



Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos. 5 (2): 070-088. Julio-Diciembre, 2014
http://www.rvcta.org
ISSN: 2218-4384 (versión en línea)
© Asociación RVCTA, 2014. RIF: J-29910863-4. Depósito Legal: ppi201002CA3536.

Artículo

Comparación de variables físicas, culinarias y amilográficas del cultivar de arroz (*Oryza sativa* L.) MD248 con dos cultivares comerciales de arroz en Venezuela

Comparison of physical, culinary and amylographical variables of rice cultivar (*Oryza sativa* L.) MD248 with two rice commercial cultivars in Venezuela

Manuel **Ávila**^{1*}, Johanna **Uribe**², Yorman **Jayaro**¹, Jesús **Alezones**¹, Marbella **Romero**¹,
Yenny **Alejos**¹, Nancy **Clisanchez**¹, Wiliam **López**¹

¹Fundación para la Investigación Agrícola DANAC. Apartado 182, Parroquia San Javier,
Estado Yaracuy, Venezuela.

²Universidad Nacional Experimental Simón Rodríguez, “Núcleo Canoabo - Félix Adam”.
Estado Carabobo, Venezuela.

*Autor para correspondencia: manuel.avila@danac.org.ve

Aceptado 03-Diciembre-2014

Resumen

El objetivo del estudio fue evaluar las variables físicas culinarias y amilográficas del cultivar MD248 y su potencial como arroz de mesa en Venezuela. Para ello, MD248 se sembró bajo un diseño completamente aleatorizado, en Calabozo (Estado Guárico, Venezuela), junto con 2 cultivares empleados como testigos de buena (D-Sativa) y baja (D-Primera) calidad culinaria. De cada cultivar se cosecharon 2.500 g de arroz paddy y se procesaron hasta obtener una fracción de arroz entero pulido la cual fue evaluada para: largo, ancho, espesor, relación largo/ancho (L/A), peso de 100 granos, contenido de amilosa aparente, tiempo de cocción, relación de expansión volumétrica (REV), relación de absorción de agua (RAA), viscosidades pico, media, final, ‘breakdown’, ‘setback’, consistencia y

temperatura de empaste del perfil amilográfico. Además, atributos sensoriales descriptivos (brillo, percepción visual de la adhesividad, adhesividad manual, adhesividad entre los granos) y preferenciales (apariciencia, adhesividad, calidad global) del arroz cocido. Los resultados indicaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0,01$) entre los cultivares para largo, relación L/A, peso de 100 granos, contenido de amilosa aparente, tiempo de cocción, REV, RAA y todas las variables amilográficas, excepto para viscosidad media y temperatura de empaste ($p > 0,05$). En los perfiles descriptivo y preferencial hubo diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) para todos los atributos evaluados. MD248 estuvo asociado con los mayores valores de largo de grano (7,07 mm), relación L/A (3,43), peso de 100 granos (2,20 g) y amilosa aparente (19,14 %), y con los menores valores de tiempo de cocción (22,90 min), REV (3,07), RAA (1,55), viscosidad pico (159,61 RVU), media (130,10 RVU, $p > 0,05$) y 'breakdown' (29,51 RVU). MD248 presentó un perfil descriptivo comparable al cultivar de buena calidad culinaria y se diferenció ampliamente del cultivar de baja calidad, especialmente en el atributo adhesividad entre los granos; y en el perfil preferencial obtuvo el mayor nivel de preferencia para el atributo adhesividad. Los resultados revelaron que MD248 presentó adecuada valoración en las características del arroz exigidas por el consumidor venezolano.

Palabras claves: viscoamilografía, calidad de grano, *Oryza sativa* L., perfil de textura.

Abstract

The aim of this study was to evaluate physical, culinary and amylographical variables of rice cultivar MD248 and its potential as food grade rice for Venezuela. MD248 was planted in Calabozo, Guárico State in a complete randomized design along with 2 check cultivars: D-Sativa (high cooking quality) and D-Primera (low cooking quality). Of each cultivar, samples of 2,500 g of paddy rice were harvested and processed to obtain a fraction of whole polished grains that were evaluated for: length, width, thickness, length/width (L/W) ratio, 100 grains weight, apparent amylose content, cooking time, volume expansion ratio (VER), water uptake ratio (WUR); peak, mean and final viscosities, breakdown, setback, consistency and pasting temperature in the amylograph profile. Also, descriptive sensory attributes (shine, visual perception of adhesiveness, manual adhesiveness, adhesiveness between grains) and preference attributes (appearance, adhesiveness, global quality) of cooked rice were evaluated. Highly significant differences ($p \leq 0.01$) between cultivars were observed for length, L/W ratio, 100 grains weight, apparent amylose content, cooking time, VER, WUR and all amylographical variables except mean viscosity and pasting temperature ($p > 0.05$). Highly significant differences ($p \leq 0.01$) were observed for all descriptive and preference attributes. MD248 was related with higher values of grain length (7.07 mm), L/W ratio (3.43), 100 grains weight (2.20 g) and apparent amylose content (19.14 %). It was also related with the lowest values of cooking time (22.90 min), VER (3.07), WUR (1.55), peak viscosity (159.61 RVU), mean viscosity (130.10 RVU, $p > 0,05$) and breakdown (29.51 RVU). MD248 presented a descriptive profile that resembles the one obtained for the high quality cultivar and very different of the one obtained by the low quality cultivar, especially for adhesiveness between grains attribute. Results revealed that MD248 had adequate attributes required by Venezuelan consumers.

Keywords: viscoamylography, grain quality, *Oryza sativa* L., texture profile.

INTRODUCCIÓN

El arroz constituye un aporte energético importante en la dieta de los venezolanos, durante el año 2010 alcanzó valores de 242 calorías/persona/día y un consumo per cápita de 25,6 kg/año (INN, 2010). Este se consume principalmente como arroz de mesa que acompaña diferentes platos populares, por ejemplo, al combinarlo con caracas negras, carne de res y plátano maduro, se obtiene el apreciado plato típico nacional conocido como “el pabellón criollo” (Calanche-Morales, 2009). Por lo general, los venezolanos demandan arroces de grano pulido, largo, traslúcido, y en términos culinarios prefieren aquellos de granos secos, sueltos, íntegros y con textura de suave luego de la cocción (Ávila, 2001).

La comercialización del arroz en Venezuela entre el agricultor y la industria se rige, entre otros aspectos, por una normativa nacional que incluye la evaluación de una muestra representativa del lote a ser entregado por el agricultor y promueve aquellos arroces con los mayores rendimientos de grano entero, así como menores niveles de granos defectuosos (yesosos y panza blanca) y granos dañados por diferentes factores bióticos y abióticos (COVENIN, 1986; COVENIN, 1990). Sin embargo, los aspectos de calidad culinaria no están normativamente especificados.

Existen estudios que involucran la evaluación de la calidad de grano en cultivares comerciales y experimentales de arroces desarrollados a nivel nacional, mayormente estos abarcan de manera específica los aspectos de calidad molinera (Ortíz-D., 2000; Acevedo *et al.*, 2004; Ortiz-Domínguez y Ojeda-Muñoz, 2006; Pérez-Almeida y Montoya-Aramburu, 2009); mientras que los aspectos culinarios han sido estimados de manera indirecta mediante la determinación del contenido de amilosa aparente del arroz (Montoya *et al.*, 2007; Pérez-Almeida y Montoya-Aramburu, 2009) y solo un

limitado número de estudios presentan determinaciones directas como pruebas de cocción y sensoriales; y estas han sido llevadas a cabo en centros internacionales (Acevedo *et al.*, 2004). Al respecto, Montoya *et al.* (2007) señalaron al evaluar 13 variedades, que 2 de ellas no presentaron adecuados niveles de calidad culinaria conforme a las exigencias del consumidor nacional. Lo anterior pone de manifiesto la importancia de realizar evaluaciones culinarias en las etapas de mejoramiento genético a fin de asegurar la aceptación del cultivar en el mercado nacional.

Debido al creciente interés de los productores por cultivares de arroz que posean atributos de calidad en atención a las exigencias del mercado, programas de mejoramiento genético nacionales han desarrollado las capacidades técnicas en la evaluación culinaria del grano (Fitzgerald *et al.*, 2009; Arnao *et al.*, 2012; Ávila *et al.*, 2013), siendo estas incorporadas como criterios de selección. Con la evaluación anticipada de los arroces se espera la obtención de cultivares de calidad de grano superior.

El cultivar de arroz MD248 ha sido obtenido por el programa de mejoramiento genético de Fundación DANAC y proviene de un cruzamiento triple realizado en la institución, a partir del cual se desarrolló un avance de familias por el método de selección genealógica, hasta la obtención de líneas homocigotas. Posteriormente, dichas líneas fueron incluidas en una estrategia de evaluación participativa de cultivares que desarrolló Fundación DANAC, quedando seleccionada una línea en conjunto con la empresa Agroservicios MIDA. Una vez inscrita en los Ensayos Regionales Uniformes (ensayos de validación agronómica de cultivares a nivel nacional), la línea cumplió con los requisitos establecidos por el Servicio Nacional de Semillas (SENASSEM) en Venezuela, recibiendo la elegibilidad en el año 2012. El cultivar MD248 es un tipo de planta de erecta a

semi-erecta, de entre unos 100 a 105 cm de altura, con un macollamiento intermedio, follaje verde y senescencia tardía, mostrando tolerancia al volcamiento. En siembras semicomerciales presentó rendimientos de hasta 10.000 kg/ha. Se constató su resistencia a piricularia (*Pyricularia grisea*), al virus de la hoja blanca (RHBV, ‘rice hoja blanca virus’) y se mostró tolerante a rizoctonia (*Rhizoctonia solani*). La calidad industrial del cultivar MD248 se caracteriza por rendimientos de grano entero de entre 50 y 55 % y bajos niveles de granos defectuosos (entre 10 y 20 % de granos yesosos y panza blanca). En lo relativo a sus características sensoriales, el cultivar en estudios preliminares mostró atributos descriptivos y preferenciales correspondientes a un arroz suelto y suave de conformidad con las exigencias del consumidor venezolano (Fundación DANAC, 2014). En la Fig. 1 se presenta una siembra semicomercial con el cultivar MD248 establecida en Calabozo, Estado Guárico, en el año 2012.

Por lo antes expuesto, el presente estudio tuvo como objetivos comparar variables físicas, de calidad culinaria, amilográficas y atributos sensoriales descriptivos y de preferencias del cultivar de arroz MD248 con 2 cultivares comerciales producidos en el país, D-Sativa y D-Primera.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales, manejo y acondicionamiento

El cultivar MD248 (Fundación DANAC/ Agroservicios MIDA) y, como testigos, los cultivares comerciales D-Sativa y D-Primera, de calidad culinaria acorde y no acorde a la preferencia del consumidor venezolano, respectivamente (Montoya *et al.*, 2007), se sembraron en parcelas de 20 m² (5 m x 4 m) bajo un diseño completamente aleatorizado durante el año 2012, en la parcela

Nº 234 del Sistema de Riego del Río Guárico (SRRG), Calabozo, Estado Guárico. La densidad de siembra fue de 120 kg de semilla por hectárea, el riego se aplicó por mojes intermitentes y se estableció una lámina de agua a los 25 a 30 días después de la siembra. En lo referente a fertilización se realizó de acuerdo a lo señalado en el Cuadro 1.

Los granos se cosecharon de aquellas plantas ubicadas a una distancia inferior de 0,5 m de cada extremo de la parcela para evitar efectos de bordura, con lo cual se obtuvo una muestra de trabajo de 2.500 g por cada cultivar. La humedad de cosecha del grano fue de 20 ± 2 %, que se enmarcó dentro del intervalo de humedad de cosecha (20-24 %) considerado por los productores de arroz (Castillo-Niño, 2007). Los granos se limpiaron, homogenizaron y posteriormente se secaron por medios naturales (exposición solar) hasta lograr niveles de humedad adecuados para su procesamiento industrial 12 ± 1 % (Castillo-Niño y Gaviria-Londoño, 2000). Una vez alcanzada dicha humedad las muestras se dejaron a 25 °C y 60-75 % de humedad relativa durante 48 horas para lograr un equilibrio de temperatura y humedad del grano. El procesamiento fue llevado en varias corridas a razón de 160 g de arroz paddy debido a las capacidades de los equipos empleados para su procesamiento. Inicialmente el arroz paddy se descascaró con el uso de un molino GRAINMAN®, Nº 64 (Grain Machinery Manufacturing, Corp., FL, USA). Luego 100 g del arroz cargo resultante, fue pulido en un molino McGill #2 (RAPSCO, Brookshire, TX, USA) en 2 pases, en el primero se colocó una pesa de 667 g ubicada a 3 cm del extremo de la barra del pulidor y fue completado en un tiempo de 40 s, el segundo pase se realizó sin la pesa durante un tiempo de 20 s; entre pases el equipo se dejó reposar durante 60 s. El arroz pulido se hizo pasar por un clasificador GRAINMAN®, Nº 61 (Grain Machinery Manufacturing, Corp., FL, USA) utilizando las bandejas Nº 10 y 12, siguiendo el



Figura 1.- Cultivar de arroz MD248 en siembras semicomerciales en Calabozo, Estado Guárico, durante el año 2012.

Cuadro 1.- Fertilizaciones aplicadas a los cultivares de arroz.

| Fertilización | Días después de la siembra | Fuente (kg/ha) | Elemento (kg/ha) | | |
|---------------|----------------------------|--|------------------|-------|-------|
| | | | N | P | K |
| Básica | 10 | Fórmula 12-24-12 (250,0) + Urea (43,4) | 82,5 | 125,0 | 62,5 |
| 1er. reabono | 35 | Urea (130,4) + cloruro de potasio (50,0) | 60,0 | 0,0 | 30,0 |
| 2do. reabono | 55 | Urea (130,4) + cloruro de potasio (50,0) | 60,0 | 0,0 | 30,0 |
| Total | | | 202,5 | 125,0 | 122,5 |

procedimiento descrito en la Norma Venezolana COVENIN 44-90 (COVENIN, 1990). La masa de grano no retenida en la bandejas (grano entero) fue homogenizada y se destinó a los diferentes análisis que se describen a continuación.

VARIABLES FÍSICAS

Dimensiones del grano

Se midieron largo (L), ancho (A), espesor (E) y la relación L/A de los granos de arroz pulido mediante un calibrador tipo vernier digital (HELIOS-PREISSER, Gammertingen, Alemania). Los resultados fueron el promedio de 30 mediciones, todas expresadas en mm.

Peso de 100 granos

De cada muestra de cultivar se tomaron por triplicado 100 granos al azar y se pesaron en una balanza analítica marca Sartorius, modelo BP 121S (Sartorius AG, Goettingen, Alemania). Estos resultados fueron expresados en gramos, a partir del peso promedio de 3 muestras de cada cultivar.

Imágenes del grano

De cada cultivar se captaron imágenes digitales de 10 granos paddy (con cáscara) y 10 granos pulidos, con el uso de un equipo escáner HP Scanjet 5590, modelo regulatorio FCLSD-0407 (Hewlett-Packard Development Company, L.P., Palo Alto, CA, USA), siguiendo la metodología descrita por Ávila *et al.* (2012).

VARIABLES CULINARIAS

Amilosa aparente

Se determinó a partir de la harina (150 μm) del arroz pulido, según el método descrito

por (Juliano, 1971) modificado por Jimenez *et al.* (2012) a fin de corregir falta de reproducibilidad encontrada en un estudio colaborativo de Fitzgerald *et al.* (2009). Los resultados se expresaron en porcentaje del promedio de 3 determinaciones de cada cultivar.

Tiempo de cocción

Se realizó según la metodología descrita por Juliano *et al.* (1969). En un beaker se colocaron 125 mL de agua y se llevó a ebullición en una plancha de calentamiento. Posteriormente se añadieron 20 g de la muestra de arroz pulido y se cubrió con un vidrio de reloj. Luego de transcurrir 10 min, se retiraron 10 granos y se presionaron entre 2 portaobjetos; este proceso se repitió cada minuto hasta que 90 % de los granos no presentaron opacidad en el centro. Los resultados se expresaron como el promedio de 3 determinaciones del tiempo de cocción transcurrido desde que se agregó el arroz al agua hasta que se obtuvo el 90 % de los granos sin opacidad en el centro.

Relación de expansión volumétrica (REV) y relación de absorción de agua (RAA)

Se determinaron a partir del método descrito por Batcher *et al.* (1956) y Perdon *et al.* (1997). Para ello se colocaron 400 mL de agua en un beaker y se llevó a ebullición en una plancha de calentamiento; se pesaron 30 g de arroz pulido (masa 1) y se midió el volumen ocupado por este peso en un cilindro graduado de 100 mL (volumen 1). Una vez que el agua alcanzó la ebullición, se agregó el arroz y se cubrió con un vidrio de reloj; luego se dejó cocinar durante el tiempo de cocción determinado anteriormente. Finalmente, se obtuvo la masa del arroz cocido (masa 2) y se midió el volumen final (volumen 2). La REV y RAA se calcularon mediante los cocientes

volumen2/volumen 1 y masa 2/masa 1, respectivamente. Los resultados se expresaron como el promedio de 3 determinaciones.

VARIABLES AMILOGRÁFICAS

Para la determinación de las variables amilográficas se utilizó el equipo Rapid Visco Analyser (RVA), modelo Super 3D (Newport Scientific Pty. Ltd., Australia - Perten Instruments, Suecia), siguiendo el método 61-02.01 de la AACC (2000). Para ello se emplearon 3 g de harina (250 µm) de arroz pulido y 25 mL de agua destilada, bajo las condiciones operativas especificadas en el Cuadro 2 (AACC, 2000). Los resultados de las diferentes viscosidades: pico, media, final, ‘breakdown’, ‘setback’ y consistencia se expresaron en RVU; mientras que la temperatura de empaste fue expresada en grados Celsius (°C). Los resultados se expresaron como el promedio de 3 determinaciones por cultivar.

Cuadro 2.- Condiciones operativas del equipo Rapid Visco Analyser (RVA).

| Tiempo (hh:mm:ss) | Variable | Valor |
|-------------------|-------------|---------|
| 00:00:00 | Temperatura | 50 °C |
| 00:00:00 | Velocidad | 960 rpm |
| 00:00:10 | Velocidad | 160 rpm |
| 00:01:00 | Temperatura | 50 °C |
| 00:04:42 | Temperatura | 95 °C |
| 00:07:12 | Temperatura | 95 °C |
| 00:11:00 | Temperatura | 50 °C |

Evaluación sensorial

Preparación del arroz cocido

Los arroces fueron cocidos en arroceras

marca Oster®, modelo 6028, en una relación de volumen agua:arroz de 2:1, comúnmente empleada en Venezuela (Castillo-Niño, 2007), y se añadieron sin lavar luego que el agua alcanzó la ebullición; se dispersaron uniformemente en la olla durante 10 s con ayuda de una cuchara de plástico y se taparon hasta que las arroceras concluyeron la cocción, la cual se completó mediante el pase automático del interruptor de modo “cocción” a “calentamiento”. Posteriormente se dejaron de este modo durante 10 min antes de iniciar la evaluación sensorial, donde los arroces alcanzaron una temperatura de 85 ± 5 °C. Para asegurar la homogeneidad de la muestra conforme a Park *et al.* (2001), el arroz cocido ubicado de la superficie y hasta a 1 cm de profundidad fue descartado y el arroz cocido resultante fue servido en porciones aproximadas de 30 g en boles de vidrio PYREX® con tapa de cerámica, precalentados en estufa a 80 °C para mantener la temperatura adecuada para la evaluación de alrededor 71 °C (Meullenet *et al.*, 2000). Seguidamente fueron codificados y entregados a cada panelista para la evaluación, la cual fue realizada individualmente en un lapso no mayor de 5 minutos por muestra (Lyon *et al.*, 1999).

Perfil descriptivo

Previo a la evaluación se realizó el entrenamiento con 11 panelistas potenciales conformados por trabajadores de Fundación DANAC, quienes habían participado previamente en pruebas descriptivas de arroz cocido. El entrenamiento se basó en sesiones teórico-prácticas de 0,5 horas/día 2 veces por semana durante un período de 2 meses. En las sesiones se describieron los conceptos del perfil de textura y luego se probaron arroces con texturas diferentes (arroces comerciales nacionales, tipo japónica y parbolizado). Las técnicas y atributos empleados se tomaron a partir de estudios llevados a cabo por Park *et al.*

(2001), Meullenet *et al.* (2000), Lyon *et al.* (2000), Lyon *et al.* (1999), y se describen en el Cuadro 3. Los resultados se expresaron en cm a

partir de una escala semi-estructurada con valores de 0 a 4 cm, representando la menor y mayor intensidad para cada atributo,

Cuadro 3.- Descripción de fases, atributos y niveles del perfil descriptivo del arroz cocido.

| Fase I*. Observar directamente la masa de granos en el bol. | |
|---|--|
| Atributo | Valor de la escala (cm)/Descripción |
| Brillo: grado de reflexión de la luz de los granos debido a la humedad presente. | 0. Se observan granos totalmente secos, opacos y sin brillo en toda su extensión 1. Se observan puntos o destellos brillantes en algunos casos difícilmente bien marcados. 2. Se observan en menos de la mitad granos con puntos de brillo localizados. 3. Se observan pequeños puntos brillantes en la mayoría de los granos. 4. Se pueden observar extensiones o regiones bien definidas (filamentos) de brillo en casi todos los granos. |
| Percepción visual de la adhesividad: grado en el cual los granos se adhieren entre sí formando agregados. | 0. Se observan granos íntegros y sin adherencia (suelos), mayormente se encuentran superpuestos y por ese arreglo se puede observar espacios entre los granos. 1. Se observan mayormente granos suelos, pero a su vez algunas regiones en la superficie del grano no está bien definidas y en otras no se puede observar a través de los granos. 2. Se observan difícilmente granos suelos y hay mayor grado de agregación. 3. Se observan granos con mayor grado de adherencia y agregación y se observan suelos solo en los extremos de la masa de granos. 4. Se observan granos en grandes agregados, no se observa claramente la superficie de los granos tampoco su integridad. |
| Fase II. Tomar una cucharadita de arroz y manipular con la punta de la cuchara. | |
| Atributo | Valor de la escala (cm)/Descripción |
| Adhesividad manual: fuerza requerida para separar los granos adheridos. | 0. Son fácilmente separables de la masa de granos de forma individual. 1. Son separables con ligera resistencia de la masa de granos con dominancia de granos individuales pero pueden separarse algunos agregados de 2 a más granos. 2. Son separables de la masa de granos con más dificultad con dominancia de agregados de 2 a más granos y difícilmente se observan granos individuales. 3. Son separables con mayor dificultad y en agregados de más de 3 granos. 4. Los granos no se separan se mueven como un solo agregado. |
| Fase III. Tomar la mitad de una cucharilla pequeña en la boca detrás de los dientes frontales, presionar la lengua sobre la superficie y tratar de separar suavemente los granos individualmente antes que se mezcle con la saliva. | |
| Atributo | Valor de la escala (cm)/Descripción |
| Adhesividad entre los granos: fuerza requerida para separar los granos de forma individual. | 0. Los granos se separan con el primer movimiento de la lengua 1. Los granos se separan individualmente con el segundo movimiento de la lengua. 2. Los granos se separan individualmente con el tercer movimiento de la lengua. 3. Los granos se separan en agregados de 2 o 3 granos con el tercer movimiento de la lengua. 4. Los granos se separan en agregados de más de 3 granos luego del tercer movimiento de la lengua. |

* Adicionalmente la Fase I estuvo acompañada de imágenes referenciales para cada nivel de la escala.

respectivamente (Cuadro 3). Una vez completado el ciclo de entrenamiento se seleccionaron 9 panelistas para la evaluación del perfil de arroz cocido por presentar respuestas inferiores a 2 unidades de desviación estándar ($Z < 2$). Finalmente se llevó a cabo la evaluación de los arroces en 5 sesiones, donde los analistas evaluaron los 3 arroces en cada sesión bajo un diseño completamente aleatorizado.

Perfil preferencial

El perfil preferencial midió el grado de preferencia para los atributos apariencia, adhesividad y calidad global con 20 panelistas no entrenados constituidos por trabajadores de Fundación DANAC, en sesiones realizadas en 3 días diferentes de conformidad con una escala hedónica estructurada de 1 a 9 puntos representando el menor y el mayor grado de preferencia, respectivamente (Cuadro 4), conforme al método descrito por Amerine *et al.* (1965).

Cuadro 4.- Escala de evaluación preferencial.

| Escala | Descripción |
|--------|-----------------------------|
| 9 | Me gusta extremadamente |
| 8 | Me gusta mucho |
| 7 | Me gusta moderadamente |
| 6 | Me gusta ligeramente |
| 5 | Me es indiferente |
| 4 | Me desagrada ligeramente |
| 3 | Me desagrada moderadamente |
| 2 | Me desagrada mucho |
| 1 | Me desagrada extremadamente |

Análisis estadísticos

Se realizó a través de un análisis de

varianza (ANAVAR) de una vía considerando el efecto del cultivar sobre las respuestas de las variables físicas, culinarias y amilográficas. Los atributos sensoriales descriptivos y preferenciales fueron analizados con la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis. La comparación de medias se realizó mediante la prueba de Diferencia Significativa Honesta de Tukey. Todos los análisis estadísticos fueron realizados por medio del programa estadístico JMP®, versión 7.0.2 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Variables físicas, culinarias y amilográficas

Variables físicas

En el Cuadro 5 se presenta la significación de los cuadrados medios y la comparación de medias de las variables físicas de los granos pulidos. Se encontraron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0,01$) para largo, la relación L/A y el peso de 100 granos entre los cultivares, mientras que las diferencias para las variables ancho y espesor no resultaron significativas ($p > 0,05$). La comparación de medias para el largo del grano permitió el establecimiento de 3 grupos diferentes, donde MD248 ocupó una posición intermedia entre los cultivares siendo inferior a D-Sativa. Los promedios de ancho y espesor fueron similares entre los cultivares y MD248 estuvo asociado a los menores valores. Al comparar los promedios de L/A del grano pulido se observó la formación de 2 grupos diferentes, donde MD248 y D-Sativa ocuparon un mismo grupo homogéneo superando significativamente a D-Primera. Los promedios de peso de 100 granos se enmarcaron en 3 grupos, indicativo que cada cultivar resultó diferente, en dicha variable MD248 presentó el mayor promedio de peso seguido por D-Sativa y D-Primera. Por otro lado, el peso de 100

Cuadro 5.- Significación de los cuadrados medios y pruebas de comparación de medias de las variables físicas del arroz pulido.

| Variables físicas ¹ | Cuadrados Medios | Error | Medias ² | | |
|--------------------------------|------------------|-------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | | | MD248 | D-Sativa | D-Primera |
| Largo (mm) | 0,93 ** | 0,01 | 7,07 ^b | 7,66 ^a | 6,41 ^c |
| Ancho (mm) | 0,00 ns | 0,00 | 2,06 ^a | 2,08 ^a | 2,17 ^a |
| Espesor (mm) | 0,00 ns | 0,00 | 1,66 ^a | 1,72 ^a | 1,67 ^a |
| Relación Largo/Ancho | 0,31 ** | 0,01 | 3,43 ^a | 3,68 ^a | 2,95 ^b |
| Peso de 100 granos (g) | 0,11 ** | 0,00 | 2,20 ^a | 2,13 ^b | 1,78 ^c |

¹ Largo, ancho y espesor son promedios de 30 mediciones. Peso de 100 granos es peso promedio de 3 muestras por cultivar.

² Medias seguidas de letras diferentes en superíndices indican que existen diferencias estadísticas.

** : altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

ns: no significativo, ($p > 0,05$).

granos obtenido permitió la estimación del peso de 1000 granos de los cultivares resultando en valores de 22,0, 21,3 y 17,8 g para MD248, D-Sativa y D-Primera, respectivamente.

Los granos del MD248 se clasificaron como granos de tipo “largo” conforme al intervalo (6,6 a 7,5 mm) de la escala descrita por Martínez *et al.* (1989) y resultaron equivalentes a la característica tipo de grano (largo) indicada por Acevedo *et al.* (2004) para el cultivar de arroz Venezuela 21. El ancho del grano de MD248 fue menor a los valores medidos por Ortiz-D. (2000) en 5 cultivares (ZETA-15, Cimarrón, FONAIAP 1, Portuguesa 2, Calabozo) que se ubicaron en un intervalo de 2,12 a 2,53 mm; y lo mismo ocurrió con el espesor al comparar con las mediciones realizadas por la autora (un intervalo de 1,69 a 1,78 mm). La relación L/A de MD248 (3,43) superó los valores encontrados por Ortiz-Domínguez y Ojeda-Muñoz (2006) para las variedades D-Sativa (3,23) y Fedearroz 50 (2,93), por otra parte, se ubicó entre las relaciones L/A para arroces de tipo “grano largo” del Manual de Inspección del Arroz de la

GIPSA (‘Grain Inspection, Packers & Stockyards Administration’) (USDA, 1994). Lo anterior es indicativo que las dimensiones del grano MD248 resultaron típicas a las encontradas en arroces comerciales. El peso de 1000 granos estimado para MD248 resultó inferior al valor obtenido por Jagannadha-Rao y Murty (1997) para la variedad Vijelha MTU 1001 (27,50 g) de grano ‘largo’ y superó e igualó a los encontrados por estos autores para variedades de grano ‘medio’ cultivadas en India (19,90-22,00 g). Por otro lado, el peso de 1000 granos de MD248 puede ser categorizado como ‘grande’ (22-28 g) y los de D-Sativa y D-Primera como ‘pequeño’ (< 22 g) conforme a la clasificación señalada por Chang y Bardenas (1965).

Las diferencias encontradas en el largo del grano de los cultivares fueron consistentes al observado en las imágenes de granos pulidos (Fig. 2), donde se evidenció mayor largo del grano para los cultivares D-Sativa y MD248 con respecto a D-Primera. Por otra parte, las imágenes de grano paddy permitieron hacer una distinción visual de los cultivares en cuanto a su forma y tamaño.

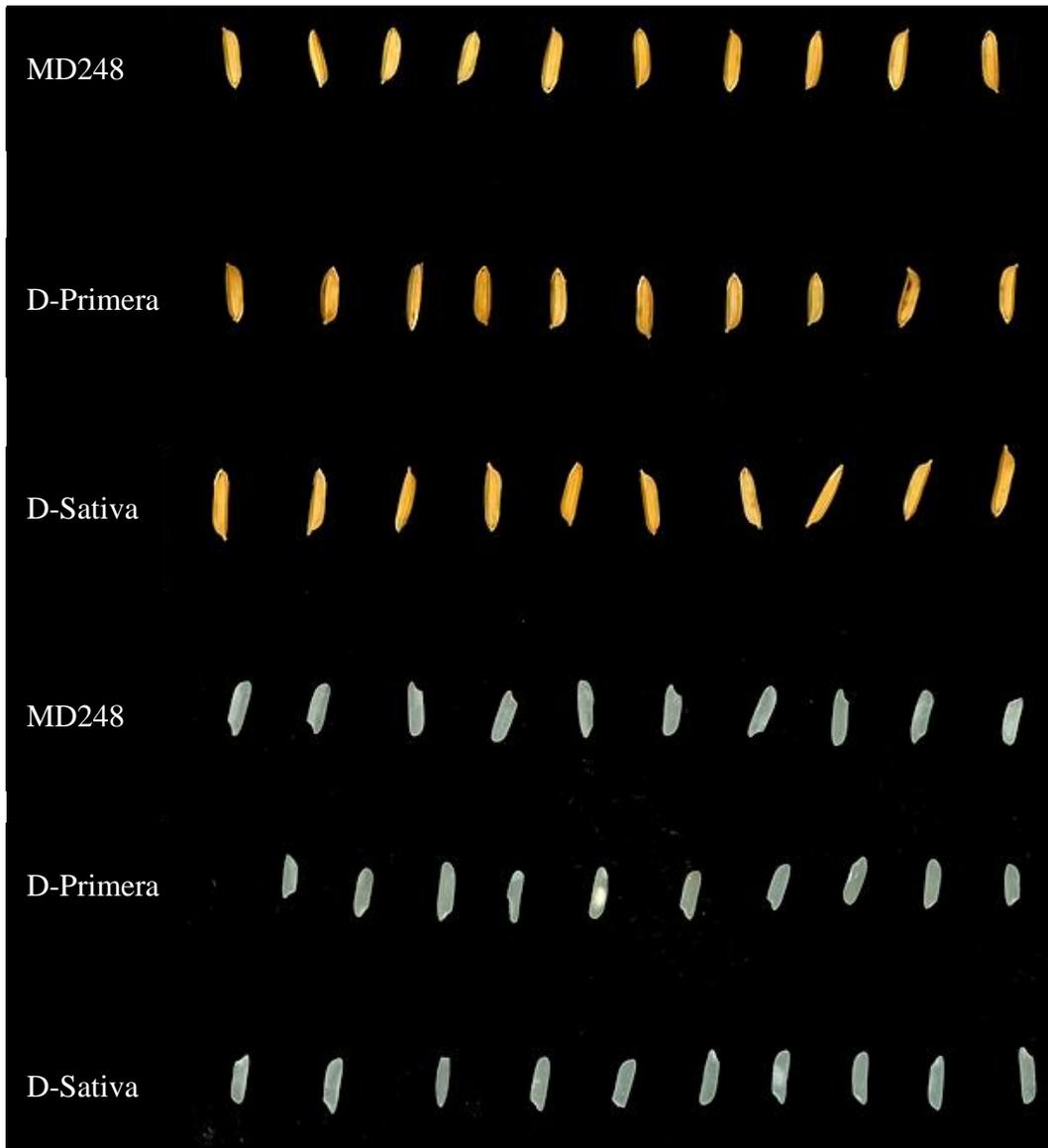


Figura 2.- Imágenes de grano paddy y pulido de tres cultivares comerciales de arroz.

El mantenimiento de las dimensiones de los nuevos cultivares desarrollados asegura la homogeneidad del producto comercial ya que en Venezuela el arroz de mesa disponible al consumidor puede ser el producto de una mezcla de cultivares. Por otra parte, los cambios en las dimensiones del grano, inherentes a la variedad, podrían demandar un ajuste en los molinos y clasificadoras durante el

beneficio industrial del arroz comprometiendo de esta manera su productividad, según lo indicado por Castillo-Niño (2007).

Variables culinarias

En el Cuadro 6 se presenta la significación de los cuadrados medios y la comparación de medias de las variables

Cuadro 6.- Significación de los cuadrados medios y pruebas de comparación de medias de las variables culinarias del arroz pulido.

| Variables culinarias ¹ | Cuadrados Medios | Error | Medias ² | | |
|-----------------------------------|------------------|-------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | | | MD248 | D-Sativa | D-Primera |
| Amilosa aparente (%) | 130,54 ** | 4,16 | 19,14 ^a | 18,62 ^a | 13,70 ^b |
| Tiempo de cocción (min) | 5,44 ** | 0,00 | 22,90 ^c | 23,84 ^b | 25,01 ^a |
| Relación de expansión volumétrica | 0,38 ** | 0,00 | 3,07 ^c | 3,33 ^b | 3,86 ^a |
| Relación de absorción de agua | 1,15 ** | 0,00 | 1,55 ^c | 1,78 ^b | 2,89 ^a |

¹ Las variables culinarias se presentan como el promedio de 3 determinaciones por cultivar.

² Medias seguidas de letras diferentes en superíndices indican que existen diferencias estadísticas.

** : altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

culinarias de los granos pulidos. Los arroces presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0,01$) para todas las variables culinarias evaluadas. La comparación de medias del contenido de amilosa aparente arrojó 2 grupos diferentes, donde MD248 y D-Sativa conformaron un grupo significativamente superior a D-Primera. La comparación de medias para tiempo de cocción, REV y RAA, indicó que los cultivares se enmarcaron consistentemente en 3 grupos distintos en los cuales MD248 estuvo asociado a los menores valores promedios. El tiempo de cocción de MD248 fue superado en tiempos cercanos a 1 y 2 minutos por las variedades D-Sativa y D-Primera, respectivamente, lo que sugiere un menor consumo energético.

El contenido de amilosa aparente de MD248, al igual que D-Sativa, se enmarcó en el intervalo de amilosa intermedio ($> 16 - 20$ %), mientras que el cultivar D-Primera dentro del intervalo de amilosa bajo ($> 8 - 16$ %) conforme a la tipificación de amilosa establecida por Jimenez *et al.* (2012). Adicionalmente, el valor de amilosa encontrado para MD248 fue inferior a los señalados para 4 variedades estudiadas por Acevedo *et al.* (2004) (Venezuela 21, 31,8 %; FONAIAP 1 y Cimarrón,

31,0 %; Palmar, 26,0 %) y a los encontrados para 11 de las 13 variedades nacionales liberadas en Venezuela entre los años 1975 al 2003; fue mayor a D-Primera (15,40 %) y FONAIAP-2000 (15,92 %) (Montoya *et al.*, 2007). Las diferencias encontradas de amilosa de los cultivares con relación a otros estudios pueden ser atribuidas a las modificaciones realizadas al método. A partir del cambio de método, Jimenez *et al.* (2012) ajustaron los intervalos de amilosa, por ello, MD248 mantuvo la misma definición en la tipificación (intermedia), la cual ha sido asociada a la preferencia del consumidor venezolano; mientras que D-Primera se ubicó en un intervalo de amilosa bajo que resulta no deseado por la mayoría de los venezolanos (Ávila, 2001). Diversas características de consumo del arroz están influenciadas por la relación de las fracciones de almidón, amilosa y amilopectina (Batey, 2007), la amilosa es responsable de la retrogradación del arroz cocido, su contenido puede ser diferenciable entre cultivares confiriéndole propiedades funcionales específicas (Fitzgerald, 2004) y está asociado de manera importante a gran parte de los atributos sensoriales del arroz de mesa (Champagne *et al.*, 2004).

El cultivar MD248 presentó un tiempo de cocción ligeramente superior a los valores señalados por Pérez-Franco (2011) para la variedad D-Oryza (20,0 - 21,5 min) y la línea experimental SD20A (21,0-22,5 min), en un estudio donde se evaluó el efecto de diferentes tiempos (0; 1,5 y 3 meses) y temperaturas (4, 25 y 32 °C) de almacenamiento sobre las variables de calidad del grano. Por otra parte, MD248 se ubicó dentro de los intervalos de REV señalados por la misma autora, para la variedad D-Oryza (2,80-3,63) y la línea experimental SD20A (2,77-3,53). Los cultivares con los mayores niveles de amilosa MD248 y D-Sativa estuvieron asociados a los menores niveles de REV y RAA. A partir de estudios realizados por Sanjiva-Rao *et al.* (1952), se estableció por muchos años que las variedades de arroz con alta amilosa absorben más agua que aquellas de baja amilosa cuando son cocinados. Estudios posteriores conducidos por Juliano *et al.* (1965) y Juliano *et al.* (1973) no mostraron correlaciones consistentes entre el contenido de amilosa y la capacidad de absorción de agua de grano cocido; por su parte, Bhattacharya y Sowbhagya (1971), indicaron que la absorción de agua del grano pulido durante la cocción estuvo relacionada principalmente a las características físicas de tamaño y forma del grano. Bergman *et al.* (2004), indicaron a partir de la revisión de diversos trabajos, que las propiedades de cocción del arroz pueden ser diferenciales entre los cultivares y están determinadas por los niveles de amilosa, proteínas, salvado removido, relación agua:arroz, la forma y el tamaño y la temperatura de gelatinización del grano.

Las pruebas de cocción han sido incorporadas como análisis de alto valor en programas de mejoramiento genético y en el control de calidad de la industria, estas resultan rápidas, de bajo costo y amigables con el ambiente. Una mayor expansión volumétrica podría ser importante como ventaja comercial

ya que confiere un mayor rendimiento de producto cocido, pero debe ser complemento de otras pruebas culinarias. En el presente estudio el arroz con mayor REV y RAA estuvo representado por el cultivar D-Primera, sin embargo, presentó los menores valores de largo, relación L/A del grano y contenido de amilosa aparente, siendo identificado como el cultivar de menor calidad de grano.

Variables amilográficas

En el Cuadro 7 se presenta la significación de los cuadrados medios y la comparación de medias de las variables amilográficas de los granos pulidos. Los arroces presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0,01$) para todas las variables amilográficas salvo la viscosidad media y la temperatura de empaste. La comparación de medias para viscosidad pico arrojó 3 grupos diferentes en los cuales MD248 resultó con el menor valor. La viscosidad media presentó promedios similares entre los cultivares ($p > 0,05$), sin embargo MD248 exhibió el menor valor. Los promedios de viscosidad final se enmarcaron en 2 grupos diferentes, siendo MD248 y D-Primera un grupo homogéneo con valores menores al valor obtenido para D-Sativa. Al comparar las medias del 'breakdown' se encontró la conformación de 2 grupos diferentes, donde los valores de MD248 y D-Sativa fueron significativamente menores al valor de D-Primera. Las medias del 'setback' formaron 3 grupos diferentes, donde MD248 se ubicó en un lugar intermedio siendo superado por D-Sativa. La comparación de medias para la variable consistencia arrojó 2 grupos homogéneos, MD248 alcanzó un valor similar a D-Primera siendo superados significativamente por D-Sativa. Las variables amilográficas mostraron que los arroces presentaron un comportamiento específico durante el empaste. MD248 estuvo asociado a los menores valores de viscosidades,

Cuadro 7.- Significación de los cuadrados medios y pruebas de comparación de medias de las variables amilográficas del arroz pulido.

| Variables amilográficas ¹ | Cuadrados Medios | Error | Medias ² | | |
|--------------------------------------|------------------|-------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | | | MD248 | D-Sativa | D-Primera |
| Viscosidad pico (RVU) | 2674,97 ** | 8,81 | 159,61 ^c | 179,00 ^b | 225,88 ^a |
| Viscosidad media (RVU) | 136,58 ns | 63,36 | 130,10 ^a | 142,08 ^a | 142,86 ^a |
| Viscosidad final (RVU) | 3687,18 ** | 14,44 | 244,87 ^b | 305,66 ^a | 241,58 ^b |
| 'Breakdown' (RVU) | 1937,52 ** | 63,68 | 29,51 ^b | 36,91 ^b | 83,02 ^a |
| 'Setback' (RVU) | 7554,37 ** | 4,04 | 85,26 ^b | 126,66 ^a | 15,69 ^c |
| Consistencia (RVU) | 3055,79 ** | 49,94 | 114,77 ^b | 163,58 ^a | 98,72 ^b |
| Temperatura de empaste (°C) | 1,90 ns | 1,75 | 66,97 ^a | 65,40 ^a | 65,93 ^a |

¹ Las variables amilográficas se presentan como el promedio de 3 determinaciones por cultivar.

² Medias seguidas de letras diferentes en superíndices indican que existen diferencias estadísticas.

** : altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

ns : no significativo, ($p > 0,05$).

'breakdown', intermedio de 'setback' y mayor de consistencia, siendo comparable a D-Sativa para 'breakdown' y a D-Primera para viscosidad final y consistencia. La viscosidad media y temperatura de empaste no permitieron establecer diferencias entre cultivares.

Los mayores valores de 'setback' y menores de 'breakdown' encontrados para MD248 y D-Sativa con respecto a D-Primera, pueden ser atribuidos a las diferencias en sus niveles de amilosa. Ruiz (2002), al evaluar el efecto del tiempo de almacenamiento sobre los componentes de calidad de grano en variedades nacionales, encontró correlaciones significativas para amilosa-'setback' (+0,92) y amilosa-'breakdown' (-0,67), indicando que las variedades con mayores valores de amilosa, PN-1 (24,54-23,77 %) y Zeta 15 (23,51-22,06 %), estuvieron asociadas a mayores valores de 'setback' (81-52 RVU) y menores valores de 'breakdown' (29-139 RVU), siendo este comportamiento inverso al encontrado para las

variedades con los menores niveles de amilosa, D-Primera (15,90-18,44 %) y FONAIAP-2000 (15,37-16,16 %), las cuales se ubicaron en intervalos de 'setback' comprendidos entre -32 y -73 RVU y de 'breakdown' entre 119 y 167 RVU. Se ha indicado que un bajo 'breakdown' y alto 'setback' son el resultado de mayores niveles de amilosa presente que condicionan una menor solubilidad de la suspensión, luego de la disrupción del gránulo de almidón durante la cocción, y una mayor retrogradación durante el enfriamiento (NS, 1998; Batey, 2007). Por otra parte, los bajos niveles de viscosidades pico y media encontrados para MD248 son indicativos de una menor capacidad de absorción de agua de los gránulos de almidón y su hinchamiento, estas respuestas son consistentes con las respuestas encontradas para las variables de cocción REV y RAA anteriormente discutidas y pueden ser atribuidas a los niveles de amilosa presentes.

Perfil descriptivo

Todas las variables del perfil descriptivo del arroz cocido presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0,01$) entre los cultivares (Cuadro 8). La comparación de medias para brillo, percepción visual de la adhesividad y adhesividad manual reveló la conformación de 2 grupos diferentes, donde MD248 y D-Sativa resultaron similares entre sí y significativamente inferiores a D-Primera. La adhesividad entre granos presentó 3 grupos de

medias diferentes para los cultivares, donde MD248 estuvo asociado al grupo con menor promedio. MD248 presentó un perfil descriptivo comparable al cultivar, de acuerdo a Montoya *et al.* (2007), de buena calidad culinaria (D-Sativa) y se diferenció ampliamente del cultivar de baja calidad (D-Primera). Los granos de MD248 fueron descritos con apariencia seca, íntegra y fácilmente separables al degustarlos.

Cuadro 8.- Significación de Kruskal-Wallis y pruebas de medias de atributos del perfil descriptivo de arroz pulido.

| Atributos ¹ | Kruskal-Wallis (H) | Medias ² | | |
|--------------------------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | | MD248 | D-Sativa | D-Primera |
| Brillo (cm) | 146,83 ** | 0,59 ^b | 0,62 ^b | 3,79 ^a |
| Adhesividad (Percepción visual) (cm) | 134,64 ** | 0,70 ^b | 0,76 ^b | 3,76 ^a |
| Adhesividad manual (cm) | 127,11 ** | 0,85 ^b | 0,83 ^b | 3,79 ^a |
| Adhesividad entre los granos (cm) | 137,06 ** | 0,68 ^c | 0,85 ^b | 3,82 ^a |

¹ Los atributos se presentan como el promedio de 5 sesiones.

² Medias seguidas de letras diferentes en superíndices indican que existen diferencias estadísticas.

** : altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

Perfil preferencial

Las variables del perfil preferencial presentaron diferencias estadísticas altamente significativas ($p \leq 0,01$) entre los cultivares (Cuadro 9). Los promedios apariencia y calidad global de grano conformaron 2 grupos diferenciales entre los cultivares, siendo MD248 y D-Sativa de preferencia similar y superior a D-Primera. Los promedios de adhesividad de los cultivares se conformaron en 3 grupos diferentes, en los cuales MD248 estuvo asociado al grupo de mayor preferencia seguido por el cultivar comercial D-Sativa. Los valores del perfil preferencial de MD248 fueron similares y/o superiores al cultivar, de acuerdo

a Montoya *et al.* (2007), de buena calidad culinaria, siendo estos descritos como ‘me gusta moderadamente’ a ‘me gusta mucho’; mientras que el cultivar D-Primera fue descrito como ‘me desagrada extremadamente’ a ‘me desagrada mucho’ para todas las variables evaluadas. MD248 presentó la más baja adhesividad entre los granos (Cuadro 8) y el mayor nivel de preferencia para el atributo adhesividad de todos los arroces evaluados (Cuadro 9). Estos resultados corroboran que los arroces que presentan consistentemente los menores niveles de adhesividad entre los granos obtienen los mayores valores de preferencia y contribuyen de manera importante a su calidad global.

Cuadro 9.- Significación de Kruskal-Wallis y pruebas de medias de atributos del perfil preferencial de arroz pulido.

| Atributos ¹ | Kruskal-Wallis (H) | Medias ² | | |
|------------------------|--------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| | | MD248 | D-Sativa | D-Primera |
| Apariencia | 469,79 ** | 7,59 ^a | 7,50 ^a | 1,89 ^b |
| Adhesividad | 434,18 ** | 7,61 ^a | 7,25 ^b | 2,00 ^c |
| Calidad global | 442,11 ** | 7,45 ^a | 7,30 ^a | 1,89 ^b |

¹ Los atributos se presentan como el promedio de 3 sesiones.

² Medias seguidas de letras diferentes en superíndices indican que existen diferencias estadísticas.

** : altamente significativo, ($p \leq 0,01$).

CONCLUSIONES

Los cultivares de arroz exhibieron diferencias altamente significativas ($p \leq 0,01$) para largo, relación L/A, peso de 100 granos, contenido de amilosa aparente, tiempo de cocción, REV, RAA y todas las variables amilográficas, a excepción de la viscosidad media y temperatura de empaste que no permitieron establecer diferencias ($p > 0,05$); y resultaron diferentes ($p \leq 0,01$) para todos los atributos sensoriales evaluados.

El cultivar MD248 presentó los mayores valores para largo de grano (7,07 mm), relación L/A (3,43), peso de 100 granos (2,20 g) contenido de amilosa aparente (19,14 %), y menores valores para tiempo de cocción (22,90 min), REV (3,07), RAA (1,55), viscosidad pico (159,61 RVU), media (130,10 RVU, $p > 0,05$) y 'breakdown' (29,51 RVU).

El perfil descriptivo de MD248 fue comparable al cultivar de buena calidad culinaria (D-Sativa) y se diferenció ampliamente del cultivar de baja calidad (D-Primera), especialmente en el atributo adhesividad entre los granos; mientras que en el perfil preferencial alcanzó un mayor valor para el atributo adhesividad.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a los Doctores Orangel Borges y Eduardo Graterol por los aportes realizados en la presente investigación. Por otra parte agradecen a los miembros del panel de evaluación sensorial de arroz de la Fundación DANAC.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AACC. 2000. American Association of Cereal Chemists. Approved Methods. (11th. ed.). Determination of the pasting properties of rice with the Rapid Visco Analyser. Method 61-02.01. Saint Paul, MN, USA.
- Acevedo, Marco; Álvarez, Rosa; Torres, Orlando; Castrillo, Willian; Moreno, Orlando; Torrealba, Gelis; Reyes, Edicta; Navas, María; Delgado, Nelly; Salazar, Margelys y Torres, Edgar. 2004. Venezuela 21: nueva variedad de arroz de riego. *Agronomía Tropical*. 54(2):233-242.
- Amerine, Maynard A.; Pangborn, Rose Marie and Roessler, Edward B. 1965. Principles of sensory evaluation of foods. New York, NY, USA: Academic.Press, Inc.

- Arnao, Erika; Labrín, Natalia; Ávila, Manuel; Sanz, Sarahys; Jayaro, Yorman; Graterol, Eduardo y Galindo-Castro, Iván. 2012. Validación de un marcador microsatélite asociado al gen *waxy* para la evaluación del contenido de amilosa en accesiones de un banco de germoplasma venezolano. *Interciencia*. 37(9):684-688.
- Ávila, Manuel. 2001. Evaluación de la calidad culinaria del arroz: una herramienta para el mejoramiento genético. *Boletín Informativo DANAC*. 7(1):1-2.
- Ávila, Manuel; Ávila, José; Hernández, Helis; Verde, Omar; Romero, Marbella y Alejos, Yenny. 2013. Evaluación de la precisión de dos laboratorios venezolanos para la determinación de amilosa aparente en arroz (*Oryza sativa* L.) pulido. *Revista Venezolana de Ciencia y Tecnología de Alimentos*. 4(1):024-031.
- Ávila, Manuel; Graterol, Eduardo; Alezones, Jesús; Criollo, Beisy; Castillo, Dámaso; Kuri, Victoria; Oviedo, Norman; Moquete, César; Romero, Marbella; Hanley, Zaida y Taylor; Margie. 2012. Concordancia entre analistas de laboratorios de Latinoamérica para la determinación de la apariencia de grano de arroz pulido mediante el uso de imágenes digitales. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*. 62(2):179-184.
- Batcher, O.M.; Helmintoller K.F. and Dawson, E.H. 1956. Development and application of methods for evaluating cooking and eating quality of rice. *Rice Journal*. 59(13):4-8.
- Bhattacharya, K.R. and Sowbhagya, C.M. 1971. Water uptake by rice during cooking. *Cereal Science Today*. 16:420-424.
- Batey, I.L. 2007. Interpretation of RVA curves. In *The RVA handbook*. (pp. 19-30). Saint Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists, Inc. (AACC).
- Bergman, C.J.; Bhattacharya, K.R. and Ohtsubo, K. 2004. Rice end-Use quality analysis. In: *Rice chemistry and technology* (3rd. ed.). (pp. 414-472). Saint Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists, Inc. (AACC).
- Calanche-Morales, Juan B. 2009. Influencias culturales en el régimen alimentario del venezolano. *Anales Venezolanos de Nutrición*. 22(1):32-40.
- Castillo-Niño, Álvaro. 2007. *Molinería de arroz*. Tomo II. Colombia: EDIAGRO Ltda. 308 p.
- Castillo-Niño, Álvaro y Gaviria-Londoño, Jaime. 2000. *Molinería de arroz en los trópicos*. Colombia: EDIAGRO Ltda. 268 p.
- Champagne, E.T.; Bett-Garber, K.L.; McClung, A.M. and Bergman, C. 2004. Sensory characteristics of diverse rice cultivars as influenced by genetic and environmental factors. *Cereal Chemistry*. 81(2):237-243.
- Chang, Te Tzu and Bardenas, Eliseo A. 1965. The morphology and varietal characteristics of the rice plant. *Technical Bulletin 4*. Los Baños, Laguna, The Philippines: The International Rice Research Institute.
- COVENIN. 1986. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Arroz blanco para uso industrial. Norma Venezolana COVENIN 2384-86. Caracas, Venezuela: FONDONORMA.
- COVENIN 1990. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Arroz paddy (1ra. Revisión). Norma Venezolana COVENIN 44-90. Caracas, Venezuela: FONDONORMA.
- Fitzgerald, Melissa A.; Bergman, Christine J.; Resurreccion, Adoracion P.; Möller, Jürgen; Jimenez, Rosario; Reinke, Russell F.; Martin, Margrit; Blanco, Pedro *et al.* 2009. Addressing the dilemmas of measuring amylose in rice. *Cereal Chemistry*. 86(5):492-498.

- Fitzgerald, Melissa. 2004. Starch. In Rice: chemistry and technology. (3rd. ed.). (pp. 109-142). Saint Paul, MN, USA: American Association of Cereal Chemists, Inc. (AACC).
- Fundación DANAC. 2014. Fundación Danac demuestra potencial de la variedad de arroz MD248. Conexión Danac (Boletín Informativo de Fundación para la Investigación Agrícola Danac). Edición N° 17. 2 p.
- INN. 2010. Instituto Nacional de Nutrición. Hoja de balance de alimentos 2010. <http://www.inn.gob.ve/pdf/sisvan/hba2010.pdf>
- Jagannadha-Rao, P.V.K. and Murty, P.S.S. 1997. Physical and milling characters of popular Maruteru rice varieties. *International Rice Research Notes*. 22(1):22-23.
- Jimenez, Rosario; Anacleto, Roslen; Resurreccion, Adoracion P. and Fitzgerald, Melissa A. 2012. Issue of adopting the new amylose method. *International Network for Quality Rice - International Rice Research Institute, Grain Quality and Nutrition Center*. <http://inqr.groupsie.com/main/summary>
- Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Science Today*. 16:334-360.
- Juliano, B.O. 1973. Recent developments in rice grain research. In *Reports of 7th Working and Discussion Meetings*. (pp. 57-63). International Association of Cereal Chemists. 1972. Vienna.
- Juliano, B.O.; Oñate, L.U. and Del Mundo, A.M. 1965. Relation of starch composition, protein content and gelatinization temperature to cooking and eating qualities of milled rice. *Food Technology*. 19:1006-1011.
- Juliano, Bienvenido O; Nazareno, Myrna B. and Ramos, Natividad. 1969. Properties of waxy and isogenic nonwaxy rices differing in starch gelatinization temperature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 17(6):1364-1369.
- Lyon, Brenda G.; Champagne, Elaine T. Vinyard, Bryan T. and Windham, William R. 2000. Sensory and instrumental relationships of texture of cooked rice from selected cultivars and postharvest handling practices. *Cereal Chemistry*. 77(1):64-69.
- Lyon, Brenda G.; Champagne, Elaine T.; Vinyard, Bryan T.; Windham, William R.; Barton II, Franklin E.; Webb, Bill D.; McClung, Anna M.; Moldenhauer, Karen A.; Linscombe, Steve; McKenzie, Kent S. and Kohlwey, David E. 1999. Effects of degree of milling, drying condition, and final moisture content on sensory texture of cooked rice. *Cereal Chemistry*. 76(1):56-62.
- Martínez, César; Cuevas, Federico y Medina, Luz María. 1989. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. (3era. ed.). Cali, Colombia: Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 73 p.
- Meullenet, Jean Francois; Marks, Bradley P.; Hankins, Jean Ann; Griffin, Virginia K. and Daniels, Melissa J. 2000. Sensory quality of cooked long-grain rice as affected by rough rice moisture content, storage temperature, and storage duration. *Cereal Chemistry*. 77(2):259-263.
- Montoya, María; Rodríguez, Nohelia; Pérez-Almeida, Iris; Cova, Jenny y Alemán, Luis. 2007. Caracterización morfológica de 13 variedades de arroz venezolanas. *Agronomía Tropical*. 57(4):299-311.
- NS. 1998. Newport Scientific. Applications manual for the Rapid Visco Analyser. Australia: Newport Scientific Pty. Ltd. 123 p.
- Ortiz-D. Aída. 2000. Efecto de algunos ecotipos de arroz rojo sobre el rendimiento en molino y transparencia de los cultivares de arroz FONAIAP 1,

- Cimarrón y ZETA-15. *Agronomía Tropical*. 50(4):633-643.
- Ortiz-Domínguez, Aída y Ojeda-Muñoz, Marjorien. 2006. Evaluación de la calidad molinera y dimensiones de los granos de dos variedades de arroz y sus varietales de arroz maleza. *Agronomía Tropical*. 56(3):345-368.
- Park, Jung Kwang; Kim, Sang Sook and Kim, Kwang Ok. 2001. Effect of milling ratio on sensory properties of cooked rice and on physicochemical properties of milled and cooked rice. *Cereal Chemistry*. 78(2):151-156.
- Perdon, A.A; Marks, B.P.; Siebenmorgen, T.J. and Reid, N.B. 1997. Effects of rough rice storage conditions on the amylograph and cooking properties of medium-grain rice cv. Bengal. *Cereal Chemistry*. 74(6):864-867.
- Pérez-Franco, Carolina. 2011. Efecto de las condiciones de almacenamiento sobre la calidad de dos cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) cultivadas en el Estado Yaracuy. Trabajo Especial de grado. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela, Venezuela. 112 p.
- Pérez-Almeida, Iris y Montoya-Aramburu, María A. 2009. Calidad del grano y variabilidad genética de variedades y líneas de arroz del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA). *Agronomía Tropical*. 59(4):445-456.
- Ruiz, Fresther. 2002. Efectos del genotipo y tiempo de almacenamiento sobre la calidad culinaria de variedades comerciales de arroz (*Oryza sativa* L.). Tesis de grado. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Venezuela. 78 p.
- Sanjiva-Rao, B.; Vasudeva-Murthy, A.R. and Subrahmanya, R.S. 1952. The amylose and amylopectin contents of rice and their influence on the cooking quality of the cereal. *Proceedings of the Indian Academy of Sciences - Section B*. 36(2):70-80.
- USDA. 1994. United States Department of Agriculture. Rice inspection handbook. Chapter 3, 4, 5 (last update: 06-19-2014). Federal Grain Inspection Service/Grain Inspection, Packers and Stockyards Administration, Washington, D. C., USA.