceites*, 56(1), 1-8. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1185855>
- Bhat, N.A., Wani, I.A., Hamdani, A.M., Gani, A. y Masoodi, F.A. (2016). Physicochemical properties of whole wheat flour as affected by gamma irradiation. *Food Science and Technology*, 71, 175-183. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.03.024>
- Bodie, A.R., Micciche, C., Atungulu, G.G., Rothrock, J. y Ricke, S.C. (2019). Current trends of rice milling byproducts for agricultural applications and alternative food production systems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3(47). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00047>
- Cardona Ayala, C., Espitia Camacho, M. y Hermes Aramendiz, T. (2011). Adaptación del arroz riego (*Oryza sativa* L.) en el caribe colombiano. *Acta Agronomica*, 60(1), 112. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-28122011000100001
- Chasoy, G.R. y Cock, L.S. (2017). Effect of plantain (*Musa paradisiaca* L. cv. Dominico Harton) peel flour as binder in frankfurter-type sausage. *Acta Agronomica*, 66(3). http://www.scielo.org.co/scielo.php?pi=28122017000300305&script=sci_abstract&tlng=en
- Chel Guerrero, L.A., Corzo Ríos, L. y Betancur Ancona, D.A. (2003). Estructura y propiedades funcionales de proteínas de leguminosas. *Revista de La Universidad Autónoma de Yucatán*, 1(227), 34-43. <https://www.revistauniversitaria.uady.mx/pdf/227/ru2275.pdf>
- FAOSTAT (Febrero 22 de 2022). Food and Agriculture Organization of the United Nations: Preliminary Agricultural Production data. <http://www.fao.org/economic/est/publications/rice-publications/rice-market-monitor-rmm/en/>
- Feldsine, P., Abeyta, C. y Andrews, W.H. (2002). AOAC international methods committee guidelines for validation of qualitative and quantitative food microbiological official methods of analysis. *Journal of AOAC International*, 85(5), 1187-1200. <https://academic.oup.com/jaoac/article/85/5/1187/5656729>
- Ferreira, J.C., Kuskoski, E.M., Bordignon, L., Barrera Arellano, D. y Fett, R. (2007). Propiedades emulsificantes y espumantes de las proteínas de harina de cacahuete (*Arachis hypogaea* Lineau). *Grasas y Aceites*, 58(3), 264-269. <https://www.researchgate.net/publication/26524113>
- Graü, C., Sánchez, D., Zerpa, A. y García, N. (2007). Influence of water activity, pH, and temperature on growth of *Aspergillus penicillioides* and *A. terreus*, isolated from dry and salted skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) meat. *Revista Científica*, 27(2), 193-199. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95917214>
- Hesami, S., Ahmadi, S. y Nematzadeh, M. (2014). Effects of rice husk ash and fiber on mechanical properties of pervious concrete pavement. *Construction and Building Materials*, 53, 680-691. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.070>
- Janes, M.E., Nannapaneni, R., Proctor, A. y Johnson M.G. (1998). Rice hull ash and silicic acid as adsorbents for concentration of bacteriocins. *Applied and Environmental Microbiology*, 64(11), 4403-4409. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC106660/>
- Jiménez-Colmenero, F. (2013). Emulsiones múltiples; compuestos bioactivos y alimentos funcionales. *Nutrición Hospitalaria*, 28(5), 1413-1421. <https://doi.org/10.3305/nh.2013.28.5.6673>
- Khalid, E.K., Babiker, E.E. y El Tinay, A.H. (2003). Solubility and functional properties of sesame seed proteins as influenced by pH and/or salt concentration. *Food Chemistry*, 82(3), 361-366. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00555-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00555-1)
- Kraithong, S., Lee, S. y Rawdkuen, S. (2018). Physicochemical and functional properties of Thai organic rice flour. *Journal of Cereal Science*, 79, 259-266. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2017.10.015>
- Kralova, I. y Sjöblom, J. (2009). Surfactants used in food industry: A review. *Journal of Dispersion Science and Technology*, 30(9), 1363-1383. <https://doi.org/10.1080/01932690902735561>
- Lim, J. S., Abdul Manan, Z., Wan Alwi, S.R. y Hashim, H. (2012). A review on utilisation of biomass from rice industry as a source of renewable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 3084-3094. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.02.051>
- Lozano Rojas, C.L. (2020). Alternativas de usos de la cascarilla de arroz (*Oryza sativa*) en Colombia para el mejoramiento del sector productivo y la industria. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/33698>
- MinAgricultura. (2021). *Bullets Arroz. Harina de Trigo*, Norma Técnica Colombiana 10 (2006).
- Ortega Ramírez, A.T. y Quispe Trinidad, M.I. (2021). Alternativas del uso de la cascarilla de arroz como fuente energética. *Revista Fuentes El Reventón Energético*, 19(2), 69-81. <https://doi.org/10.18273/revfue.v19n2-2021005>
- Pincioli, M., Martínez, E. y Vidal, A. A. (2010). Proteínas de arroz. Propiedades estructurales y funcionales. In *Centro de Investigación y Desarrollo en Criotecnología de Alimentos*, 66(167). http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/1828/Documento_completo_.pdf?sequence=3
- Piñeros Castro, Y., Velasco, G. A., Proaños, J., Cortes, W. y Ballesteros, I. (2011). Production of fermentable sugars by enzymatic hydrolysis of steam-exploded rice husks. *Revista ION*, 24(2). <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaion/article/view/2379>
- Ramírez, A. y Pacheco de Delahaye, E. (2009). Propiedades funcionales de harinas altas en fibra dietética obtenidas de piña, guayaba y guanábana. *Interciencia*, 34(4), 293-298. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=33911575012>
- Valverde, A., Sarria, B. y Monteagudo, J.P. (2007). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz. *Scientia et Technica Año XIII*, 37, 225-231. <https://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/view/4055>
- Vargas, J., Alvarado, P., Vega Baudrit, J. y Porras M. (2013). Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos. *Revistas Científica de la facultad de Ciencias Químicas y Farmacia*, 23(1), 86-101. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5069938>
- Vegas Niño, R.M. y Lavado Baca, M. (2021). Efecto del pH y cloruro de sodio sobre las propiedades tecnofuncionales de harina de semillas residuales de linaza (*Linum usitatissimum* L.). *Cátedra Villarreal*, 9(1), 25-37. <https://doi.org/10.24039/cv2021911071>
- Velásquez Piña, J. (2014). *Evaluación del potencial de generación energética con cáscara de arroz en la zona del Huallaga Central del departamento de San Martín*. Editorial of the Regional Direction of Energy and Mines San Martín.