

# Mejora del rendimiento de parbolizado de arroz evaluando la temperatura y tiempo de hidratación

## Improving rice parboiling yield by evaluating hydration temperature and time

Elmer Yampier Zamora Sanchez, B.Sc.<sup>1</sup>, Viviano Paulino Ninaquispe-Zare, Dr.Sc.<sup>2</sup>, y Alberto Claudio Miano, Ph.D.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Carrera de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Trujillo, Perú, elmer\_yz\_2010@hotmail.com

<sup>2</sup> Carrera de Ingeniería Agroindustrial, Universidad Nacional de Trujillo, Perú, vninaquispe@unitru.edu.pe

<sup>3</sup> Dirección de Investigación y Desarrollo, Universidad Privada del Norte, Perú, alberto.miano@upn.edu.pe

**Resumen-** En el presente trabajo de investigación se evaluó el efecto de la temperatura y tiempo de remojo del arroz en cáscara, para obtener mayor rendimiento en grano pulido entero en el proceso de parbolizado por tratamiento hidrotérmico. Para lo cual se empleó el diseño compuesto central rotacional (DCCR) realizando un total de 11 ensayos experimentales con temperaturas de hidratación entre 70 °C y 95 °C, y tiempos de hidratación entre 90 min y 120 min. Luego de la hidratación, se realizó la cocción a vapor a una presión de 0.151 MPa y una temperatura de 110 °C por un tiempo de 10 min y el secado a una temperatura de 40 °C ± 1°C. Como resultado se obtuvo que tanto el tiempo y la temperatura afectaron de forma cuadrática al rendimiento de grano entero, ya que se obtuvo un punto mínimo de rendimiento. A partir de este, las variaciones de ambas variables causaron un aumento del rendimiento de grano pulido entero. Se concluyó que a mayores temperaturas y tiempos de hidratación se obtuvo mayores rendimientos de grano pulido entero. El trabajo concluyó que para obtener rendimientos entre 90 % - 100 %, se tendría que utilizar tiempos de hidratación entre 110 y 115 min y temperaturas de hidratación entre 92 y 94 °C.

**Palabras clave--** Arroz parabolizado, rendimiento de grano pulido entero, hidratación, arroz en cáscara

**Abstract-** The present work aimed to determine the effect of temperature and time during soaking of paddy rice, to obtain greater parboiled polished grain yield. For this, the central composite rotational design (CCRD) with 11 experiments was applied, considering hydration temperatures between 70 °C and 95 °C, and hydration times between 90 and 120 min. After hydration, steam cooking was carried out at a pressure of 0.151 MPa and a temperature of 110 °C for a time of 10 min and drying at a temperature of 40 °C ± 1 °C. As a result, it was obtained that both time and temperature affected the parboiled polished grain yield quadratically, since a minimum yield point was obtained. From this, the variations of both variables caused an increase in the whole polished grain yield. It was concluded that for obtaining yields between 90% - 100%, it would be necessary to use hydration time between 110 min and 115 min at temperatures between 92 and 94 °C.

**Keywords--** Parboiled rice, whole polished grain yield, hydration, paddy rice

Digital Object Identifier (DOI):

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2021.1.1.33>

ISBN: 978-958-52071-8-9 ISSN: 2414-6390

### I. INTRODUCCIÓN

El arroz es un elemento básico en la alimentación de la población peruana pues es el cereal de mayor consumo nacional ya que se encuentra en todo tipo de comida [1]. La producción nacional de arroz cáscara ha crecido en un 2.8 % en una tasa de promedio anual entre los años 2000 al 2019. En el 2019 la producción fue de 3.2 millones de toneladas de arroz cáscara lo que equivale 1.9 millones de toneladas de arroz pilado [2].

Entre los meses de enero a mayo del 2020 hay una mayor producción equivalente a 852 mil toneladas más con respecto al mismo periodo del año 2019 [2]. Para el mes de mayo del 2020 a nivel departamental La Libertad aumentó su producción de arroz cáscara en 194 %, seguidamente esta Áncash con 102 %, Loreto con 90 %, Lambayeque con 86.4 %. Sin embargo, en Piura disminuyó la producción de arroz cáscara en un 90 %, seguidamente está Junín con 76.5 %, Ucayali con 63%, Madre de dios con 39.6 % [3].

En el norte del Perú, podemos encontrar los mayores índices de productividad de arroz cáscara, pero muchas veces su calidad es muy mala en los rendimientos de pilado [4]. Asimismo, esto genera mayor producción de residuos como la pajilla, salvado de arroz, y en especial granos quebrados provenientes del pilado de arroz.

Existen diferentes variedades de arroz, entre ellas encontramos las más conocidas como Tinajones, Nir, Esperanza, Ferón, Puntilla, Pitipo, entre otros. El arroz pilado variedad Nir es un producto de gran demanda en el Perú [5] debido a sus características sensoriales que ofrece al ser cocinado. Sin embargo, la calidad de esta variedad en cuanto al rendimiento en pilado de arroz cáscara es muy baja, por lo cual muchos agricultores que siembran esta variedad pierden u obtienen pocas ganancias. El arroz pilado forma parte de la dieta de los peruanos de forma significativa, este tipo de arroz al pasar por el proceso de pilado extrae la mayoría de sus componentes estructurales y algunos nutricionales como el

salvado, la pajilla entre otros [5]. Una de las alternativas para mejorar el rendimiento de grano entero es mediante el proceso de parbolizado. Este proceso consiste en la hidratación del arroz cáscara, cocción a vapor y por último un secado. Asimismo, el arroz parbolizado contiene muchas más propiedades nutritivas comparado con el arroz pilado, lo que hace que sea más beneficioso para el ser humano [6]

El arroz parbolizado es aquel cuyo almidón ha sido totalmente gelatinizado por inmersión del grano con cáscara en agua a una temperatura superior a 58°C. Luego el arroz cáscara es sometido a un tratamiento con vapor de agua a presión para una gelatinización parcial o total del almidón y posterior secado. Este producto se caracteriza generalmente por un color amarillento [7].

El método común de elaboración de arroz parbolizado, es someter a tres etapas: la primera es hidratar el arroz cáscara hasta alcanzar la saturación de agua del grano de arroz cáscara, luego se realiza una cocción a vapor y por último se somete a un proceso de secado[8].

Existen diferentes métodos para la elaboración de arroz parbolizado, como por ejemplo el tratamiento hidrotérmico, este consiste en hidratar el grano de arroz cáscara a diferentes temperaturas y tiempos, luego una cocción a vapor y un secado, [6], hidrató a temperaturas en rangos de 66.3 °C a 83.7 °C con tiempos de hidratación entre 50 y 180 minutos, sometiendo a vapor para lograr la máxima gelatinización del arroz cáscara. Luego, el arroz cáscara pasó a un secado en estufa por convección natural a temperatura de 35 ± 0.5 °C. Entre la etapa de humectación y gelatinización agregaron otra etapa que es el atemperado realizado en una estufa a 45 °C durante un tiempo entre 240 y 344 minutos. Como resultado de la metodología se concluye que mejora el rendimiento en la molienda en 8.5 % en grano pulido entero, provoca cambios en las propiedades del grano como el aumento de la dureza, menor capacidad de absorción de agua y mayores tiempos de cocción.

Oli *et al.* [9] en su artículo de revisión para la elaboración de arroz parbolizado nos menciona diferentes métodos como, por ejemplo, hidratación por encima de la temperatura de gelatinización del arroz cáscara, donde se hidrata a temperaturas entre 80 a 85 °C por un tiempo entre 2 a 3 horas, se drena el agua y se seca. El principal beneficio es que no requiere una gelatinización separada y la desventaja es que hay riesgo de estadillo del grano o una inadecuada gelatinización. Otro método es el proceso de doble ebullición, donde se vaporiza el arroz cáscara, luego se hidrata a temperatura ambiente por un tiempo aproximado de 36 horas, se drena, vaporiza y finalmente se seca. El beneficio del proceso de doble ebullición es de una textura de arroz envejecido y la desventaja es el riesgo de una fermentación microbiana lo que puede provocar malos sabores.

Otro proceso es el de hidratación del arroz cáscara a una temperatura aproximadamente de 70 °C, por un tiempo

aproximado de 3 horas, luego se drena, vapor y secado; el beneficio de este método es la eliminación del mal olor del producto, un tiempo de hidratación reducido y la desventaja es un proceso costoso. También existe el proceso de vaporización a presión, donde se hidrata el arroz cáscara hasta alcanzar 24% de humedad, vapor a alta presión y secado; el beneficio es un corto tiempo de procesamiento y la desventaja es de un producto descolorido. Proceso del arroz integral, donde se remoja el arroz descascarillado en agua fría/caliente, aplicación de vapor y secado.

Se han realizado diversos trabajos de investigación con el fin de estudiar el efecto de algunas variables operativas en el proceso de parbolizado de arroz, por ejemplo, Ojeda [8], en su estudio de la cinética de gelatinización y de las variables operativas en el parbolizado de arroz, concluyó que las condiciones óptimas para cocción a vapor se obtienen a valores de 73.6 kPa y en un tiempo de 10.6 min., previa hidratación a una temperatura de 50 °C evitando una gelatinización parcial del grano de arroz cáscara. Vanier *et al.* [10] en su estudio sobre el contenido de tiamina y las propiedades de calidad tecnológica del arroz vaporizado tratado con bisulfito de sodio, donde evaluó el uso de diferentes concentraciones de bisulfito de sodio (0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0%) durante la etapa del remojo del arroz, donde la concentración más baja de bisulfito fue capaz de lograr significancia ( $p < 0.05$ ) un color más blanco; en cuanto al contenido de tiamina, en los procesos tratados con bisulfito, se obtuvo concentraciones muy bajas inferiores al nivel de detección de 0.01 mg/ 100 g.

El rendimiento en el pilado de arroz de variedad Nir (IR43) es muy malo, es por ello que al someterlo por un proceso hidrotérmico para la obtención de un arroz parbolizado podría mejorar el rendimiento en el pilado de arroz cáscara [11]. El arroz parbolizado contiene muchas propiedades nutritivas que favorecerá a los seres humanos. La elección de esta variedad de arroz, es por la demanda que tiene en el mercado peruano [5] y por sus características sensoriales al ser cocinado. Sabemos que en el Perú existen elevados índices de productividad de arroz cáscara, pero lamentablemente no se le está dando el realce o la debida atención que se merece. Al realizar este estudio de investigación estamos dándole un valor agregado a la agroindustria arrocera. Los métodos para la elaboración de arroz parbolizado resultan muy costoso, es por ello que se está desarrollando una metodología. El aumento del rendimiento en la molienda; disminuirá los subproductos del arroz y como consecuencia de ello habrá mejor calidad del arroz Nir (IR43). El objetivo de estudio es evaluar el efecto de la temperatura y tiempo de remojo del proceso hidrotérmico en el arroz parbolizado para así mejorar el rendimiento del grano pulido entero.

## II. MATERIALES Y MÉTODOS

### A Materia prima

Se utilizó arroz cáscara variedad IR43 con una humedad de 11% b.s, obtenido del molino Virgen de Guadalupe SAC. Previamente se realizó limpieza por venteado, para la extracción de agentes extraños como piedras, granos vacíos, paja, etc.

### B. Esquema experimental

En la Fig. 1 se presenta el esquema experimental con los parámetros independientes de temperaturas y tiempo de remojo de arroz cáscara.

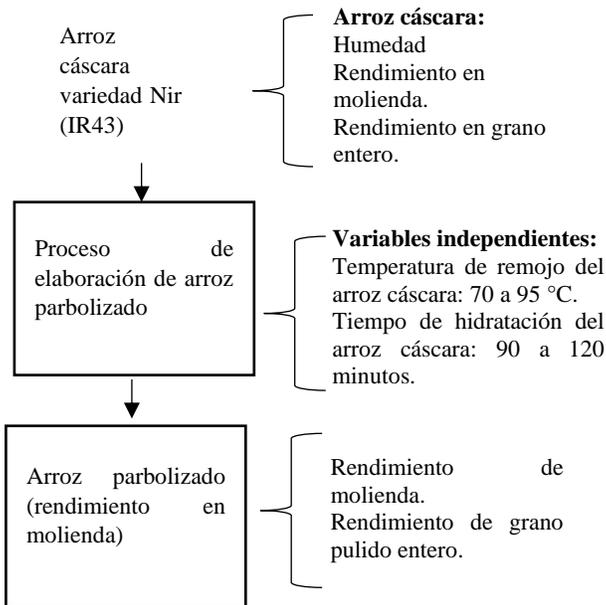


Fig.1 Esquema experimental mostrando los rangos de las variables estudiadas en el proceso de parbolización.

### C. Proceso de parbolizado

El proceso de parbolizado fue realizado según el diagrama de flujo mostrado en la Fig. 2.

#### C.1 Hidratación

Se pesó las muestras de granos de arroz cáscara en una balanza analítica (marca Digital Precisión Aprox 0.001g, EE.UU) con una humedad 11 % b.s, los cuales fueron sumergidos en 5 L de agua sobre un soporte de acero inoxidable, dentro de un baño maría (marca kertlab, modelo CDK- S22, Perú). La temperatura y tiempo de remojo estuvo de acuerdo a los tratamientos en la Tabla 1. Los rangos fueron establecidos previo a ensayos.

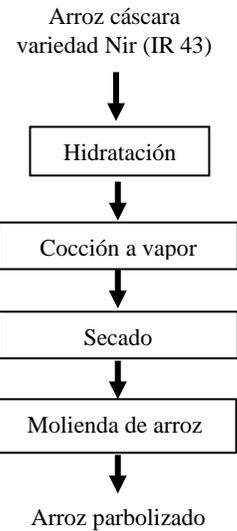


Fig. 2 Flujograma de elaboración de arroz parbolizado

#### C.3 Secado

Los granos de arroz cáscara cocidos, fueron sometidos a un secado por aire convectivo en una estufa (marca ketlab, modelo ODHG – 9030A, Perú), con una velocidad de aire de 2.6 m/s, a una temperatura de 40 °C ± 1°C hasta una humedad de 12 % b.s. Las muestras fueron colocadas sobre soportes con mallas metálicas. Este procedimiento fue constante para todos los tratamientos de la Tabla 1.

#### C.4 Reposo

Los granos de arroz sometidos por el proceso de parbolización, fueron reposados por un tiempo mínimo de 24 horas a temperatura ambiente con el fin de uniformizar la humedad.

#### D. Determinación rendimiento en molienda

Los granos de arroz procesados hidro-térmicamente fueron procesados en un molino de laboratorio (marca Suzuki MT – 95, Brasil).

Este equipo está conformado por una sección de descascarado con discos de distancia variable entre sí, que se ajusta según la variedad del grano de arroz. Un ciclón incorporado al molino permite separar por diferencia de peso la cáscara del grano descascarado. Además, el equipo presenta una cámara de pulido a la que ingresa el grano ya descascarado y donde permanece por un tiempo 45 s. Luego del pulido pasa a separarse los granos enteros y quebrados utilizando un tambor con pequeñas muescas por un tiempo de 60 s. Por último, se calcula el rendimiento: rendimiento de molienda (RM) y rendimiento de grano pulido entero (RGE) utilizando las ecuaciones 1 y 2 respectivamente:

$$RM = \frac{\text{Masa granos pulidos enteros y quebrados}}{\text{Masa de granos total}} \times 100 \quad (1)$$

$$RGE = \frac{\text{Masa granos pulidos enteros}}{\text{Masa de granos descascarados}} \times 100 \quad (2)$$

### E. Análisis estadístico

Para la elaboración de arroz parbolizado se utilizó un Delineamiento Compuesto Central Rotacional (DCCR) de dos (2) variables independientes haciendo un total de 11 ensayos (Tabla 1). Se realizó un análisis de superficie de respuesta con su respectivo análisis de varianza (ANOVA) que permitió evaluar como los factores que afectan en la producción de arroz parbolizado y encontrar los parámetros óptimos de temperatura y tiempo de remojo del arroz cáscara. Para el análisis se usó el programa STATISTICA 7.

TABLA 1  
PLANEAMIENTO DCCR PARA LA RESPUESTA DEPENDIENTE (RENDIMIENTO EN MOLIENDA)

Tratamientos	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
1	73.7	94.4
2	91.3	94.4
3	73.7	115.6
4	91.3	115.6
5	70.0	105.0
6	95.0	105.0
7	82.5	90.0
8	82.5	120.0
9	82.5	105.0
10	82.5	105.0
11	82.5	105.0

### III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla 2 se presentan los resultados del rendimiento de molienda y rendimiento de grano pulido entero, para la muestra control y las procesadas según cada tratamiento, expresados en porcentajes.

Se encontró que el tratamiento 6 (95.0 °C con 105 min) y 8 (82.5 °C con 120 min) con un rendimiento 91.9 % y 94.1 % respectivamente, donde se logró obtener mayores rendimientos comparado con la muestra control en un 12.6 % y 15.7 % respectivamente en cuanto al rendimiento de grano pulido entero. Los rendimientos encontrados en este trabajo son bastante aceptables si consideramos que Bello [6], obtuvo un 8.5 % de mejora para el rendimiento de grano pulido entero en una variedad de arroz gallo RP2. Al aumentar el tiempo de remojo, observó un aumento en la absorción de agua como en el rendimiento en molienda [12].

TABLA 2  
RESULTADOS EXPERIMENTALES DE LOS TRATAMIENTOS REALIZADOS.

Tratamientos	Temperatura (°C)	Tiempo (min)	Rendimiento de molienda (%)	Rendimiento de grano pulido entero (%)
Control	-	-	71.1	81.7
1	73.7	94.4	73.1	52.8
2	91.3	94.4	67.6	91.6
3	73.7	115.6	73.1	88.7
4	91.3	115.6	64.3	88.9
5	70.0	105.0	73.2	44.4
6	95.0	105.0	65.3	91.9
7	82.5	90.0	71.7	48.3
8	82.5	120.0	71.1	94.1
9	82.5	105.0	72.3	32.5
10	82.5	105.0	72.2	32.2
11	82.5	105.0	72.4	32.6

TABLA 3  
ANÁLISIS DE LOS MODELOS DEL DCCR PARA EL RENDIMIENTO DE GRANO PULIDO ENTERO EN EL PROCESO DEL ARROZ PARBOLIZADO.

Modelo	R <sup>2</sup>	Suma de cuadrados del error
Términos lineales de los efectos principales.	0.352	4809
Términos lineales y cuadráticos de los efectos principales	0.888	828
Términos lineales de los efectos principales y las interacciones de segundo orden	0.402	4437
Términos lineales y cuadráticos de los efectos principales y las interacciones de segundo orden	0.938	457

Se encontró que el tratamiento 5 (70 °C con 105 min) y los tratamientos de los puntos centrales a (82.5 °C con 105 min) tuvieron un rendimiento de 44.4 % y 32.4 % en promedio respectivamente, indicando el rendimiento más bajo de grano pulido entero. Este resultado pudo deberse a que el grano (gránulos de almidón) no se llegó a la hidratación requerida para llegar a una completa gelatinización del grano de arroz cáscara. En cuantos a los rendimientos podemos observar que el tratamiento 5 tiene mayor rendimiento que los tratamientos de los puntos centrales, si consideramos que Dutta y Mhanta [13] indicaron que hay mayor hidratación a bajas temperaturas. Bello [6], en estudio de cinética de hidratación para la variedad de arroz Gallo RP2, observó que cuando la hidratación es realizada a temperaturas menores a 65 °C el factor limitante del proceso es la relación agua – almidón y cuando es a temperaturas mayores a 65 °C el factor limitante es la difusión del agua en el interior grano, comprometida a raíz de una menor movilidad como consecuencia del hinchamiento de los granos de almidón, esto se puede observar en el rendimiento de grano

pulido entero con respecto al tratamiento 5 y los tratamientos de los puntos centrales.

TABLA 4  
COEFICIENTES DE REGRESIÓN PARA RENDIMIENTO DE GRANO PULIDO ENTERO EN EL PROCESO DE ARROZ PARBOLIZADO

Factor	Rendimiento (%)	
	Coefficientes	p
Intercepto	2853	0.012072
(1)Temperatura (°C)(L)	-31.2	0.026856
Temperatura (°C)(Q)	0.26	0.003728
(2)Tiempo (min)(L)	-31.6	0.014465
Tiempo (min)(Q)	0.19	0.002737
1L x 2L	-0.103	0.099960
R <sup>2</sup>	0.93842	
R Ajustado	0.87683	

p= Significancia

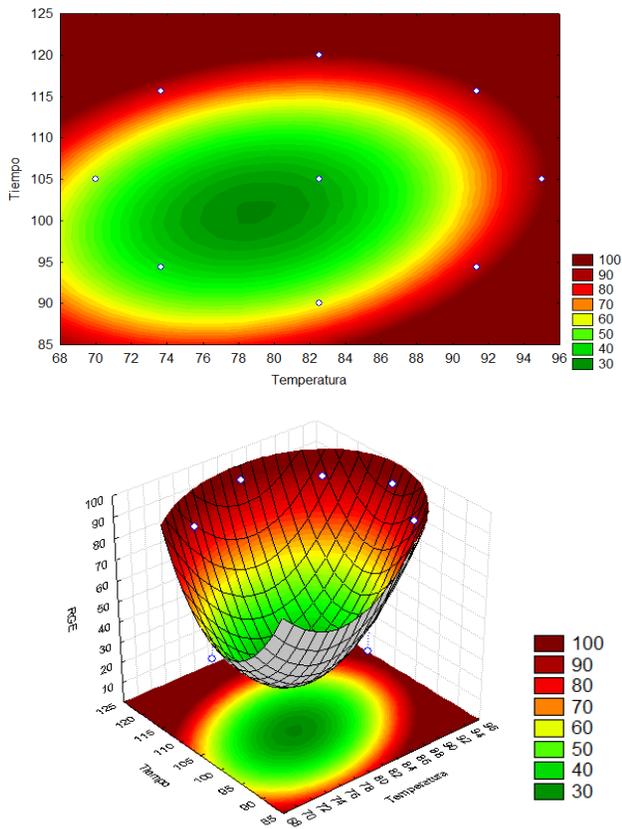


Fig. 3 a. Superficie de contornos y b. superficie de respuesta tridimensional del rendimiento de grano pulido entero.



Fig. 4 Fotografía del arroz parbolizado de los 11 tratamientos elaborados.

Al realizar el análisis estadístico de regresión de los tratamientos se obtuvo los valores de  $R^2$  y suma de cuadrados del error (Tabla 3) que permitieron elegir el modelo más adecuado para predecir el rendimiento de grano pulido entero. Se obtuvo que el mejor modelo que correlacionan los datos experimentales de rendimiento de grano pulido entero fue el modelo de términos lineales y cuadráticos de los efectos principales y las interacciones de segundo orden; ya que se obtuvo mayor  $R^2$  y menor suma de cuadrados de error.

El análisis de regresión (Tabla 4) demuestra que, para las variables de rendimiento de grano pulido entero, los coeficientes fueron significativos ( $p < 0.05$ ) obteniendo  $R^2$  y  $R^2$  ajustado de 0.938 y 0.877 respectivamente. Por lo tanto, se obtuvo el modelo de regresión para predecir el rendimiento de grano pulido entero, el cual se encuentra en la ecuación 3:

$$Y_1 = 2853.968 - 31.156X_1 + 0.263X_1^2 - 31.600X_2 + 0.196X_2^2 - 0.103X_1X_2 \quad (3)$$

Donde  $Y_1$  es el porcentaje de rendimiento de grano pulido entero;  $X_1$  la temperatura de hidratación ( $^{\circ}\text{C}$ );  $X_2$  el tiempo de hidratación (min).

En la tabla 4 podemos observar que tanto la temperatura lineal como la cuadrática y el tiempo lineal como la cuadrática fueron significativos ( $p < 0.05$ ) en el rendimiento de grano pulido entero. Sin embargo, la interacción entre la temperatura y tiempo no son significativos ( $p > 0.05$ ), por lo que podemos decir que la temperatura y tiempo afectan de manera independiente.

En la Fig. 3. Se muestra la superficie de contorno para la variable de rendimiento de grano pulido entero, donde se observa que esta se incrementa al incrementar la temperatura y el tiempo de hidratación.

La superficie de contornos muestra que a temperaturas entre  $80 - 84^{\circ}\text{C}$  y a largos tiempos de hidratación podemos obtener altos rendimientos. Esto lo podemos explicar por lo mencionado por Parnsakhon y Noomhorm [14] donde hidrataron a temperaturas de  $70$  y  $80^{\circ}\text{C}$ , por tiempos de 1 a 4

horas y realizaron una cocción a vapor por un tiempo de 10 a 20 min, obteniendo como resultado que a una temperatura de  $80^{\circ}\text{C}$  y aumentando el tiempo de hidratación y cocción a vapor se obtiene rendimientos mayores a 71 de arroz parbolizado.

En la Fig. 4 se muestra fotografías de cada tratamiento, donde se evidencia que el color obtenido difiere entre tratamientos. Los tratamientos 2, 4, 6 y 8 tratados a temperaturas de 91.3, 91.3, 95 y 82.5 respectivamente, presentaron un color ámbar más intenso. Por lo que, se puede inducir que al usar temperaturas de hidratación elevadas se presenta un aumento de color ámbar debido a la impregnación de compuestos del salvado de arroz y el pigmento de la cáscara de arroz [15]. Esto nos da un indicio de que el proceso de parbolizado se dio mejor empleando temperaturas altas de hidratación.

Finalmente, tomando lo discutido en consideración, podemos decir que en proceso más efectivo para obtener un alto rendimiento de parbolizado en el arroz variedad IR43 es hidratar los granos a temperaturas altas ( $92 - 94^{\circ}\text{C}$ ) y tiempo entre 110 y 115 min. Esto asegurará un alto rendimiento de grano pulido y una alta migración de los compuestos nutricionales del salvado.

#### IV. CONCLUSIONES

Se determinó la temperatura y tiempo de remojo del arroz cáscara para la obtención de arroz parbolizado, en donde al aumentar la temperatura y el tiempo en la hidratación del arroz cáscara aumenta el rendimiento de grano pulido entero.

Se obtuvo arroz parbolizado con rendimientos de 94% de grano pulido entero, mayor a la muestra control. De acuerdo para este estudio para obtener rendimientos entre 90 – 100% de rendimiento de grano pulido entero se debería utilizar temperaturas entre  $92 - 94^{\circ}\text{C}$  y tiempos entre 110 – 115 min. Por lo tanto, utilizando estos parámetros de temperatura y tiempo de hidratación hallados en el proceso de parbolización se incrementará el rendimiento de grano entero pulido del arroz variedad Nir (IR43).

#### REFERENCIAS

- [1] C. Armando Romero, "COMMODITIES: ARROZ." pp. 1–11, 2019, [Online]. Available: [https://repositorio.minagri.gob.pe/bitstream/MINAGRI/94/1/commodities\\_arroz\\_marzo2019.pdf](https://repositorio.minagri.gob.pe/bitstream/MINAGRI/94/1/commodities_arroz_marzo2019.pdf).
- [2] Ministerio de Agricultura y Riego, "Perú: producción, importaciones y precios del arroz," pp. 1–8, 2020.
- [3] INEI, "Perú: Panorama Económico Departamental," pp. 30–31, 2020, [Online]. Available: <http://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-arroz-cascara-crecio-470-en-mayo-del-presente-ano-12322/>.
- [4] Dirección general de Políticas agrarias (DGPA - MINAGRI), "INFORME DEL ARROZ." 2017.
- [5] C. Najar and J. Alvarez, "Mejoras en el proceso productivo y modernización mediante sustitución y tecnologías limpias en un molino de arroz," *Ind. Data*, vol. 10, no. 1, pp. 22–32, 2007, [Online]. Available: [http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/vol10\\_n1/a05.pdf](http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtualdata/publicaciones/indata/vol10_n1/a05.pdf).
- [6] M. O. Bello, "Procesamiento hidrotérmico de arroz cáscara. Efecto de las condiciones de hidratación y cocción en el rendimiento, textura y propiedades térmicas del grano elaborado," "Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.," 2009.
- [7] INDECOPI, "NTP 205.011:2014 ARROZ. Arroz elaborado. Requisitos," 2014.
- [8] C. Ojeda, "Estudio de la cinética de gelatinización y de las variables operativas en el parbolizado de arroz," *Fac.*

*Ciencias Exactas y Nat. Univ. Buenos Aires.*, 1998.

- [9] P. Oli, R. Ward, B. Adhikari, and P. Torley, "Parboiled rice: Understanding from a materials science approach," *J. Food Eng.*, vol. 124, pp. 173–183, 2014, doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.09.010.
- [10] N. L. Vanier, R. T. Paraginski, J. D. J. Berrios, L. da C. Oliveira, and M. C. Elias, "Thiamine content and technological quality properties of parboiled rice treated with sodium bisulfite: Benefits and food safety risk," *J. Food Compos. Anal.*, vol. 41, pp. 98–103, 2015, doi: 10.1016/j.jfca.2015.02.008.
- [11] S. A. Mir, S. J. D. Bosco, and K. V. Sunooj, "Evaluation of physical properties of rice cultivars grown in the temperate region of India," *Int. Food Res. J.*, vol. 20, no. 4, pp. 1521–1527, 2013.
- [12] M. A. K. Miah, A. Haque, M. P. Douglass, and B. Clarke, "Parboiling of rice. Part I: Effect of hot soaking time on quality of milled rice," *Int. J. Food Sci. Technol.*, vol. 37, no. 5, pp. 539–545, 2002, doi: 10.1046/j.1365-2621.2002.00611.x.
- [13] H. Dutta and C. L. Mahanta, "Effect of hydrothermal treatment varying in time and pressure on the properties of parboiled rices with different amylose content," *Food Res. Int.*, vol. 49, no. 2, pp. 655–663, 2012, doi: 10.1016/j.foodres.2012.09.014.
- [14] S. Parnsakhorn and A. Noomhorm, "Changes in Physicochemical Properties of Parboiled Brown Rice during Heat Treatment," *Agric. Eng. Int. CIGR J.*, vol. X, pp. 1–20, 2008.
- [15] K. . Bhattacharya and P. V. subba Rao, "Effect of Processing conditions on Quality of Parboiled rice," *Agri. Food Chem.*, vol. 14, no. 5, pp. 476–479, 1966.