



## Caracterización físico-química y sensorial de dos variedades de arroz (*Oryza sativa*) durante el proceso de añejado en silo<sup>1</sup>

### Physico-chemical and sensory characterization of two rice (*Oryza sativa*) varieties during aging process

Adriana Araya-Morice<sup>2</sup>, Ana Laura Mora-Norori<sup>2</sup>, Elba Cubero-Castillo<sup>2</sup>, Alvaro Azofeifa<sup>3</sup>, Yorlenny Araya-Quesada<sup>2</sup>

- <sup>1</sup> Recepción: 26 de junio, 2022. Aceptación: 4 de octubre, 2022. Este trabajo formó parte del proyecto de tesis de Ana Laura Mora Norori, perteneciente al proyecto de investigación 735-B7-055 Estudio de parámetros físico-químicos y sensoriales que influyen sobre la calidad del grano cocido de diferentes variedades de arroz (*Oryza sativa*), financiado por la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica.
- <sup>2</sup> Universidad de Costa Rica, Escuela de Tecnología de Alimentos, Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 11-501-2060 San José, Costa Rica. adriana.araya\_m@ucr.ac.cr (autora para correspondencia; <https://orcid.org/0000-0002-7813-0521>); ana.moranorori@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0002-7633-8548>), elba.cubero@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0002-4769-8536>); yorlenny.araya@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0002-0263-3501>).
- <sup>3</sup> Universidad de Costa Rica, Centro de Investigación en Granos y Semillas (CIGRAS), Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, 11-501-2060 San José, Costa Rica. alvaro.azofeifa@ucr.ac.cr (<https://orcid.org/0000-0003-2716-3005>).

## Resumen

**Introducción.** El arroz en granza una vez cosechado, se almacena en silos con aireación para control de temperatura, esto se conoce como añejado del arroz. Durante este proceso, ocurren cambios que influyen en las características físico-químicas y fisiológicas del grano, los cuales afectan su calidad culinaria. **Objetivo.** Determinar el efecto del tiempo de añejado sobre las características físico-químicas y sensoriales de dos variedades de arroz. **Materiales y métodos.** El estudio se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ciencias Agroalimentarias de la Universidad de Costa Rica desde setiembre 2018 a marzo 2019. Se estudiaron dos variedades de arroz, que fueron cultivadas en el cantón de Osa, Puntarenas. La primera cv. Lazarroz FL, del tipo índica, y la segunda cv. UCR-168-10, tipo aromática, almacenadas durante 4,5 meses. Durante este periodo, se determinó el contenido de almidón total, almidón resistente, amilosa, humedad, proteína y, con un panel sensorial entrenado, se evaluaron los atributos sensoriales. **Resultados.** Para las dos variedades estudiadas, la humedad, el almidón total y el resistente, no presentaron diferencias significativas durante los 4,5 meses de almacenamiento. En la amilosa se observaron variaciones sin tendencia clara. La proteína mostró una reducción durante el añejado hasta el mes 2,5. Según las pruebas sensoriales, atributos como sabor integral y pegajosidad, no presentan diferencias significativas a lo largo del estudio, mientras que los parámetros restantes sí, ya sea en el tiempo o entre variedades. La soltura aparente incrementó a lo largo del tiempo para las dos variedades, pero se dejó de percibir diferencias importantes a partir de los 2,5 meses de almacenamiento. Para las dos variedades el color se tornó más blanco. **Conclusión.** El almacenamiento de arroz por 2,5 meses permitió obtener los cambios en el contenido de proteína y en los atributos sensoriales deseados para las variedades de arroz evaluadas.

**Palabras clave:** evaluación sensorial, atributos sensoriales, proteína, almidón.



## Abstract

**Introduction.** Once harvested, paddy rice is stored in aerated silos for temperature control, which is known as rice aging. During aging, physicochemical, and physiological changes occur in the rice grain, these changes affect its culinary quality. **Objective.** To determine the effect of aging time on the physicochemical and sensory characteristics of two rice varieties. **Materials and methods.** This study was carried out in Agrifood Science Faculty Laboratories of the Universidad de Costa Rica, between September 2018 and March 2019. The two rice varieties studied were grown in Osa, Puntarenas. The first cv. Lazarroz FL, indica type, and the second cv. UCR-168-10, aromatic type were stored for 4.5 months. During storage, total starch, resistant starch, amylose, moisture, protein, was determined, and sensory attributes were evaluated with a trained sensory panel. **Results.** The two rice varieties studied don't show significant differences during 4.5 months of storage in moisture, total starch, and resistant starch. Amylose content showed variation without a clear trend. Protein content was reduced during aging until 2,5 months of storage. According to the sensory test, attributes such as integral flavor and stickiness did not show significant differences throughout the study, while the remaining parameters did, either over time or between varieties. Cooked rice appearance showed an improvement up to 2,5 months aging for the two varieties. Whiteness of rice increased for both varieties during aging. **Conclusion.** Storing rice for 2,5 months achieved the desired changes in protein and sensory attributes for the rice varieties evaluated.

**Keywords:** sensory evaluation, sensory attributes, protein, starch.

## Introducción

El arroz es un alimento de la canasta básica para dos tercios de la población mundial y uno de los cereales más consumidos por el ser humano (Sen et al., 2020). En Costa Rica, el consumo de arroz representa casi el 24 % de la ingesta total de calorías (Corporación Arrocera Nacional [CONARROZ], 2018). La industria arrocera nacional ha venido presentando desafíos en los últimos años. La Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ), detalló en su informe estadístico para el periodo 2018/2019, que la producción de arroz en granza fue de 155 051 toneladas métricas, un 1,8 % menos que la producida en el periodo 2017/2018. Esta disminución es producto de la reducción del área de siembra en 373 ha, debido a diferentes factores como ondas tropicales, frentes fríos, sequías y otros desastres climáticos. Caso contrario ocurre con la importación de arroz. En el periodo 2017/2018 ingresaron al país 191 650 toneladas de arroz y en el 2018/2019 la cifra aumentó a 201 670 toneladas.

Todos estos factores, que afectan al sector productor e industrial nacional de arroz, exigen la optimización de los procesos de producción del grano, de forma tal que consigan mejorar los rendimientos y las calidades de arroz, y así, competir con el mercado de importación.

El añejado es una etapa del procesamiento de arroz que involucra el almacenamiento en silos del arroz en granza, por periodos prolongados (mínimo tres meses, hasta años) (Soponronnarit et al., 2008). Debido a los elevados tiempos de acopio, los industriales enfrentan varios problemas que van desde altos costos de operación y espacio, hasta pestes que afectan a toda la producción, por lo que la búsqueda de opciones para eficientizar el añejado del arroz son esenciales para aumentar la competitividad nacional del grano (Indiarto & Nurannisa, 2021).

A pesar de que a nivel mundial se ha avanzado en la reducción del tiempo de añejado de arroz mediante tecnologías artificiales de añejamiento, como tratamientos térmicos, microondas, entre otros (Saikrishna et al., 2018), en Costa Rica se continúa utilizando el método conocido como "natural", el cual usa silos de gran tamaño con flujos de aire controlados para acondicionar el almacenamiento. Sin embargo, los rangos de temperaturas (30-50 °C) y humedades relativas (50-90 %), varían dependiendo de la zona de producción y condiciones del silo (Leon Saenz & Arroyo Blanco, 2011).

Aunque el mecanismo del envejecimiento o añejado del arroz no se comprende completamente, se sabe que existen factores bióticos y abióticos que están relacionados al cambio de las características del arroz. Se ha encontrado que el arroz almacenado es preferido al arroz crudo por una mejora percibida de su calidad culinaria. Las propiedades sensoriales, un mayor volumen y mayor absorción de agua durante la cocción que generan un arroz cocido duro y menos pegajoso, están influenciados principalmente por la duración de este almacenamiento (Saikrishna et al., 2018).

Conocer los cambios que el grano de arroz sufre durante el almacenamiento es importante para entender cómo evaluar, controlar y modificar la calidad del arroz cocido (Zhou et al., 2007). Al conocer los cambios específicos que ocurren en esta etapa, tanto a nivel físico-químico como sensorial, se puede caracterizar el efecto que tiene el añejado sobre la calidad final del arroz y, a futuro, poder identificar el tiempo óptimo de almacenamiento con el que se alcancen las características deseadas según las demandas del mercado y de la genética propia de cada una de las variedades de arroz cultivadas.

Se ha visto que los factores de aceptación o rechazo del arroz cocido, están relacionados sobre todo con la calidad sensorial del arroz (soltura, apariencia, color, pegajosidad, entre otros), a la cual el consumidor está acostumbrado por tradición culinaria (Kumar Verma & Prakash Srivastav, 2017). A pesar de esto, los procesadores de arroz se han visto limitados a la hora de plantear una metodología objetiva para la medición de estos parámetros sensoriales, por lo que es uno de los mayores retos para la industria arrocera actual.

Durante la cocción se da una gelatinización del almidón asociada directamente a la calidad final de la textura del producto. La reducción de sólidos extraíbles del grano de arroz por el añejamiento, permiten un aumento de la insolubilidad del almidón y las proteínas en agua, lo que da como resultado una cocción más lenta (Bhattacharya, 2013). La textura que alcance el grano de arroz durante esta cocción describe el nivel de aceptación por parte de los consumidores (Keawpeng & Venkatachalam, 2015), razón por la cual se debe estandarizar la forma de cocción para realizar la evaluación de los atributos del arroz por parte de un panel entrenado, con el fin de identificar los cambios que ocurren durante el almacenamiento.

En cuanto a las pruebas químicas, conocer los cambios que ocurren en la composición del arroz a nivel de almidón (los contenidos de almidón total, almidón resistente y de amilosa presente en el almidón), así como de proteína y humedad, permitirían identificar las posibles causas que provocan los cambios sensoriales en el arroz ocurridos durante la operación de añejado y que se aprecian después de la cocción (Saikrishna et al., 2018). Sin embargo, aún identificando los cambios químicos y sensoriales que ocurren durante el añejado del arroz, es importante considerar las diferencias que existen a nivel de composición entre las sub especies de arroz y entre sus variedades.

En Costa Rica, tradicionalmente se consume arroz de grano largo, característico de las regiones occidentales, con una proporción de al menos 80 % de grano entero, del tipo índica, sea de variedades individuales o mezclas de ellas. Sin embargo, resulta de interés para la industria, la apertura a variedades más novedosas como las aromáticas.

Por las razones antes planteadas, este estudio pretendió determinar el efecto del tiempo de añejado sobre las características físico-químicas y sensoriales de dos variedades de arroz.

## **Materiales y métodos**

### **Materias primas**

Para el estudio se utilizaron las variedades Lazarroz FL (del sub tipo índica) y desarrollada por la empresa Semillas del Nuevo Milenio S.A. (SENUMISA, Costa Rica) y UCR-168- 10, del subgrupo javánico, desarrollada por el Laboratorio de Mejoramiento de los Cultivos del Centro de Investigación en Granos y Semillas (CIGRAS), de la Universidad de Costa Rica (UCR), Montes de Oca, Costa Rica. Las variedades fueron cultivadas y cosechadas

previamente en la localidad de Ciudad Cortés, cantón de Osa, provincia de Puntarenas, en setiembre 2018. Los análisis químicos se llevaron a cabo en el Laboratorio de Química del Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos (CITA) de la Universidad de Costa Rica, entre setiembre 2018 a marzo 2019. Los análisis sensoriales se realizaron en el Laboratorio de Análisis Sensorial de la Escuela de Tecnología de Alimentos también de la UCR, en las mismas fechas.

### **Tratamiento de la muestra**

Se colocaron las dos variedades en un silo de base cuadrada de 0,60 m de lado y 0,90 m de altura, con una pared divisora interna para separarlas entre sí. El silo contó con un sistema de inyección de aire activo doce horas al día, rango definido por la humedad relativa (70-80 %) y la temperatura del ambiente (25-35 °C), medido con un registrador (HOBO®, modelo H12, EEUU).

Se recolectaron muestras de aproximadamente 450 g de cada variedad de arroz en diferentes puntos del silo (de forma superficial), con el fin de asegurar la homogeneidad de la muestra, de cada una de las variedades de arroz del silo las muestras se tomaron en los periodos de almacenamiento (en meses): 0 (sin almacenar), 1, 2, 2,5, 3,5 y 4,5.

El beneficiado, descascarado, pulido, determinación de los porcentajes de grano quebrado, puntilla y grano entero, se realizaron según el procedimiento y criterios técnicos indicados en la metodología “Determinación de Factores de Calidad en Arroz en Granza (IT-LG-01)” del Reglamento Técnico RTCR 406:2007 (Presidencia de la República et al., 2007). Arroz en Granza, aplicados por el Laboratorio de Granos del CIGRAS. La determinación de las diferentes variables se realizó sobre muestras finales de arroz pulido con la presentación 80:20 (grano entero: grano quebrado). Además, para la prueba de amilosa se utilizó una fracción del arroz molido fino. Estas muestras se almacenaron a -60 °C a lo largo del periodo de investigación hasta su análisis, para asegurar la estabilidad de sus componentes.

### **Análisis químicos**

Para caracterizar químicamente los cambios que ocurren en la composición del arroz durante el almacenamiento, se aplicó un diseño factorial con dos factores, variedad de arroz con dos niveles (Lazarroz FL y UCR-168-10) y tiempo de almacenamiento con seis niveles (0; 1; 2; 2,5; 3,5 y 4,5 meses). Las variables respuesta fueron: contenido de humedad, proteína, almidón total y amilosa en arroz pulido crudo, y almidón resistente para el arroz cocido. Para cada uno de los tiempos de almacenamiento, se tomaron tres muestras de cada variedad, en diferentes posiciones de la superficie del silo.

#### *Contenido de humedad*

Se determinó el contenido de humedad de las muestras de arroz pulido para cada variedad con balanza, en los diferentes tiempos de almacenamiento. Estas determinaciones se hicieron por duplicado.

#### *Contenido de proteína*

La cuantificación del contenido de proteína de las muestras de arroz pulido, se realizó según lo planteado en el método de Kjeldahl AOAC 990.03 (AOAC International, 2006), se empleó un factor de 6,25. Esta determinación se llevó a cabo por triplicado para cada variedad de arroz y en los diferentes tiempos de almacenamiento. Se utilizó un patrón de referencia.

### *Contenido de almidón total*

El contenido de almidón total se determinó por el método AOAC 996.11 (AOAC International, 2006) de Megazyme, donde se aplicó una hidrólisis enzimática con  $\alpha$ -amiloglucosidasa /  $\alpha$ -amylase, para luego determinar la concentración de glucosa por medio de una reacción con la enzima glucosa oxidasa, se realizó una medición para cada una de las tres réplicas de cada variedad en los diferentes tiempos de almacenamiento.

### *Contenido de almidón resistente*

Para el análisis de contenido de almidón resistente, se utilizó el método AOAC 2002.02 (AOAC International, 2006), con un kit de Megazyme, para ello se aplicó a la muestra de arroz un tratamiento con las enzimas amiloglucosidasa y  $\alpha$ -amilasa pancreática, con el fin de solubilizar e hidrolizar el almidón no resistente. Se finalizó la reacción con la adición de etanol, se centrifugó, se trabajó con el precipitado agregando hidróxido de potasio y se neutralizó con un buffer de acetato de sodio. Se agregó amiloglucosidasa concentrada para hidrolizar el almidón resistente y convertirlo en D- glucosa, a la cual se le adicionó glucosa oxidasa/peroxidasa (GOPOD) y se le midió la absorbancia. Se utilizó un patrón de referencia y se realizó una medición para cada una de las tres réplicas de cada variedad en los diferentes tiempos de almacenamiento.

### *Contenido de amilosa*

El contenido de amilosa del arroz a diferentes tiempos de almacenamiento se obtuvo a través de la metodología propuesta por el método AACC 61-03 (American Association for Clinical Chemistry [AACC], 2010). Se midió la transmisión de la luz a través de la solución de un complejo coloreado con una solución de yodo-yoduro. Se utilizó una curva patrón de 0,0004 % a 0,002 % de amilosa gelatinizada para conseguir el valor cuantitativo de amilosa en el arroz. Las muestras de arroz se trabajaron por duplicado para cada una de las tres réplicas de cada variedad en los diferentes tiempos de almacenamiento.

## **Análisis descriptivo sensorial de las muestras de arroz**

Para definir los cambios que ocurren en el arroz a lo largo del tiempo de almacenamiento a nivel sensorial, se entrenó un panel sensorial de doce panelistas, con el cual se definieron los atributos que caracterizan al arroz pulido y cocido. Se utilizó un diseño irrestricto aleatorio de doce tratamientos, obtenidos al combinar las dos variedades y los tiempos de almacenamiento. La variable de respuesta fue la intensidad de cada uno de los atributos que se generaron en las sesiones de entrenamiento.

### *Preparación de las muestras de arroz para el entrenamiento del panel y para la evaluación de las muestras durante el almacenamiento*

Para el análisis sensorial de las muestras de ambas variedades de arroz en estudio, se utilizó el método de cocción establecido por la Corporación Arrocera Nacional (CONARROZ, 2017) y las muestras se presentaron a temperatura ambiente a los panelistas, para evitar efectos por variaciones en la temperatura. Para garantizar la inocuidad se siguieron estrictas normas de higiene.

### *Reclutamiento de panelistas*

Se seleccionaron los panelistas que consumieran arroz, con disponibilidad de tiempo y con permanencia en el CIGRAS. Los jueces firmaron un consentimiento informado de acuerdo con el Comité Ético Científico de la Universidad de Costa Rica, quien aprobó y revisó la metodología sensorial (n° VI-4141-2014).

### *Entrenamiento del panel*

Se aplicó una prueba de *Bench testing* con trece variedades de arroz para identificar las posibles características perceptibles, de las cuales se escogieron cinco variedades en las que se percibían todas las distintas características que permitían a los panelistas generar los atributos a evaluar.

Con los panelistas, se generaron y alinearon los términos para caracterizar las variedades de arroz, para lo cual se utilizaron referencias para definir los límites máximos y mínimos para cada atributo (Cuadro 1).

Se realizó una prueba de reproducibilidad para verificar que los panelistas entendieran de la misma forma todos los atributos. A cada panelista se le sirvieron dos pares de muestras, un par estaba formado por un arroz al que se le realizó una modificación para resaltar un atributo, el otro par fue ese mismo arroz sin modificación. Se realizaron cinco sesiones con las cuales se verificó que los jueces fueron homogéneos en la evaluación de los atributos de las muestras.

Los panelistas, en consenso, escogieron los atributos para describir las principales características sensoriales presentes en las muestras de arroz: aroma a granza, aroma almidonoso, color, brillo, soltura aparente, sabor salado, sabor almidonoso, sabor integral, dureza y pegajosidad.

### *Evaluación del arroz*

Una vez que los panelistas culminaron su proceso de entrenamiento se procedió con la evaluación de las dos variedades de arroz con diferentes tiempos de almacenamiento (0, 1, 2, 2,5, 3,5 y 4,5 meses). Las evaluaciones se llevaron a cabo en cubículos individuales provistos con luz blanca. Las muestras de arroz cocinadas y a temperatura ambiente, se presentaron codificadas con números de tres dígitos y aleatorizadas. Las muestras se cocinaron de acuerdo con Guadamuz-Mayorga et al. (2022). Se solicitó a los panelistas evaluar cada atributo utilizando una escala lineal de 0 (ninguna intensidad) a 10 (extrema intensidad). Se sirvieron cuatro muestras de arroz por sesión, con un enjuague de agua entre muestras. La toma de datos se hizo en forma electrónica con el software Fizz (Biosysteme, Francia).

### **Análisis de datos**

Para los datos obtenidos en las pruebas químicas de cada una de las muestras de arroz en los diferentes tiempos de almacenamiento, se aplicó un análisis de varianza (ANDEVA) para identificar cuál de los factores causa diferencias significativas, con un 95 % de confianza. En caso de significancia de alguno de los factores, se aplicó una prueba de Tukey, de lo contrario se reportó la potencia de prueba.

Con los datos obtenidos en las pruebas sensoriales aplicadas, se hizo un análisis de varianza (ANDEVA) mixto con el juez como un efecto aleatorio. A los valores que presentaron diferencias significativas se les aplicó una prueba de Fischer-LSD para ver cuáles muestras eran diferentes entre sí.

**Cuadro 1.** Atributos generados para la descripción del arroz cocido. Laboratorio de Análisis Sensorial, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Octubre, 2018.

**Table 1.** Attributes generated for the description of cooked rice. Sensorial Analysis Laboratory, Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica. October, 2018.

Atributo	Definición/ Referencia
<b>Aroma a granza</b>	Nivel de aroma aromático asociado al aroma a granza. Límite mínimo: arroz variedad Puitá cocido. Límite máximo: arroz variedad Puitá cocido con un saco de granza.
<b>Aroma almidonoso</b>	Nivel de aroma almidonoso. Límite mínimo: arroz variedad Puitá cocido. Límite máximo: arroz variedad Puitá cocido 10 % de almidón.
<b>Color</b>	Color entre blanco y amarillo. Límite mínimo: hoja de papel blanco. Límite máximo: hoja de papel amarillento.
<b>Brillo</b>	Nivel de brillo en el grano cocido. Límite mínimo: arroz variedad Puitá cocido sin aceite. Límite máximo: arroz variedad Puitá cocido 10 % aceite.
<b>Soltura aparente</b>	Grado de separación de los granos determinado a través de un análisis visual. Límite mínimo: arroz variedad dulce cocido. Límite máximo: arroz variedad Puitá cocido 70 % agua.
<b>Sabor salado</b>	Nivel de sabor salado. Límite mínimo: arroz variedad Puitá cocido sin sal. Límite máximo: arroz variedad Puitá cocido 3 % de sal
<b>Sabor amargo</b>	Nivel de amargor. Límite mínimo: arroz variedad Puitá cocido. Límite máximo: arroz variedad Dulce cocido.
<b>Sabor almidonoso</b>	Nivel de sabor a almidón. Límite mínimo: arroz variedad Puitá cocido. Límite máximo: arroz variedad Puitá cocinado con 10 % de almidón
<b>Dureza</b>	Fuerza aplicada en la mordida para cada una de las muestras de arroz. Límite mínimo: arroz variedad Puitá cocido 70 % agua. Límite máximo: arroz variedad Puitá cocido 200 % agua
<b>Pegajosidad</b>	Textura gomosa en boca. Grados de cocción, poco cocinado o poca agua y mucho agua y muy cocinado. Límite mínimo: arroz variedad Puitá cocido 70 % agua. Límite máximo: arroz variedad Puitá cocido 200 % agua.

## Resultados

### Análisis químico del arroz

Los resultados químicos obtenidos para la identificación de los cambios ocurridos durante el proceso de almacenamiento de dos variedades de arroz a diferentes tiempos (Cuadro 2), evidenciaron que no hubo efecto significativo de la variedad (UCR-168-10 y Lazarroz FL), ni del tiempo de almacenamiento en silo, para las variables: contenido de almidón total, almidón resistente y humedad. Puesto que no hubo diferencias debidas a los factores simples, se reportó el promedio de los datos para estas variables de respuesta junto con la potencia de

**Cuadro 2.** Promedio del contenido de almidón total, almidón resistente y humedad de dos variedades de arroz (UCR-168-10 y Lazarroz FL) durante el almacenamiento (0, 1, 2, 2,5, 3,5 y 4,5 meses), con el nivel de significancia (P) a un  $\alpha=0,05$ . Octubre 2018 - marzo 2019. Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

**Table 2.** Average content of total starch, resistant starch, and humidity of two rice varieties (UCR-168-10 and Lazarroz FL) during storage (0, 1, 2, 2.5, 3.5, and 4.5 months), with a level of significance (P) at  $\alpha=0,05$ . October 2018- March 2019. Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica.

Parámetro	Promedio (%)	P <sub>Variedad</sub>	P <sub>Tiempo</sub>	Potencia de prueba (%)
Almidón total	64,84±6,35	n.s.	n.s.	83,50
Almidón resistente	0,49±0,78	n.s.	n.s.	5,40
Humedad	9,81±0,71	n.s.	n.s.	98,20

n.s.: no significativo/ non-significant.

prueba, la cual mostró valores altos para los resultados de almidón total y humedad, mientras que para almidón resistente el valor fue menor al 10 %.

El contenido de amilosa ( $P_{\text{Tiempo}}=0,004$ ) y proteína ( $P_{\text{Tiempo}}=0,004$ ), presentaron diferencias significativas a lo largo del tiempo de almacenamiento (Cuadro 3), mientras que no hubo diferencias entre variedades ( $P_{\text{Variedad}}=0,08$  para ambas variables). Por esta razón, el Cuadro 2 reporta el promedio de las dos variedades para cada tiempo de añejado.

**Cuadro 3.** Contenido de amilosa y proteína promedio de dos variedades de arroz (UCR-168-10 y Lazarroz FL) durante el almacenamiento (0, 1, 2, 2,5, 3,5 y 4,5 meses), con un  $\alpha=0,05$ . Octubre 2018-Marzo 2019. Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

**Table 3.** Average protein and amylose content of two rice varieties (UCR-168-10 and Lazarroz FL) during storage (0, 1, 2, 2.5, 3.5, and 4.5 months), with a level of significance (P) at  $\alpha=0,05$ . October 2018-March 2019. Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica.

Tiempo (meses)	Contenido de amilosa (%)	Contenido de proteína (%)
0	32,72 ± 0,72 <sup>ab</sup>	8,82±0,03 <sup>a</sup>
1	31,25 ± 0,03 <sup>bc</sup>	8,83±0,29 <sup>a</sup>
2	34,52 ± 0,19 <sup>a</sup>	9,04±0,48 <sup>a</sup>
2,5	33,02 ± 1,27 <sup>ab</sup>	8,62±0,01 <sup>ab</sup>
3,5	28,6+9 ± 1,67 <sup>c</sup>	7,53±0,13 <sup>bc</sup>
4,5	33,11 ±0,09 <sup>ab</sup>	7,03±0,68 <sup>c</sup>

Las diferentes letras expresan diferencias significativas entre los tiempos de almacenamiento. / The different letters show significant differences between storage time.

La proteína reflejó una tendencia a reducirse a lo largo del tiempo (Cuadro 3). En el contenido de amilosa no se observó una tendencia clara durante el añejado.

### Análisis descriptivo sensorial

Los atributos sensoriales mostraron comportamientos variados para las muestras evaluadas y los tiempos de almacenamiento (Cuadro 4). En el caso del aroma a granza y aroma almidonoso, la variedad Lazarroz FL no presentó diferencias significativas a lo largo del tiempo de almacenamiento, mientras que el UCR-168-10, del tipo aromático, reflejó una reducción de esta característica, aunque con valores intermedio y al final sin diferencias respecto a los iniciales. Además, la variedad aromática presentó evaluaciones mayores para este atributo, en comparación con los resultados para la variedad indica Lazarroz FL.

**Cuadro 4.** Resultados promedio para atributos sensoriales de dos variedades de arroz (U: UCR-168-10 y L: Lazarroz FL), a diferentes tiempos de almacenamiento (t0, t1, t2, t2.5, t3.5 y t4.5 meses), con un 95 % de confianza. Octubre 2018-Marzo 2019. Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

**Table 4.** Average results for sensory attributes of two rice varieties (U: UCR-168-10 and L: Lazarroz FL), at different times of storage (t0, t1, t2, t2.5, t3.5, and t4.5 months), with a 95 % of significance. October 2018-March 2019. Centro Nacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Universidad de Costa Rica, San Jose, Costa Rica.

Muestra	Aroma a granza	Aroma almidonoso	Sabor almidonoso	Brillo	Color	Soltura aparente	Sabor salado	Sabor amargo	Dureza	Pegajosidad
Ut0	7,51 <sup>a</sup>	3,34 <sup>bc</sup>	5,30 <sup>ab</sup>	3,09 <sup>ef</sup>	7,38 <sup>a</sup>	3,57 <sup>f</sup>	4,68 <sup>bc</sup>	2,67 <sup>a</sup>	5,28 <sup>bc</sup>	3,52
Ut1	7,21 <sup>ab</sup>	2,59 <sup>c</sup>	4,17 <sup>bcd</sup>	4,19 <sup>bc</sup>	7,01 <sup>ab</sup>	3,83 <sup>ef</sup>	5,05 <sup>bc</sup>	1,84 <sup>b</sup>	3,76 <sup>d</sup>	4,18
Ut2	6,00 <sup>bcd</sup>	3,13 <sup>bc</sup>	4,30 <sup>bcd</sup>	3,21 <sup>def</sup>	6,09 <sup>bc</sup>	5,58 <sup>abc</sup>	4,61 <sup>bc</sup>	1,63 <sup>bc</sup>	6,35 <sup>ab</sup>	2,91
Ut2,5	6,58 <sup>abc</sup>	3,76 <sup>abc</sup>	4,47 <sup>bcd</sup>	3,37 <sup>cde</sup>	6,29 <sup>abc</sup>	4,88 <sup>bcd</sup>	5,31 <sup>ab</sup>	1,49 <sup>bc</sup>	3,44 <sup>de</sup>	2,72
Ut3,5	5,57 <sup>cd</sup>	3,38 <sup>bc</sup>	3,36 <sup>d</sup>	5,42 <sup>a</sup>	5,30 <sup>cd</sup>	4,77 <sup>bcd</sup>	5,86 <sup>ab</sup>	1,28 <sup>bc</sup>	6,61 <sup>ab</sup>	3,17
Ut4,5	6,48 <sup>abc</sup>	2,82 <sup>bc</sup>	4,35 <sup>bcd</sup>	3,45 <sup>bcd</sup>	3,63 <sup>ef</sup>	4,63 <sup>cdef</sup>	5,44 <sup>ab</sup>	1,57 <sup>bc</sup>	5,34 <sup>bc</sup>	2,92
Lt0	5,12 <sup>d</sup>	4,64 <sup>a</sup>	5,82 <sup>a</sup>	4,07 <sup>bcd</sup>	2,53 <sup>f</sup>	3,93 <sup>def</sup>	4,82 <sup>bc</sup>	1,20 <sup>bc</sup>	5,56 <sup>bc</sup>	3,01
Lt1	4,91 <sup>d</sup>	3,69 <sup>abc</sup>	3,83 <sup>cd</sup>	2,32 <sup>fg</sup>	6,94 <sup>ab</sup>	4,56 <sup>cdef</sup>	3,92 <sup>c</sup>	1,45 <sup>bc</sup>	2,34 <sup>e</sup>	2,73
Lt2	6,05 <sup>bcd</sup>	3,26 <sup>bc</sup>	4,92 <sup>abc</sup>	1,85 <sup>g</sup>	6,16 <sup>bc</sup>	6,59 <sup>a</sup>	3,80 <sup>c</sup>	1,20 <sup>bc</sup>	6,95 <sup>a</sup>	2,81
Lt2,5	5,44 <sup>cd</sup>	4,03 <sup>ab</sup>	4,55 <sup>bcd</sup>	4,09 <sup>bcd</sup>	4,10 <sup>e</sup>	5,10 <sup>bcd</sup>	5,08 <sup>bc</sup>	1,14 <sup>bc</sup>	4,45 <sup>cd</sup>	2,93
Lt3,5	5,01 <sup>d</sup>	3,06 <sup>bc</sup>	4,23 <sup>bcd</sup>	3,05 <sup>ef</sup>	4,49 <sup>de</sup>	4,92 <sup>bcd</sup>	6,47 <sup>a</sup>	0,95 <sup>c</sup>	4,24 <sup>cd</sup>	2,80
Lt4,5	5,38 <sup>cd</sup>	2,55 <sup>c</sup>	3,61 <sup>d</sup>	4,37 <sup>b</sup>	6,29 <sup>abc</sup>	5,95 <sup>ab</sup>	5,29 <sup>ab</sup>	1,49 <sup>bc</sup>	6,93 <sup>a</sup>	2,67

Letras diferentes en cada columna muestran diferencias significativas ( $P < 0,05$ ) entre las muestras. Ninguna letra significa que no hay diferencias significativas ( $P > 0,05$ ). / Different letters in each column show significant differences ( $P < 0,05$ ) between the samples. No letters means that there are no significant differences ( $P > 0,05$ ).

En el caso del sabor almidonoso, también se percibe una reducción general a lo largo del tiempo, sin diferencias significativas para UCR-168-10, mientras que para Lazarroz FL solo hubo diferencias entre el tiempo 0 y el tiempo 4,5 (Cuadro 4).

El brillo no evidenció una tendencia clara sobre los cambios presentados entre las muestras, aunque existieron diferencias significativas entre algunos resultados (Cuadro 4). Respecto al color, se evidenció que este atributo fue

cambiando, pasó de tonos amarillentos (los valores más altos en la escala) a aquellos más blancos (los valores bajos en la escala). Lazarroz FL descascarado, en general, exhibió colores menos amarillentos al compararse con UCR-168-10, variedad que se fue poniendo más blanca luego del mes 3,5 de almacenamiento. Lazarroz FL presentó los valores más bajos en los 2,5 y 3,5 meses de almacenamiento, sin embargo, volvió a subir al mes 4,5.

La soltura aparente, que se identificó como el grado de separación de los granos determinado a través de un análisis visual, mostró que a lo largo del tiempo se dio un incremento para este atributo en ambas variedades (Cuadro 3). Además, se observó que, a partir de 2,5 meses y hasta el final del almacenamiento, se dejaron de percibir diferencias significativas en este atributo para ambas variedades.

Para el sabor salado, ambas variedades presentaron una tendencia a aumentar esta característica (Cuadro 3), sin embargo, solo Lazarroz FL presentó diferencias significativas entre los dos últimos tiempos de almacenamiento y los anteriores a estos (específicamente entre 1, 2 y 3 meses). Aun así, en promedio el arroz UCR-168-10 resultó un poco más salado que Lazarroz FL. El sabor amargo residual únicamente presentó valores mayores significativos ( $P < 0,05$ ) para el UCR-168-10 en el tiempo 0 en comparación con el resto de las muestras (Cuadro 4).

La dureza se definió como la fuerza aplicada en la mordida para cada una de las muestras de arroz. Para los resultados de esta variable (Cuadro 4) se observó que ambas variedades presentaron en el tiempo 0 los valores de mayor dureza, para luego disminuir hasta el tiempo 2,5 meses y posteriormente, tuvieron una tendencia a incrementar al finalizar el tiempo de almacenamiento a los 4,5 meses.

La pegajosidad, considerada la textura gomosa en boca, no presentó efecto significativo ( $P > 0,05$ ) en el tiempo y variedad analizada.

## Discusión

Las variedades de arroz analizadas, una índica y una aromática, no presentaron diferencias significativas en almidón total, humedad, almidón resistente, contenido de amilosa y proteína, lo que evidenció que la variedad UCR-168-10 tiene similitudes a la variedad de referencia Lazarroz FL, que es la mayormente producida en Costa Rica, por sus características favorables de cultivo y agrado del consumidor (Arias-Badilla et al., 2020).

Los resultados mostrados en el Cuadro 2, mostraron que el aporte de almidón resistente de ambas variedades analizadas no fue significativo, lo que coincide con reportes de la literatura para arroz pulido (Villarroel et al., 2018). La potencia de prueba fue baja (Cuadro 1), esto puede estar relacionado a errores en la determinación, porque en el método se indica que para muestras con un contenido de almidón resistente menor al 2 % es posible obtener errores altos durante la determinación (AOAC International, 2006).

El contenido de almidón total en ambas muestras analizadas, tuvo un valor promedio cercano al 65 %. Rangos entre 68 % y 90 % de almidón total para variedades tipo índica, fueron reportados por Fan et al. (2020), mientras que Guadamuz-Mayorga et al. (2022) reportaron valores alrededor del 80 % para la variedad Basmatiko (aromático). Esto evidencia las diferencias existentes entre las variedades de arroz, sin embargo, todos los autores coinciden en que este es el principal componente dentro del grano (Chen & Bergman, 2007).

El contenido de humedad (Cuadro 2) se determina como parámetro de control del proceso de añejado, ya que impacta directamente sobre la conservación del grano y puede estar vinculado a actividades bioquímicas dentro del grano, como reacciones enzimáticas, desarrollo de plagas como hongos, parásitos y bacterias, ubicadas en el interior o en la parte externa de la cascarilla del arroz (Mestres et al., 2019).

La legislación nacional establece que el contenido de humedad del arroz debe ser menor al 13 % (Presidencia de la República et al., 2007), por lo que los resultados alcanzados fueron menores a los límites establecidos.

El porcentaje de amilosa, no fue diferente entre las variedades, ya que en ambas el comportamiento en el tiempo fue similar, en las muestras únicamente disminuyó de forma significativa en el tiempo 3,5 meses, para

luego aumentar en el mes 4,5 (Cuadro 3). Además, los valores se mantuvieron arriba del 25 %, lo cual califica a UCR-168-10 y Lazarroz FL como arroces de alto contenido de amilosa en todos los tiempos del añejado (Loubes & Tolaba, 2013).

Los valores promedio del contenido de amilosa para cada uno de los tiempos de almacenamiento fueron, en general, muy cercanos a los reportados en la literatura. Valores entre 25,0 y 41,4 % para el contenido de amilosa en cuatro variedades de arroz indica ampliamente cultivadas en Costa Rica y para la variedad aromática Basmati un contenido del 30,23 % fue reportado por Guadamuz-Mayorga et al. (2022). Por su parte, Joshi et al. (2014) informaron de un contenido de amilosa de entre 21 y 28 % para arroces tipo indica cultivados en la India. Estos resultados demuestran que existen muchas variaciones en el contenido de amilosa, según el tipo de arroz y según las variedades dentro de cada tipo.

La cantidad de amilosa en el arroz define la facilidad tanto de procesamiento como de cocción, ya que está directamente relacionada con la absorción de agua, la expansión de volumen, la esponjosidad y la capacidad de los granos cocidos para separarse, lo que define su calidad culinaria (Saikrishna et al., 2018). Particularmente en presencia de lípidos, la amilosa actúa como diluyente e inhibidor de la hinchazón (Yu et al., 2017).

Es de considerar que a pesar de que la cantidad de amilosa presente en el arroz, está relacionada al nivel de agrado sensorial (Guadamuz-Mayorga et al., 2022), no influye en la calidad culinaria por cambios que ocurran en el grano durante el almacenamiento, más bien es una característica intrínseca a la genética de cada variedad (Tong et al., 2019). En diferentes variedades de arroz, con diversos contenidos de amilosa en el grano, no se logró detectar diferencias significativas en el contenido de amilosa a lo largo del tiempo en ninguna de las muestra estudiadas, inclusive después de trece semanas de almacenamiento (Peng et al., 2019).

A lo largo del almacenamiento no se dan cambios significativos en la composición del grano en lo que refiere al almidón y sus componentes, sino cambios estructurales gracias a la interacción entre los lípidos y las proteínas con el almidón, lo que modifica la temperatura de gelatinización y otras propiedades del almidón durante el añejado (Peng et al., 2019). Además, la oxidación de proteínas junto con el aumento en la fuerza de unión de las micelas del almidón, inhibe el hinchamiento de los gránulos del almidón, afectando de esta forma la textura del arroz cocido (Saikrishna et al., 2018).

En este estudio, a pesar de que se observaron diferencias significativas durante el tiempo de almacenamiento en el tiempo 3,5, el contenido de amilosa se mantuvo por encima del 25 % en todo momento, lo que sugiere que el efecto del tiempo no afectaría la calidad culinaria de las variedades estudiadas.

La disminución significativa del contenido de proteína durante el tiempo de almacenamiento para las dos variedades estudiadas, se observó a partir del mes 3,5, pero sin diferencias significativas ( $P > 0,05$ ) con los meses 2,5 y 4,5 de almacenamiento. En otro estudio realizado por Zhou et al. (2007), se evidenció una disminución en el contenido de proteína de tres variedades de arroz, incluida una aromática, una con alto contenido de amilosa y otra con bajo contenido de amilosa después de dieciséis meses de almacenamiento.

Los cambios en las estructuras proteicas fueron vinculados al mejoramiento en la rigidez o resistencia de los gránulos de almidón, lo que favorece la retención de agua y se traduce en granos de arroz más esponjosos, duros y menos pegajosos (Zhou et al., 2007). Las prolaminas y glutelinas interactúan con los gránulos del almidón, lo que implica afectaciones directas sobre la capacidad de gelatinización del almidón. Además, otras propiedades como la capacidad de “pegado” del arroz, así como su viscosidad, se ven también afectadas por las proteínas presentes, por lo que estas, y no la amilosa, se consideran las principales responsables de los cambios reológicos asociados al añejado del arroz (Shinde et al., 2014).

En lo que se refiere a la evaluación sensorial, el aroma a granza fue más intenso para la variedad UCR-168-10 respecto a la variedad Lazarroz FL (Cuadro 4), era de esperar que los atributos aromáticos fueron determinados con mayor intensidad en la variedad UCR-168-10 que es tipo aromático, ya que después de la cocción, estos tipos de arroces suelen despedir aromas particulares, similares al del arroz tostado, las palomitas de maíz, nueces tostadas,

entre otros (Renuka et al., 2016). Se han llegado a detectar más de cien compuestos vinculados al aroma de estos granos, con el 2-acetil-1-pirrolina como el principal responsable, con contenidos entre 100 y 2000 ppb en arroces aromáticos, respecto a 20 ppb en arroces que no lo son (Bretó et al., 2012).

Los aromas almidonosos están vinculados al (E)-2-hexenal y (E)-2-heptenal, especialmente en aquellas variedades no aromáticas. Estos compuestos volátiles pueden verse afectados por los cambios que ocurren a nivel físico-químico dentro del grano, como las reacciones de los lípidos y las proteínas que generan diversas interacciones, incluidas aquellas con compuestos carbonilos, por lo tanto, la composición y percepción de estos puede variar a lo largo del tiempo (Limpawattana et al., 2008).

Los cambios en el tiempo del sabor almidonoso, también pudieron verse afectados por las modificaciones del (E)-2-hexenal y (E)-2-heptenal, tal como ya se explicó, ya que presenta una conducta similar al aroma almidonoso.

El brillo tuvo una tendencia poco clara a través del tiempo, es posible que en la preparación del arroz el aceite pudiera distribuirse de forma heterogénea, lo que pudo provocar que al servir las muestras para evaluación unas tuvieran más aceite que otras, lo cual genera fluctuaciones en el brillo.

Con respecto al color, los resultados obtenidos para la variedad UCR-168-10 coinciden con lo presentado por Sodhi et al. (2003), donde se evaluaron los cambios en el color que sufrían dos variedades de arroz: Sharbati y Basmati-370, ambas variedades aromáticas, después de uno y dos años de almacenamiento. Para las dos variedades se presentó una reducción del color, con una tendencia hacia tonos más blancos.

En el caso del Lazarroz FL, el nivel de blanco disminuyó en el mayor tiempo de almacenamiento, esto coincide con el estudio de Soponronnarit et al. (2008), quienes investigan el nivel de blancura en arroces tipo índica por seis meses y observaron una disminución del blanco, pero sin tener afectación de la aceptación del mercado. La blancura es de los atributos clave para asegurar el agrado de los consumidores de arroz (Kwak et al., 2015). En este estudio se encontró que para el Lazarroz FL, los puntos de mayor nivel de blanco se encontraron en los meses 2,5 y 3,5 meses (Cuadro 4), tiempo de añejado que coincide con la modificación del contenido de proteínas y, por ende, las mejores características de textura.

El aumento de la soltura aparente durante el tiempo de almacenamiento de ambas variedades coincide con lo reportado en diferentes estudios, ya que a través de los procesos que ocurren a nivel interno en el grano, tales como la interacción de los lípidos, proteínas y almidón (que influyen en la gelatinización de este último compuesto), se desarrollan cambios a nivel sensorial, y la soltura del grano es uno de los más importantes, pues es una de las principales características que buscan muchos de los consumidores, por lo que se vuelve un factor determinante para la calidad culinaria del arroz (Peng et al., 2019; Zhou et al., 2007).

Es importante identificar que a partir de 2,5 meses se dejaron de percibir diferencias significativas en la soltura aparente para las dos variedades estudiadas, lo que sugiere que este tiempo es apropiado para detener el proceso de añejado. Este resultado es muy importante a nivel industrial, ya que permite reducir de forma significativa el tiempo de almacenamiento del arroz, que oscila entre 4 y 6 meses (Saikrishna et al., 2018), a 2,5 meses, con la evidencia de que no habrían mayores cambios notorios sobre en las características del grano. Además, esto se traduce en beneficios para el sector productivo, pues permite un pronto abastecimiento del mercado y una reducción en los controles y costos asociados al mantenimiento del arroz en el silo (Soponronnarit et al., 2008).

Sobre los cambios que experimentan variedades aromáticas a lo largo del tiempo, Sodhi et al. (2003) afirmaron que el añejado del arroz Basmati-370 y Sharbati (variedades aromáticas), experimentan incrementos en la dureza, la pegajosidad y el sabor. Sobre este último atributo, se podría vincular al incremento del sabor salado (Cuadro 4), que es un factor asociado al agrado por los alimentos por su capacidad para potenciar sabores (Laffitte et al., 2016).

Con respecto a la dureza, ambas variedades presentaron una disminución en el mes 2,5 para luego incrementar. A lo largo de tres meses de almacenamiento, el arroz debería experimentar un incremento en la dureza, tal como ocurrió con las siete variedades de arroz que Perez & Juliano (1981) analizaron a través de equipos especializados.

Para este estudio, en el que se utilizaron las pruebas sensoriales, es difícil alcanzar el grado de precisión y sensibilidad que se logra con un equipo, por lo que existen variaciones que podrían no ser determinadas por los jueces. Sin embargo, esto se traduce mejor a situaciones reales de consumo de alimentos, es decir que si los jueces entrenados no perciben mayores diferencias, es posible que los consumidores reales tampoco sean capaces de distinguirlos (Meilgaard et al., 2015).

La dureza del arroz se asocia a la retención del agua y del almidón durante la cocción, lo cual brinda una apariencia más suelta, por lo que es esperable obtener valores directamente proporcionales de dureza y soltura aparente (Zhou et al., 2002). Esto no se cumplió en el mes 2,5 en la variedad UCR-168-10, ni en los meses 2,5 y 3,5 en la variedad Lazarroz FL, tiempos donde sí se alcanzó la mayor soltura aparente, pero valores más bajos de dureza. Sin embargo, los valores de dureza se mantuvieron entre los valores intermedios de la escala (alrededor de 5) usada por los jueces. Además, el carácter pegajosidad mantuvo un valor promedio de  $3,03 \pm 0,43$ , lo que sugirió que las muestras no llegaron a percibirse con textura gomosa en boca.

Al considerar el efecto del almacenamiento sobre los cambios sensoriales y en el contenido de proteína, entre los 2,5 y los 3,5 meses la percepción de la soltura alcanzó el valor máximo antes de que los jueces dejaron de detectar diferencias significativas, y donde la reducción de la proteína cobró significancia. En un estudio con arroz de variedad japónica, se encontró una correlación negativa entre el contenido de proteína y la calidad general del arroz cocido (Yanjie et al., 2018). También podría vincularse a la percepción de sabores como el almidonoso, que presenta una reducción a lo largo del tiempo en términos generales, y al sabor salado que a partir de los 2,5 meses se detecta un incremento en los promedios.

## Conclusión

Las características químicas del arroz de grano largo no se vieron afectadas por el tipo de variedad estudiada, Lazarroz FL y UCR-168-10, durante el almacenamiento, aunque sí a nivel de su caracterización sensorial. Ambas son de alto contenido de amilosa y la variación de este contenido durante el periodo de almacenamiento no tuvo una tendencia clara. La evaluación de las variedades de arroz mediante el análisis sensorial descriptivo, permitió observar variaciones en atributos como el aroma a granza, el cual fue mayor para la variedad UCR-168-10 respecto al Lazarroz FL, y el color, el cual aumentó en el tiempo para la variedad aromática, mientras que para el Lazarroz el color se tornó más amarillo. Se puede considerar un periodo de almacenamiento de dos meses y medio como indicado para detener el proceso de añejado, debido a que, para ambas variedades, la soltura aparente alcanzó su valor máximo y el contenido de proteína disminuyó en ese tiempo de almacenamiento, lo cual es indicativo de un arroz más duro y menos pegajoso.

## Agradecimientos

Los autores agradecen a la Vicerrectoría de Investigación de la Universidad de Costa Rica [Proyecto B7 055] por el financiamiento a este proyecto.

## Declaración de conflicto de interés

Los autores declaran que no existen conflictos de intereses.

## Referencias

- American Association for Clinical Chemistry. (2010). *Approved methods of analysis* (11<sup>th</sup> ed.). AACC International.
- AOAC International. (2006). *Official methods of Analysis* (17<sup>th</sup> ed.). Association of Analytical Communities.
- Arias-Badilla, J. G., Esquivel-Segura, E. A., & Campos-Rodríguez, R. (2020). Evaluación de la densidad de siembra y nivel de fertilización en arroz, para las variedades Palmar-18, Lazarroz FL y NayuribeB FL, en Parrita (Pacífico Central), Costa Rica. *Tecnología en Marcha*, 33(3), 13–24. <https://doi.org/10.18845/tm.v33i3.4363>
- Bhattacharya, K. R. (2013). Cooking quality of rice. In K. R. Bhattacharya (Ed.), *Rica quality: A guide to rice properties and analysis* (pp. 164–192). Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition. <https://doi.org/10.1533/9780857092793.164>
- Bretó, P., Cebolla, R., García-de-Yzaguirre, A., & Carreres, R. (2012). Selección asistida por marcadores de variedades de arroz con alto valor culinario. *Agrícola Vergel*, 356, 133–139. <https://doi.org/20.500.11939/4114>
- Chen, M. H., & Bergman, C. J. (2007). Method for determining the amylose content, molecular weights, and weight- and molar-based distributions of degree of polymerization of amylose and fine-structure of amylopectin. *Carbohydrate Polymers*, 69(3), 562–578. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.01.018>
- Corporación Arrocera Nacional. (2017). *Borrador del Reglamento interno para evaluación culinaria del arroz*. Corporación Arrocera Nacional.
- Corporación Arrocera Nacional. (2018). *Informe estadístico período 2017/2018*. <https://bit.ly/3s4kMCc>
- Fan, X., Li, Y., Zhu, Y., Wang, J., Zhao, J., Sun, X., Pan, Y., Bian, X., Zhang, C., Zhao, D., & Liu, Q. (2020). Characterization of physicochemical qualities and starch structures of two indica rice varieties tolerant to high temperature during grain filling. *Journal of Cereal Science*, 93, Article 102966. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102966>
- Guadamuz-Mayorga, C., Cubero-Castillo, E., Azofeifa, A., Montero, M., & Araya-Morice, A. (2022). Physicochemical characterization and consumer preference of rice (*Oryza sativa*) varieties grown in Costa Rica. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 72(3), 75–83. <https://doi.org/10.37527/2022.72.3.00>
- Indiarto, R., & Nurannisa, R. L. (2021). Aging technique of rice and its characteristics. *International Journal of Scientific & Technology Research*, 10(1), 27–31. <https://bit.ly/3S8TiWy>
- Joshi, N. D., Mohapatra, D., & Joshi, D. C. (2014). Varietal selection of some indica rice for production of puffed rice. *Food and Bioprocess Technology*, 7, 299–305. <https://doi.org/10.1007/s11947-013-1056-1>
- Keawpeng, I., & Venkatachalam, K. (2015). Effect of aging on changes in rice physical qualities. *International Food Research Journal*, 22, 2180–2187. [http://www.ifrj.upm.edu.my/22%20\(06\)%202015/\(1\).pdf](http://www.ifrj.upm.edu.my/22%20(06)%202015/(1).pdf)
- Kumar Verma, D., & Prakash Srivastav, P. (2017). Proximate Composition, Mineral Content and Fatty Acids Analyses of Aromatic and Non-Aromatic Indian Rice. *Rice Science*, 24(1), 21–31. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2016.05.005>
- Kwak, H. S., Kim, M., Lee, Y., & Jeong, Y. (2015). Identification of key sensory attributes for consumer acceptance and instrumental quality of aseptic-packaged cooked rice. *International Journal of Food Science & Technology*, 50(3), 691–699. <https://doi.org/10.1111/ijfs.12684>

- Laffitte, A., Neiers, F., & Briand, L. (2016). Characterization of taste compounds: chemical structures and sensory properties. In E. Guichard, C. Salles, M Morzel, & A. -M Le Bon (Eds.), *Flavour: From food to perception* (pp. 154–191). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118929384.ch7>
- Leon Saenz, J., & Arroyo Blanco, N. (2011). *Producción, tecnología y comercialización del arroz en Costa Rica 1950-2005*. Instituto de Investigaciones en Ciencias Económicas.
- Limpawattana, M., Yang, D. S., Kays, S. J., & Shewfelt, R. L. (2008). Relating sensory descriptors to volatile components in flavor of specialty rice types. *Journal of Food Science*, 73(9), S456–S461. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00952.x>
- Loubes, M., & Tolaba, M. (2013). Arroz: rendimiento de la molienda mediante análisis de imágenes. *La Alimentación Latinoamericana*, 308, 44–49.
- Meilgaard, M., Civille, G. V., & Carr, T. (2015). *Sensory evaluation techniques* (5<sup>th</sup> ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/b19493>
- Mestres, C., Briffaz, A., & Valentin, D. (2019). Rice cooking and sensory quality. In J. Bao (Ed.), *Rice* (4<sup>th</sup> ed., pp. 385–426). Elsevier Inc., & AACC International. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811508-4.00012-5>
- Presidencia de la República, Ministerio de Economía Industria y Comercio, & Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2007). *Reglamento técnico RTCR 406:2007. Arroz en granaza. Especificaciones y métodos de análisis para la comercialización e industrialización*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <http://www.mag.go.cr/legislacion/2008/de-34487.pdf>
- Peng, B., He, L. -L., Tan, J., Zheng, L. -T., Zhang, J. -T., Qiao, Q. -W., Wang, Y., Gao, Y., Tian, X. -Y., Liu, Z. -Y., Song, X. -H., Sun, Y. -Y., Pang, R. -H., Li, J. -T., & Yuan, H. -Y. (2019). Effects of rice aging on its main nutrients and quality characters. *Journal of Agricultural Science*, 11(17), 44–56. <https://doi.org/10.5539/jas.v11n17p44>
- Perez, C. M., & Juliano, B. O. (1981). Texture changes and storage of rice. *Journal of Texture Studies*, 12(3), 321–333. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1981.tb00542.x>
- Renuka, N., Mathure, S. V., Zanan, R. L., Thengane, R. J., & Nadaf, A. B. (2016). Determination of some minerals and b-carotene contents in aromatic indica rice (*Oryza sativa* L.) germplasm. *Food Chemistry*, 191, 2–6. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.05.045>
- Saikrishna, A., Dutta, S., Subramanian, V., Moses, J. A., & Anandharamakrishnan, C. (2018). Ageing of rice: A review. *Journal of Cereal Science*, 81, 161–170. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2018.04.009>
- Sen, S., Chakraborty, R., & Kalita, P. (2020). Rice - not just a staple food: A comprehensive review on its phytochemicals and therapeutic potential. *Trends in Food Science & Technology*, 97, 265–285. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.01.022>
- Shinde, Y. H., Vijayadwhaja, A., Pandit, A. B., & Joshi, J. B. (2014). Kinetics of cooking of rice: A review. *Journal of Food Engineering*, 123, 113–129. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.09.021>
- Sodhi, N. S., Singh, N., Arora, M., & Singh, J. (2003). Changes in physico-chemical, thermal, cooking and textural properties of rice during aging. *Journal of Food Processing and Preservation*, 27(5), 387–400. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2003.tb00525.x>

- Soponronnarit, S., Chiawwet, M., Prachayawarakorn, S., Tungtrakul, P., & Taechapairoj, C. (2008). Comparative study of physicochemical properties of accelerated and naturally aged rice. *Journal of Food Engineering*, 85(2), 268–276. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.07.023>
- Tong, C., Gao, H., Luo, S., Liu, L., & Bao, J. (2019). Impact of Postharvest Operations on Rice Grain Quality: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(3), 626–640. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12439>
- Villarroel, P., Gómez, C., Camila, V., & Torres, J. (2018). Almidón resistente: Características tecnológicas e intereses fisiológicos. *Revista Chilena de Nutrición*, 45(3), 271–278. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182018000400271>
- Yanjie, X., Yining, Y., Shuhong, O., Xiaoliang, D., Hui, S., Shukun, J., Shichen, S., & Jinsong, B. (2018). Factors affecting sensory quality of cooked japonica rice. *Rice Science*, 25(6), 330–339. <https://doi.org/10.1016/j.rsci.2018.10.003>
- Yu, L., Turner, M. S., Fitzgerald, M., Stokes, J. R., & Witt, T. (2017). Review of the effects of different processing technologies on cooked and convenience rice quality. *Trends in Food Science & Technology*, 59, 124–138. <https://doi.org/10.1016/J.TIFS.2016.11.009>
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., & Blanchard, C. (2002). Ageing of Stored Rice: Changes in Chemical and Physical Attributes. *Journal of Cereal Science*, 35(1), 65–78. <https://doi.org/10.1006/jcers.2001.0418>
- Zhou, Zhongkai, Robards, K., Helliwell, S., & Blanchard, C. (2007). Effect of storage temperature on cooking behaviour of rice. *Food Chemistry*, 105(2), 491–497. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.005>