

MADURACIÓN POSTCOSECHA ACELERADA EN ARROZ CÁSCARA: EFECTOS SOBRE LA CALIDAD DEL GRANO Y SUS PROPIEDADES FÍSICOQUÍMICAS Y REOLÓGICAS

Parada, Sofía¹; Durand, Mariano²; Rodríguez, Silvio David³; Colazo, José Luis⁴

Palabras clave: arroz cáscara, envejecimiento, calidad industrial, calidad culinaria.

Introducción

El arroz (*Oryza sativa*) es uno de los alimentos básicos más importantes a nivel global, utilizado como fuente principal de energía por aproximadamente dos tercios de la población mundial (Sen et al., 2020). En Argentina, el cultivo de arroz se concentra en el litoral, en las provincias de Corrientes, Entre Ríos, Santa Fe, Chaco y Formosa, contribuyendo a una economía regional.

Una vez cosechado, el arroz comienza un proceso de maduración postcosecha, donde se producen transformaciones nutricionales (Peng et al., 2019), fisicoquímicas, reológicas y sensoriales, que potencian sus características tecnológicas y culinarias (Keawpeng & Venkatachalam, 2015). Dado el valor agregado que confiere la maduración postcosecha del arroz, se han diseñado tratamiento para para acelerar este proceso de forma controlada.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de un tratamiento térmico controlado sobre arroz cáscara para simular la maduración postcosecha, a fin de replicar en menor tiempo y a menor costo los beneficios que se logran mediante el envejecimiento natural.

Material y Métodos

La muestra seleccionada fue la variedad Gurí INTA CL. La misma se sembró en septiembre del 2023 en el lote de producción de semilla pre-básica del convenio INTA-PROARROZ y cosechó en marzo/abril del 2024.

Tratamiento por calor: El procedimiento se realizó teniendo como base el método informado por Shen et al. (2022) con modificaciones. Se estudiaron dos niveles de temperatura: 45°C y 75°C, y cuatro niveles¹ de tiempo de almacenamiento: 1, 12, 24, y 96 h. La muestra n° 9 se mantuvo a 4°C y se considera como control sin tratamiento (testigo).

La medición de temperatura y humedad se realizó mediante un datalogger Extech RHT30 USB.

Calidad industrial. El parámetro utilizado para el análisis de la calidad industrial fue el rendimiento de granos enteros. Las muestras fueron procesadas en un molino experimental Suzuki modelo MT-91, siguiendo el procedimiento establecido en la Norma de Calidad para la Comercialización del Arroz (SENASA - Res. 1075 / 94).

Molienda y parámetros fisicoquímicos: aquellas determinaciones que requirieron el uso de harina de arroz, se procesaron en CYCLOTEC Tecator 1093 sample mill. Las determinaciones de parámetros fisicoquímicos incluyeron el contenido de amilosa aparente (CAA), evaluado mediante técnica colorimétrica según Suwannaporn et al. (2007); el valor de dispersión alcalina (VDA), determinado siguiendo el método de Chemutai et al. (2016); y el tiempo de cocción (TC), medido según el procedimiento descrito por Simonelli et al. (2014).

¹ Lic. En Nutrición. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Concepción del Uruguay, Entre Ríos. parada.sofia@inta.gov.ar.

² Ing. Agrónomo. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). durand.mariano@inta.gov.ar.

³ Dr. Química Industrial, Ing. En Alimentos. Instituto De Tecnología De Alimentos Y Procesos Químicos. (ITAPROQ). silvioidavidrodriguez@gmail.com.

⁴ Msc, Lic. Biotecnología. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). colazo.jose@inta.gov.ar.

Propiedades de pasta: se determinaron utilizando un Rapid Visco Analyzer (RVA 4500, Perten). El análisis consistió en mezclar harina de arroz con agua bajo agitación constante, aplicando un ciclo controlado de calentamiento y enfriamiento. A partir de los viscogramas obtenidos se calcularon los parámetros reológicos correspondientes.

Análisis estadístico: Los datos se analizarán a través de un análisis de varianza (ANOVA) a través del software estadístico Statgraphics.

Resultados y Discusión

Calidad industrial

Se evaluó el efecto de diferentes tratamientos térmicos sobre el porcentaje de granos enteros como indicador de calidad industrial del arroz cáscara. Los materiales fueron comparados con el testigo almacenado a 4 °C (M9).

Tabla 1. Rendimiento de granos enteros en función de los tratamientos. Letras distintas indican diferencias estadísticas entre tratamientos ($p < 0,05$).

ID Tratamiento	Temperatura (°C)	Tiempo (h)	Entero (%)
M1	45	1	68,6 ± 0,5 ^f
M2	45	12	68,5 ± 0,3 ^f
M3	45	24	65,6 ± 0,2 ^d
M4	45	96	4,0 ± 0,5 ^b
M5	75	1	68,5 ± 0,2 ^f
M6	75	12	5,4 ± 0,2 ^c
M7	75	24	0,3 ± 0,1 ^a
M8	75	96	0,4 ± 0,1 ^a
M9			66,9 ± 0,4 ^e

Los resultados muestran el efecto de la temperatura y el tiempo de secado sobre el porcentaje de granos enteros (Tabla 1). Los tratamientos a 45 °C durante 1 y 12 horas (M1 y M2) presentaron los valores más altos de granos enteros, con 68 % y 68,5 % respectivamente, sin diferencias significativas entre sí ni respecto al tratamiento a 75 °C por 1 hora (M5= 68,5 %). Estos valores fueron incluso ligeramente superiores al del testigo (M9= 66,9 %), lo que sugiere que estas condiciones no deterioraron la integridad del grano. En contraste, los tratamientos con mayor tiempo de exposición a 45 °C y 75 °C (M4, M6, M7 y M8) presentaron un porcentaje de quiebre considerablemente mayor, con valores significativamente más bajos de grano entero. Por este motivo, dichos tratamientos no fueron considerados para los análisis fisicoquímicos.

Propiedades fisicoquímicas

Valor de dispersión alcalina (VDA): la muestra M1 (45 °C- 1 h) presentó el mayor VDA (6,60 ± 0,3), significativamente superior al resto, lo que sugiere una temperatura de gelatinización baja. El testigo M9 mostró el menor VDA (5,03 ± 0,1), lo que sugiere una menor gelatinización del grano.

Contenido de amilosa aparente (CAA): no se observaron diferencias significativas marcadas entre la mayoría de las muestras. Los valores oscilaron entre 27,3 % y 28,7 %. La muestra M1 tuvo el contenido más bajo (27,3 ± 0,3), mientras que M5 (75 °C- 1 h) mostró el más alto (28,7 ± 1,5).

Tiempo de cocción (TC): todas las muestras presentaron tiempos de cocción similares, entre 16,0 y 17,0 minutos.

Tabla 2: Propiedades fisicoquímicas de los tratamientos realizados. Valores expresados como media \pm desvío estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Muestra	VDA (valor de dispersión alcalina)	CAA (contenido de amilosa aparente)	TC (tiempo de cocción)
M1	6,60 \pm 0,3 ^c	27,3 \pm 0,3 ^a	16,5 \pm 0,7 ^a
M2	6,20 \pm 0,6 ^{bc}	27,4 \pm 0,3 ^a	17,0 \pm 0,0 ^a
M3	5,77 \pm 0,6 ^b	27,4 \pm 0,6 ^{ab}	16,0 \pm 0,0 ^a
M5	5,67 \pm 0,5 ^b	28,7 \pm 1,5 ^{ab}	16,5 \pm 0,7 ^a
M9	5,03 \pm 0,1 ^a	28,5 \pm 0,6 ^b	16,5 \pm 0,7 ^a

Propiedades de pasta

Peak viscosity: las muestras M2 y M3 (45 °C, 12 y 24 h respectivamente) presentaron los valores más altos de viscosidad pico (2787 y 2774 cP), significativamente superiores a M5 (75 °C, 1 h; 2631 cP) y M9 (testigo, 2724 cP). Esto sugiere una mayor capacidad de hinchamiento y gelatinización del almidón en las muestras con tratamiento térmico prolongado a 45 °C. M5 mostró una viscosidad significativamente menor, posiblemente asociada a cierto grado de degradación del almidón.

Breakdown: este parámetro, indicador de la estabilidad térmica del almidón durante la gelatinización, fue similar entre muestras, sin diferencias significativas marcadas. Sin embargo, M3 presentó el valor más alto (677,5 cP).

Viscosidad final: las muestras M2 y M3 mostraron las viscosidades finales más elevadas (4904 y 4817 cP), seguidas por M1 (4599,5 cP). Esto indica una mayor capacidad de las muestras para formar una red de gel al enfriarse, lo cual está directamente relacionado con la textura del arroz tras la cocción. M5 y M9 mostraron valores más bajos (4517 y 4492,5 cP), sugiriendo menor firmeza del gel luego de la cocción.

Tabla 3: Propiedades de pasta medidas con RVA. Valores expresados como media \pm desvío estándar. Letras distintas indican diferencias significativas entre tratamientos ($p < 0,05$).

Muestra	Peak 1	Breakdown	Viscosidad final	Setback
M1	2724,0 \pm 9,9 ^b	577,5 \pm 7,8 ^a	4599,5 \pm 12,0 ^b	1875,5 \pm 21,9 ^b
M2	2787 \pm 24,8 ^c	611,0 \pm 77,8 ^a	4904,0 \pm 2,8 ^c	2116,5 \pm 21,9 ^c
M3	2774 \pm 5,7 ^c	677,5 \pm 65,8 ^a	4817,0 \pm 31,1 ^c	2043,0 \pm 25,5 ^c
M5	2631 \pm 0,7 ^a	561,5 \pm 34,7 ^a	4517,0 \pm 26,9 ^{ab}	1885,5 \pm 26,2 ^b
M9	2724 \pm 15,6 ^b	595,5 \pm 21,9 ^a	4492,5 \pm 67,2 ^a	1768,5 \pm 51,6 ^a

Setback: al igual que la viscosidad final, el setback fue mayor en las muestras M2 y M3 (2116,5 y 2043 cP), lo que indica una mayor tendencia a la retrogradación del almidón (reformación de estructuras durante el enfriamiento). M9 presentó el valor más bajo (1768,5 cP), indicando menor firmeza del gel retrogradado.

Pasting temperature y Peak time: no se observaron diferencias significativas entre tratamientos para la temperatura de gelatinización (89,8–90,3 °C) ni el tiempo de pico (~6,1 min), lo que indica que los tratamientos térmicos no modificaron sustancialmente estos parámetros de inicio de gelatinización.

Conclusiones

Los tratamientos térmicos a 45 °C durante 12 a 24 horas permitieron conservar altos porcentajes de grano entero, mantener las propiedades fisicoquímicas del almidón y mostrar además mejoras en la viscosidad final y setback en el análisis viscosidad. En comparación, los tratamientos más prolongados o a 75 °C redujeron drásticamente el rendimiento de granos enteros y alteraron negativamente el comportamiento reológico. Por lo tanto, el tratamiento moderado a 45 °C surge como una alternativa efectiva para simular el proceso de maduración postcosecha del arroz en menor tiempo.

Agradecimientos

Se agradece a la Fundación ProArroz por el apoyo económico brindado para la realización de esta investigación.

Referencias

CHEMUTAI, L. R. et al. Physicochemical characterization of selected rice (*Oryza sativa* L.) genotypes based on gel consistency and alkali digestion. *Journal of Rice Research*, [S.l.], v. 4, n. 3, p. 172, 2016.

KEAWPENG, I.; VENKATACHALAM, K. Effect of aging on changes in rice physical qualities. *International Food Research Journal*, [S.l.], v. 22, n. 6, p. 2180–2187, 2015.

Norma de Calidad para ser Aplicada en la Comercialización del Arroz Cáscara Mercado Interno, Exportación e Importación (Resolución n.º 1075/94 ANEXO II).

PENG, B. et al. Effects of rice aging on its main nutrients and quality characters. *Journal of Agricultural Science*, [S.l.], v. 11, n. 2, p. 1–10, 2019.

SEN, S.; CHAKRABORTY, R.; KALITA, P. Rice – not just a staple food: a comprehensive review on its phytochemicals and therapeutic potential. *Trends in Food Science and Technology*, [S.l.], v. 97, p. 265–285, 2020. Disponible em: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.022>. Consultado en mayo 2025.

SHEN, Y. et al. The physicochemical and nutritional properties of high endosperm lipids rice mutants under artificially accelerated ageing. *LWT*, [S.l.], v. 154, 112730, 2022. Disponible em: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112730>. Consultado en mayo 2025.

SIMONELLI, C.; CORMEGNA, M.; GALASSI, L.; BIANCHI, P. Cooking time and gelatinization time of rice Italian varieties. *Journal of Food Science and Nutrition*, [S.l.], v. 42, n. 2, p. 37–43, 2014.

SUWANNAPORN, P.; PITIPHUNPONG, S.; CHAMPANGERN, S. Classification of rice amylose content by discriminant analysis of physicochemical properties. *Starch – Stärke*, [S.l.], v. 59, n. 4–5, p. 171–177, 2007.