



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

CARACTERIZACIÓN DE ARROCES CON CRIANZA EN BODEGA

MÁSTER EN GESTIÓN DE LA CALIDAD Y LA
SEGURIDAD ALIMENTARIA

Alumna: María Maroto Luján

Tutor académico: María Jesús Pagán Moreno

Tutor experimental: Javier Martínez Monzó

CARACTERIZACIÓN DE ARROCES CON CRIANZA EN BODEGA.

María Maroto Luján¹, María Jesús Pagán Moreno², Javier Martínez Monzó²

RESUMEN

En el presente trabajo, el objetivo será llevar a cabo los ensayos necesarios para tratar de determinar cómo influye la conservación en bodega a las características organolépticas del arroz y sus propiedades gastronómicas para lo que se utilizaron 4 variedades de arroz: variedad Bomba, variedad Bahía, variedad Balilla x Sollana y variedad Bombón. Cada una de ellas con orígenes distintos y de los años comprendidos entre 2006 y 2015. Se harán ensayos texturales de compresión tras la cocción y también se realizará un análisis de la ganancia de peso de las diferentes muestras analizadas. Por otro lado se analizarán las propiedades térmicas que ocurren durante el proceso de gelatinización del almidón mediante la técnica de Calorimetría diferencial de barrido (DSC: *Differential Scanning Calorimetry*).

PALABRAS CLAVE: Arroz de bodega, textura, almidón, DSC.

RESUM

En el present treball, l'objectiu serà dur a terme els assajos necessaris per tractar de determinar com influeix la conservació en celler a les característiques organolèptiques de l'arròs i les seves propietats gastronòmiques pel que es van utilitzar 4 varietats d'arròs: varietat Bomba, varietat Bahía, varietat Balilla x Sollana i varietat Bombón. Cadascuna d'elles amb orígens diferents i dels anys compresos entre 2006 i 2015. Es faran assajos texturals de compressió després de la cocció i també es realitzarà una anàlisi del guany de pes de les diferents mostres analitzades. D'altra banda s'analitzaran les propietats tèrmiques que ocorren durant el procés de gelatinización del midó mitjançant la tècnica de Calorimetria diferencial d'escombratge (DSC: *Differential Scanning Calorimetry*).

PARAULES CLAU: Arròs de celler, textura, midó, DSC.

¹ Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural

² Grupo CUINA, Dto. Tecnología de Alimentos Universidad Politécnica de Valencia. Camino de Vera, s/n 46022. Valencia. España.

ABSTRACT

In this thesis, the aim will be to achieve the necessary tests to try to determine the influence of conservation in cellar to organoleptic characteristics of rice and its gastronomic properties, for this four varieties of rice were used: variety Bomba, variety Bahía, variety Balalla x Sollana and variety Bombón each one with different origins and the years 2006 and 2015. Textural analysis compression will be made after cooking and also an analysis of the weight gain of the different samples analyzed. On the other hand, the thermal properties that happen during the process of gelatinization of starch by the technique of Differential Scanning Calorimetry (DSC) will be analyzed.

KEYWORDS: Cellar rice, texture, starch, DSC.

1. INTRODUCCIÓN

El arroz cuya semilla es de la planta *Oryza sativa*, es el segundo cereal más producido en el mundo y el más importante en la alimentación humana ya que ofrece un aporte calórico a la dieta de forma efectiva. La mayor parte se consume como arroz cocido (Zhou et al., 2002). Muchas hectáreas son dedicadas al cultivo de arroz en el mundo.

La mayor parte de los arroces van a pulirse para quitarles la cubierta, eliminando aceites y enzimas del arroz, obteniéndose un grano que será estable durante meses.

Existen unas diez mil variedades de arroz. La variedad Índica se suele cultivar en los trópicos, y la Japónica (dentro de la que se encuentran nuestras variedades a estudiar), se encuentra tanto en los trópicos como en zonas con un clima templado y destaca por su elevado contenido en almidón de tipo amilosa. Cuanta más amilosa contenga un grano de arroz, más temperatura, agua y tiempo requerirá para su cocción por regla general.

Durante el almacenamiento, van a ocurrir una serie de cambios en la propiedades fisicoquímicas y de cocción del arroz que se denomina envejecimiento (Zhou et al., 2002). Conocer los mecanismos de envejecimiento del arroz podría proporcionar una información valiosa para las industrias y así correlacionar las condiciones de envejecimiento con las funcionalidades de procesamiento de diferentes variedades de arroz.

Se ha comprobado que el almacenamiento hermético del arroz podría ser uno de los métodos más eficientes para mantener tanto la calidad del arroz como el control de insectos durante el almacenaje (Guenha et al., 2014). Aunque no hubo diferencias significativas en el contenido de almidón, los restos de pared celular, proteínas y lípidos; el envejecimiento causó un cambio en los componentes de agrupaciones químicas (Zhou et al., 2002). Por ejemplo, la cantidad de proteínas de almacenamiento disminuyó en arroz

envejecido (Zhou et al., 2003). En estudios con lípidos se observó que no había diferencias entre el arroz fresco y el envejecido (Zhou et al., 2003). Los estudios también demostraron que las interacciones entre macro y microcomponentes del arroz durante el almacenamiento, jugarían un papel clave en cambios fisicoquímicos y propiedades de cocción del arroz.

El arroz posee grandes cantidades de almidón. En arroces de grano largo contiene un 20% de amilosa y arroces de grano corto un 15% de amilosa, mientras que el arroz pegajoso no tiene prácticamente amilosa. Se cree que el cambio en el contenido de almidón del arroz puede ser mínimo durante el envejecimiento del arroz. En varios estudios se observó un ligero aumento de la reducción de contenido de azúcar en arroz almacenado, lo que indica que la degradación enzimática de almidón puede ocurrir durante el almacenamiento (Cao et al., 2004).

Las propiedades tecnológicas del almidón son la solubilidad, capacidad para retener agua, capacidad para hincharse, digestibilidad enzimática, viscosidad, estabilidad del gel, resistencia al corte, formación de película y capacidad de emulsionarse.

Durante la cocción del arroz, el almidón sufrirá variaciones en su estructura pasando por tres fases: gelatinización, gelificación y retrogradación que van a provocar que los granos se hinchen, se hidraten, se fusionen y se produzca una ruptura de los gránulos de almidón (figura 1).

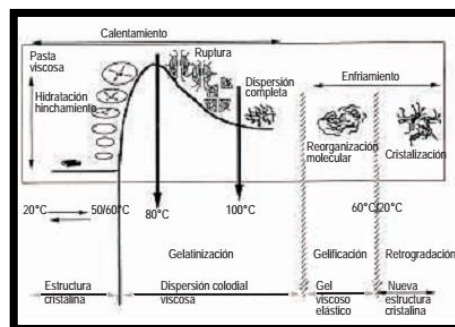


FIGURA 1. Cambios en el gránulo de almidón durante la cocción (Fuente: Lopez, 1994).

Las características de cocción y las propiedades reológicas son determinadas en gran parte por características de hinchamiento, gelatinización y retrodegradación del almidón (Kong et al., 2015; Zhou et al., 2002).

El estudio de la cinética de gelatinización demostró que un aumento en la temperatura de almacenamiento da como resultado un aumento en la temperatura del punto de ruptura para el arroz envejecido. El punto de ruptura divide el proceso de gelatinización en dos regiones: la región amorfa y la región cristalina (Ojeda et al., 2000; Zhou et al., 2010).

La observación más interesante para estudios de interacciones entre almidón y componentes no amiláceos es el efecto que tiene el tratamiento con proteasas en las propiedades del arroz. Tras el tratamiento con proteasa, la

absorción de agua mejoró y la gelatinización de almidón se produjo a una temperatura más baja en comparación con arroces envejecidos sin tratar.

Estudios actuales indican que los cambios en lípidos del arroz serían responsables del cambio de perfil aromático tras almacenamiento y los cambios en las proteínas y en la estructura de la pared celular contribuirían a cambios fisicoquímicos y en las propiedades culinarias del arroz durante el almacenamiento.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Objetivo general

El objetivo del presente Trabajo Fin de Máster fue caracterizar arroces conservados en bodega, de las variedades Bahía, Bomba, Balilla x Sollana y Bombón y así poder determinar cómo influye dicha conservación a sus características organolépticas y sus propiedades gastronómicas.

2.2. Objetivos específicos

- Determinación de la variación de peso.
- Determinación de propiedades texturales para conocer la dureza, adhesividad, trabajo de compresión y el área de adherencia.
- Determinación de propiedades térmicas mediante Calorimetría Diferencial de Barrido.

2.3. Materiales

Las muestras de las variedades descritas a continuación fueron proporcionadas por el IVIA. Dicho instituto mantenía dos tipos de condiciones. Por un lado muestras de arroz Bahía almacenado en espiga, sin limpiar ni pulir, a temperatura ambiente (~25 °C) de los años 2006 a 2014. Y por otro, muestras de arroz de las variedades Bomba, Balilla x Sollana y Bombón, almacenadas a temperatura de 18 °C.

Todas las muestras de arroz evaluadas en el presente estudio corresponden a la variedad japónica. Generalmente se cultiva en tierras altas del trópico y en climas templados, en España es un cultivo importante en la Comunidad Valenciana además de Murcia, Cataluña, Extremadura, Andalucía y valle del Ebro. Las variedades japónicas (entre las que estudiaremos Bahía, Bomba, Balilla x Sollana y Bombón) producen un grano más corto y grueso, y más pegajoso, con menos almidón de tipo amilosa. Su contenido en amilosa varía entre el 15-17%, y tras la cocción queda un grano más blando y algo pegajoso.

2.3.1. Variedad Bahía

Es la variedad de arroz más cultivada de España. Es una planta de altura media, de 100-110 cm. La duración del ciclo es de entre 150 y 155 días y su productividad media es de 7.500-8.000 kg/hectárea. La resistencia al desgrane es alta mientras que al volcado es baja. El peso de 1000 granos de arroz es de 35 gramos. La espiga es de forma semiabierta.

Con la variedad Bahía se puede hacer cualquier receta tradicional de arroz. Esta variedad de arroz está amparada por la Denominación de Origen Arroz de Valencia y Delta del Ebro

En cuanto a las recomendaciones gastronómicas de esta variedad: Absorben muy bien los sabores y son adecuadas para arroces caldosos y melosos y también para arroces secos. Requieren una cocción y tratamiento posteriores muy cuidados para que no se “pasen”.

2.3.2. Variedad Bomba

El arroz Bomba es de tipo Japónica, un grano corto (5,2mm) y redondeado, que tiende a alargarse durante la cocción. Es característico de la cuenca mediterránea, donde se concentra la mayor parte de su producción, aunque podemos encontrar plantaciones en lugares tan dispares como Sevilla, Badajoz, Murcia y Albacete entre otras.

Se trata de un grano que absorbe muy bien el líquido, hasta el punto de llegar a duplicar su volumen. Así, retiene los sabores del caldo de forma similar a otras variedades como Senia o Bahía, con la ventaja de que, a diferencia de éstas, una vez superado el tiempo de cocción no se rompe, sino que se abomba y se arruga un poco. Esta peculiaridad le permite guardar el almidón, con lo que siempre sale suelto, sin apelmazarse.

2.3.3. Variedad Balilla x Sollana

Procede de la hibridación artificial entre la variedad italiana Balilla y la española Sollana. Se logró en la Estación Arrocería de Sueca en el año 1948. Las plantas tienen una altura entre 105-115 cm, arraiga y tolera muy bien los años fríos. El ahijamiento es medio. Es resistente al desgranado y tiene una productividad buena a media.

Dada su altura es resistente a la podredumbre basal del tallo.

Entre los consumidores está considerado un arroz de calidad. Esta variedad de arroz está amparada por la Denominación de Origen Protegida Calasparra.

Gastronómicamente: En la cocción necesita 3,5 partes de caldo por cada parte de arroz. Por lo que tiene una gran capacidad de adsorción y una gran resistencia a empastarse con otros granos de arroz. Muy adecuado para la elaboración de arroces caldosos y secos, elaborados en paellas o en calderos.

2.3.4. Variedad Bombón

Desde el año 2000 existe en el marjal de Pego un proyecto de recuperación de esta variedad de grano corto.

2.4. Métodos

Los métodos utilizados para el estudio fueron concretamente la determinación de ganancia de peso, una prueba para determinar las propiedades texturales y una prueba para determinar las propiedades térmicas.

- PROCEDIMIENTO DE COCCIÓN

Se han realizado pruebas de cocción de muestras de las cuales se tenía cantidad suficiente.

La cocción de las muestras se realizó con 450 mL de agua mineral en un cazo abierto mediante calentamiento por inducción. Una vez alcanzado el punto de ebullición se introdujeron 150 g de arroz por experiencia. El tiempo de cocción se estandarizó a 15 min, transcurrido ese tiempo se retiró el arroz y se dejó escurrir durante 5 min. Después del período de enfriamiento las muestras se pesaron.

Tras la cocción de las muestras se realizaron las determinaciones de variación de peso y propiedades texturales.

- DETERMINACIÓN DE LA VARIACIÓN DE PESO

Los diferentes ensayos de variación de peso se realizaron con una balanza Mettler Toledo modelo PB 303-S (Mettler Toledo GmbH, Greinfensee, Switzerland) con una sensibilidad de $\pm 0,02$ g.

Las muestras se pesaron antes (P_0) y después (P_f) de ser sometidas a cada tratamiento térmico para evaluar la variación de peso experimentada por las mismas (1).

$$\% \Delta M = \frac{(P_0 - P_f)}{P_0} \cdot 100 \quad (1)$$

donde:

P_0 = peso del arroz antes del tratamiento térmico

P_f = peso del arroz después del tratamiento térmico

- DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES TEXTURALES

Las propiedades texturales de las muestras de arroz cocido se caracterizaron mediante ensayos de compresión. Se empleó un texturómetro Stable Micro System modelo TA-TX2 (Texture Technologies Corp. Scarsdale, NY, USA). Se registraron los datos de tiempo, fuerza y distancia. Los ensayos se realizaron con una sonda de compresión de acero inoxidable de 75 mm de diámetro y con célula de carga de 50 kg. La velocidad de deformación fue de 0,5 mm/s y el porcentaje de deformación del 90%. Los ensayos se realizaron a temperatura ambiente (25° C). Las curvas fuerza-tiempo obtenidas fueron caracterizadas a través del parámetro fuerza máxima (N), adhesividad (N), trabajo de compresión (N·s) y área de adhesividad (N·s). Los ensayos se realizaron con 50 g de muestra (figura 2).

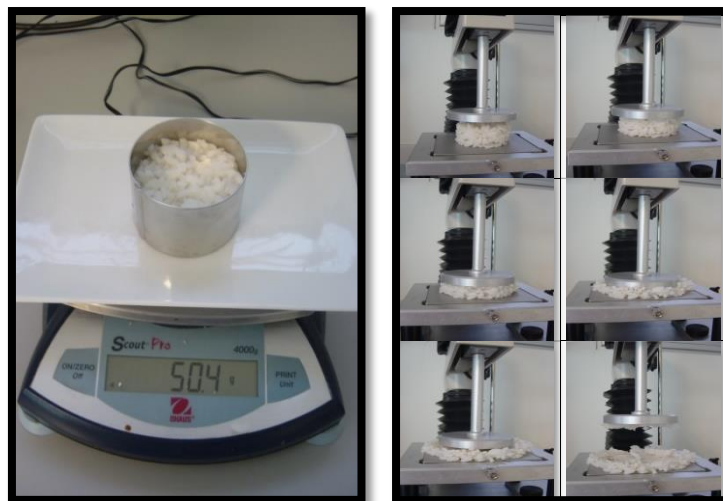


FIGURA 2. Preparación muestras y ensayo de compresión de arroz cocido

- DETERMINACIÓN DE PROPIEDADES TÉRMICAS

Para la preparación de las muestras, se trituraron 15 g de arroz en un molinillo de cuchillas (Mymocca, Lleida, España). Se prepararon mezclas en proporción 1:1 (harina de arroz:agua destilada p/p). Aproximadamente 20 mg de la mezcla arroz/agua se colocaron en cápsulas de aluminio para análisis de DSC (ref ME 26763 de 40 μ L). Las cápsulas se pesaron, sellaron y almacenaron a temperatura ambiente 24 h para conseguir el equilibrio. A las muestras se determinó la temperatura de gelatinización.

Los experimentos para la determinación de las propiedades térmicas, fueron realizados en un calorímetro DSC1 Star® System (Mettler Toledo,

Columbus, OH, EEUU) empleando un flujo de calor de 10 °C/min y un rango de temperaturas entre 25 y 120 °C. Los experimentos fueron realizados bajo una atmósfera de nitrógeno de 99,5 % de pureza y 40 mL/min de flujo de gas (figura 3).



FIGURA 3. Preparación para realizar el análisis DSC

Para procesar la información de los experimentos se utilizó el software Star[®] Default D8 v.12.00 (Mettler Toledo, Columbus, OH, EEUU). Las curvas DSC fueron normalizadas dividiendo el flujo de calor por el peso de las muestras secas y, de este modo, facilitar la comparación entre las muestras. La figura 4 muestra un termograma típico de gelificación del arroz.

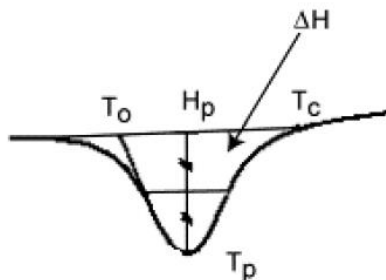


FIGURA 4. Termograma de gelificación del almidón.

- **ANÁLISIS ESTADÍSTICO**

El análisis estadístico se realizó mediante ANOVAs para evaluar la significación de los diferentes factores en estudio, utilizando el paquete estadístico Statgraphics Centurion XVI (Statistical Graphis Corp, Orkville, USA).

El nivel de significación considerado fue del 95%.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados ganancia de peso durante la cocción

En la tabla 2 se muestran los valores de ganancia de peso medio para las distintas muestras estudiadas en el primer lote recibido por el IVIA.

TABLA 2. Ganancia de peso (%) tras la cocción de las diferentes muestras.

Muestra (LOTE 1)	Ganancia media de peso (%) (SD)
BAHÍA-OLIVA 2013	175,5(5,7)
REDONDO BAHÍA ALMACERA 2013	172,7(4,8)
REDONDO BAHÍA PEGO NATMA 2014	173,3(0,8)
BOMBA PEGO 2013	170,6(2,6)
BOMBA-OLIVA 2014	173,6(4,7)
BOMBA-SILLA 2014	171,7(8)

Los valores de ganancia de peso durante el proceso de cocción oscilaron entre el 170,6(2,6) y 175,5(5,7) %. Los análisis estadísticos de estos valores mostraron que no existen diferencias estadísticamente significativas ($p \geq 0,05$) entre las muestras evaluadas con un nivel del 95,0% de confianza.

En la tabla 3 se muestran los valores de ganancia de peso medio para las distintas muestras estudiadas en el segundo lote recibido por el IVIA.

TABLA 3. Ganancia de peso (%) tras la cocción de las diferentes muestras.

Muestra (LOTE 2)	Ganancia media de peso (%) (SD)
BAHÍA 2015	172(4)
BALILLA X SOLLANA 2015	178(2)
BOMBÓN 2015	166,8(0,2)

Los valores de ganancia de peso durante el proceso de cocción oscilaron entre el 166,8(0,2) y 178(2) %. Los análisis estadísticos de estos valores mostraron que sí existen diferencias estadísticamente significativas ($p \geq 0,05$) entre las muestras evaluadas con un nivel del 95,0% de confianza.

Resaltar que el proceso de cocción no va a aumentar ni disminuir la composición química del arroz, pero juega un papel importante en la liberación de sus componentes. Algunos estudios (Vitti, 1966; Bassinello et al., 2004) demostraron que la absorción de agua está directamente relacionada con la proporción de amilosa/amilopectina del almidón.

3.2. Resultados de Propiedades Texturales

Tras los ensayos de compresión realizados se obtuvieron las curvas fuerza (N) tiempo (s). A partir de estas curvas se obtuvieron como parámetros característicos de las mismas el valor de la fuerza máxima de compresión (N), el valor de la adhesividad (N), el trabajo de compresión (N·s) y el área de adherencia (N·s). La fuerza máxima de compresión representa la resistencia máxima que opone la muestra a una deformación de su altura inicial de un 90% (condiciones del ensayo). La adherencia nos da una idea de lo pegajosas que son las muestras, mide la fuerza que hay que hacer para separar la célula de compresión del producto analizado. El trabajo de compresión se determina calculando el área encerrada por la curva (fuerza/tiempo) durante la etapa de compresión, es una medida del esfuerzo que hay que hacer para deformar la muestra. El área de adherencia mide de alguna manera el trabajo que hay que hacer para despegar la sonda del producto. Todas estas magnitudes dependen de las condiciones del ensayo: cantidad de muestra, velocidad de compresión y subida, tipo de sonda, etc. Por lo que variaciones en estas condiciones dan lugar a variaciones en los parámetros obtenidos.

En algunos trabajos (Zhou et al., 2004) se ha comprobado que el arroz envejecido muestra una mayor dureza ($P < 0,001$), menos adherencia ($P < 0,01$) y mayor cohesividad ($P < 0,05$) que el arroz fresco.

- FUERZA MÁXIMA DE COMPRESIÓN (DUREZA)

Aunque la textura es multidimensional, la dureza es un parámetro crítico, siendo el más importante y el más comúnmente medido (Meullenet et al., 1998). Los cambios en propiedades texturales en arroz envejecido se han relacionado con el contenido de proteína (Zhou et al., 2003) y en concreto con la oxidación de las proteínas de las capas más externas (Ohno y Ohisa, 2005)

En la Tabla 4 se muestran los valores de fuerza máxima de compresión (N) medios para las distintas muestras estudiadas.

TABLA 4. Fuerza máxima de compresión (g) tras la cocción de las diferentes muestras.

Muestra (LOTE 1)	Valores medios de fuerza máxima (g) (SD)
REDONDO BAHÍA ALMACERA 2013 DO	26290 (2515)
BAHIA OLIVA 2013	24500 (1587)
BAHIA NATMA 2014	24953 (1542)
BOMBA PEGO 2013	27327 (3273)
BOMBA SILLA 2014	27925 (2727)
BOMBA OLIVA 2014	26419 (2996)

Los valores de fuerza máxima durante el proceso de cocción para el primer lote oscilaron entre 24500 (1587) g y 27925 (2727) g. Los análisis estadísticos de estos valores mostraron que sí hay diferencias estadísticamente

significativas ($p \leq 0,05$) entre las diferentes muestras, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tal y como se puede ver en la figura 5, donde se representa la media y desviación estándar para los valores de fuerza máxima (dureza) de las muestras del lote 1, se observa que sí existen diferencias significativas entre las mismas para éste parámetro, teniendo la variedad Bahía una menor fuerza de compresión que la Bomba y no habiendo diferencias según el año.

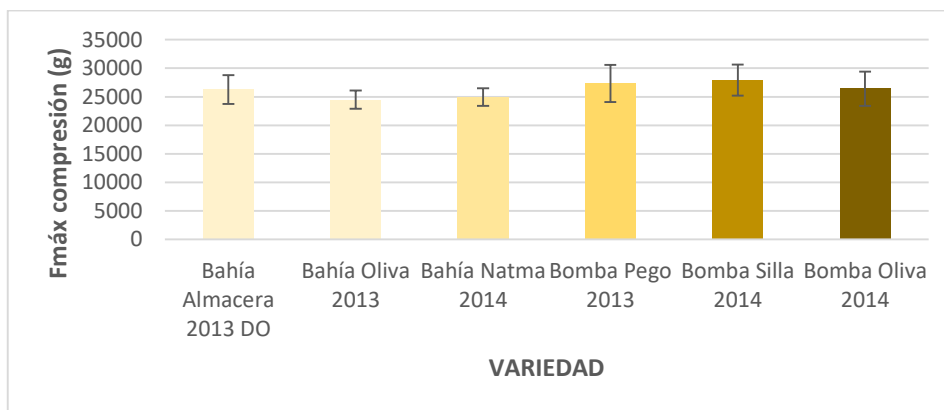


FIGURA 5. Valores medios y desviación estándar obtenida para los datos de fuerza máxima de compresión (g) para las diferentes variedades y año analizadas.

Los valores de fuerza máxima durante el proceso de cocción para el lote 2 oscilaron entre 24418(1600) g y 25692(1774) g como podemos observar en la tabla 5. Los análisis estadísticos de estos valores mostraron que no hay diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre las diferentes muestras, con un nivel del 95,0% de confianza.

TABLA 5. Valores de fuerza máxima (g) tras la cocción de las diferentes muestras.

Muestra (LOTE 2)	Valores medios de fuerza máxima (g) (SD)
BALILLA X SOLLANA 2015	25692(1774)
BOMBÓN 2015	24860(2028)
BAHÍA 2015	24418(1600)

Tal y como se puede ver en la figura 6, donde se representa la media y desviación estándar para los valores de fuerza máxima (dureza) de las muestras del segundo lote, se observa que no existen diferencias significativas entre las mismas para este parámetro.

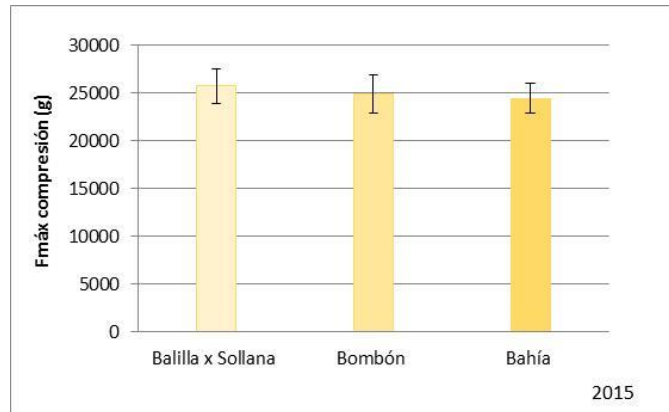


FIGURA 6. Valores medios y desviación estándar obtenida para los datos de fuerza máxima de compresión (g) para las diferentes variedades y año analizadas.

- **ADHESIVIDAD**

Uno de los índices más sensibles del proceso de envejecimiento en el arroz es el cambio en sus propiedades de adherencia (Perdon et al., 1999; Sowbhagya y Bhattacharya, 2001; Toyoshima et al., 1997).

Los cambios en la adherencia del arroz y las propiedades térmicas tras almacenamiento han sido estudiados (Likitwattanasade y Hongsprabhas, 2010; Villareal et al., 1976; Zhou et al., 2010) y los resultados obtenidos fueron que estos cambios dependían de la temperatura de almacenamiento y la duración.

En la tabla 6 se muestran los valores de adhesividad (g) medios para las distintas muestras estudiadas en el lote 1.

TABLA 6. Valores de adhesividad (g) tras la cocción de las diferentes muestras.

Muestra (LOTE 1)	Valores medios de adhesividad (g) (SD)
REDONDO BAHÍA ALMACERA 2013 DO	-7274 (1120)
BAHIA OLIVA 2013	-6337 (2067)
BAHIA NATMA 2014	-4034 (815)
BOMBA PEGO 2013	-1285 (256)
BOMBA SILLA 2014	-1472(200)
BOMBA OLIVA 2014	-2319 (442)

Los valores de adhesividad durante el proceso de cocción oscilaron entre -1285(256) g y -7274(1120) g. Los análisis estadísticos de estos valores

mostraron que sí hay diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre las diferentes variedades de arroz, con un nivel del 95,0% de confianza.

Tal y como se puede ver en la figura 7, donde se representa la media y la desviación estándar para los valores de adherencia de las muestras se observa que sí existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las mismas. Las diferentes variedades presentan un comportamiento significativamente diferente en cuanto a la adherencia, siendo mayor en la variedad Bomba. También hemos encontrado diferencias según el año, siendo la adherencia mayor en arroces de 2014.

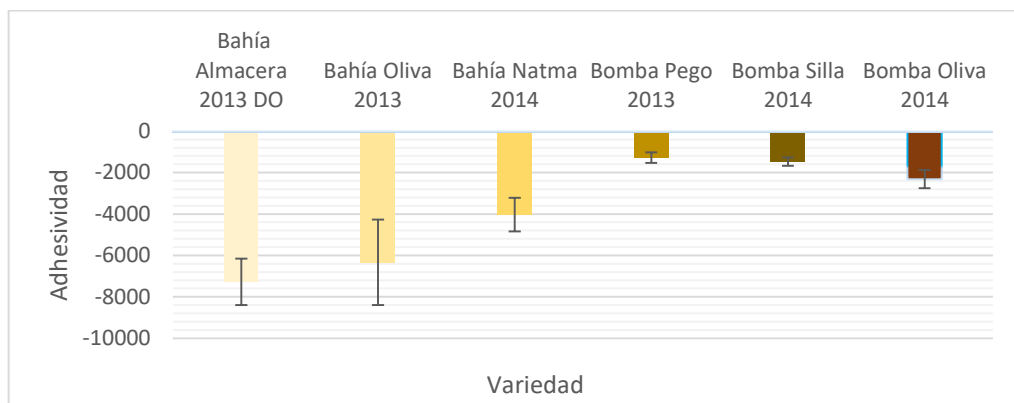


FIGURA 7. Valores medios y desviación estándar obtenida para la adherencia de las diferentes variedades con el ensayo de compresión.

Los valores de adhesividad durante el proceso de cocción (LOTE 2) oscilaron entre -4103(962) (g) y -7977(1100) (g) (tabla 7). Los análisis estadísticos de estos valores mostraron que hay diferencias estadísticamente significativas ($p \leq 0.05$) entre las diferentes variedades de arroz redondo, con un nivel del 95,0% de confianza.

TABLA 7. Valores de adhesividad (g) tras la cocción de las diferentes muestras.

Muestra (LOTE 2)	Valores medios de adhesividad (g) (SD)
BALILLA X SOLLANA 2015	-4103(962)
BOMBÓN 2015	-5549(588)
BAHÍA 2015	-7600(1462)

Tal y como se puede ver en la figura 8, donde se representa la media y la desviación estándar para los valores de adherencia de las muestras se observa que sí existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las mismas. Las diferentes variedades presentan un comportamiento significativamente diferente en cuanto a la adherencia.

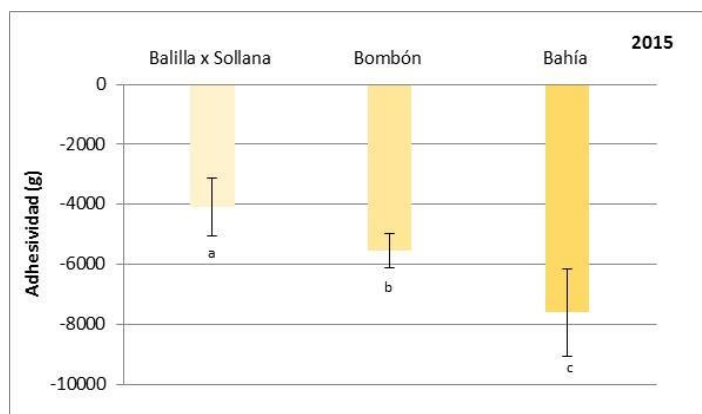


FIGURA 8. Valores medios y desviación estándar obtenida para la adherencia de las diferentes variedades con el ensayo de compresión.

- TRABAJO DE COMPRESIÓN

En la Tabla 8 se muestran los valores de trabajo de compresión (g·s) medios para las distintas muestras estudiadas.

TABLA 8. Valores de trabajo de compresión (g·s) tras la cocción de las diferentes muestras.

Muestra (LOTE 1)	Valores medios de trabajo de compresión (g·s) (SD)
REDONDO BAHÍA ALMACERA 2013 DO	216922 (25097)
BAHIA OLIVA 2013	207856 (19023)
BAHIA NATMA 2014	199327 (17567)
BOMBA PEGO 2013	182050 (39407)
BOMBA SILLA 2014	207007(27434)
BOMBA OLIVA 2014	203266 (27492)

Los valores de trabajo de compresión durante el proceso de cocción oscilaron entre 182050 (39407) (g·s) y 216922 (25097) (g·s). Los análisis estadísticos de estos valores mostraron que sí hay diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes variedades, con un nivel del 95,0% de confianza.

Como se puede ver en la figura 9, donde se representa la media y la desviación estándar para los valores del trabajo de compresión de las muestras se observa que no existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las mismas. Se vio en los resultados estadísticos que había diferencias en el año 2013 siendo mayor el trabajo de compresión en la variedad Bahía, pero estas diferencias no eran significativas en el año 2014.

En la variedad Bahía, el trabajo de compresión era mayor en el año 2013 mientras que en la Bomba el trabajo de compresión era mayor en 2014.

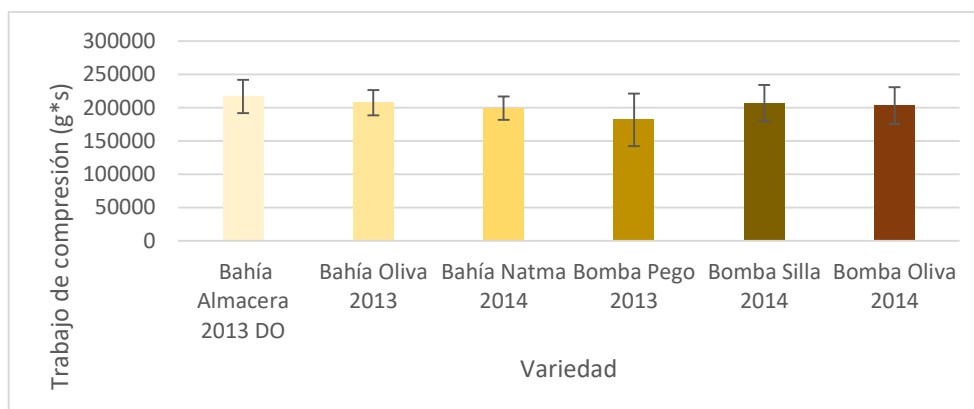


FIGURA 9. Valores medios y desviación estándar obtenida para el trabajo de compresión para las diferentes variedades analizadas.

Los valores de trabajo de compresión durante el proceso de cocción (LOTE 2) oscilaron entre 183659(20079) (g·s) y 196965(18654) (g·s). Los análisis estadísticos de estos valores mostraron que no hay diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes variedades, con un nivel del 95,0% de confianza (Tabla 9).

TABLA 9. Valores de trabajo de compresión (g·s) tras la cocción de las diferentes muestras.

Muestra (LOTE 2)	Valores medios de trabajo de compresión (g·s) (SD)
BALILLA X SOLLANA 2015	196965(18654)
BOMBÓN 2015	183659(20079)
BAHÍA 2015	195405(18962)

Tal y como se puede ver en la figura 10, donde se representa la media y la desviación estándar para los valores del trabajo de compresión de las muestras (lote 2), se observa que no existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las mismas.

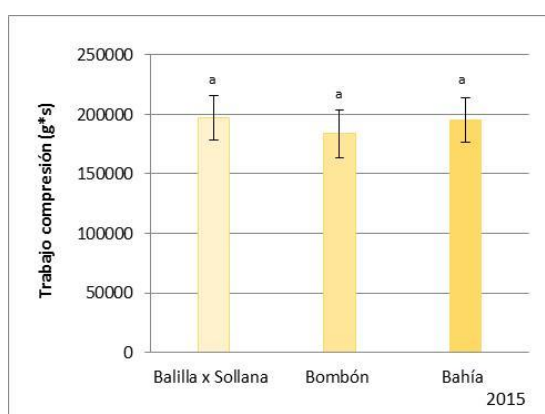


FIGURA 10. Valores medios y desviación estándar obtenida para el trabajo de compresión para las diferentes variedades analizadas.

- **ÁREA DE ADHERENCIA**

En la Tabla 10 se muestran los valores del área de adherencia (g·s) medios para las distintas muestras estudiadas.

TABLA 10. Valores de área de adherencia (g·s) tras la cocción de las diferentes muestras.

Muestra (LOTE 1)	Valores medios de área de adherencia (g·s) (SD)
REDONDO BAHÍA ALMACERA 2013 DO	-1902 (520)
BAHIA OLIVA 2013	-1805 (525)
BAHIA NATMA 2014	-1449 (154)
BOMBA PEGO 2013	-538 (98)
BOMBA SILLA 2014	-587(144)
BOMBA OLIVA 2014	-912 (101)

Los valores de área de adherencia durante el proceso de cocción oscilaron entre -538(98) (g·s) y -1902(520) (g·s). Los análisis estadísticos de estos valores mostraron que sí hay diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes muestras, con un nivel del 95,0% de confianza.

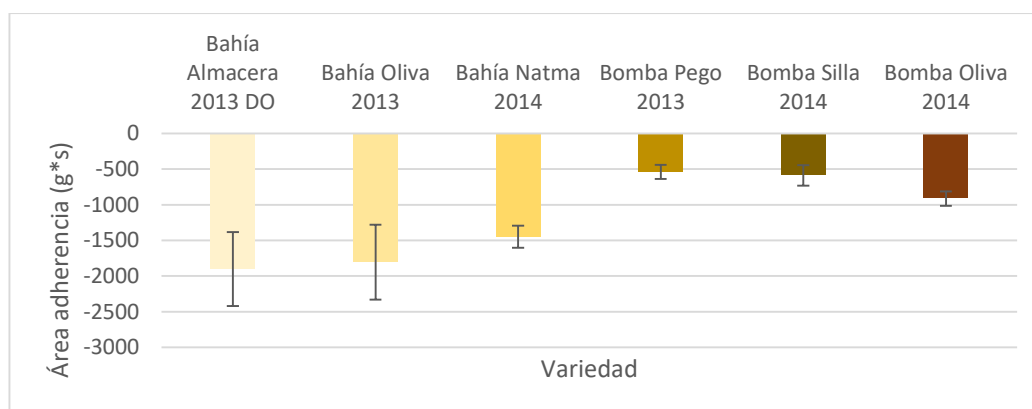


FIGURA 11. Valores medios y desviación estándar obtenida para el área de adherencia.

Tal y como se puede ver en la figura 11, donde se representa la media y la desviación estándar para los valores del área de adherencia de las muestras, se observa que existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$). El área de adherencia es mayor para la variedad Bomba. Los arroces de 2014 presentaron una mayor adherencia con respecto a 2013.

El área de adherencia en arroces de la variedad Bahía era mayor en el año 2014. En cambio, arroces Bomba tenían una mayor área de adherencia en el año 2013.

Los valores de área de adherencia durante el proceso de cocción oscilaron entre -1535(224) (g·s) y -2545(389) (g·s) como se puede ver en la tabla 11. Los análisis estadísticos de estos valores mostraron que hay diferencias estadísticamente significativas entre las diferentes muestras, con un nivel del 95,0% de confianza.

TABLA 11. Valores de área de adherencia (g·s) tras la cocción de las diferentes muestras.

Muestra (LOTE 2)	Área de adherencia (g·s) (SD)
Balilla x Sollana 2015	-1535(224)
Bombón 2015	-1883(254)
Bahía 2015	-2545(389)

Tal y como se puede ver en la figura 12, donde se representa la media y la desviación estándar para los valores del área de adherencia de las muestras del lote 2, se observa que existen diferencias significativas ($p \leq 0,05$).

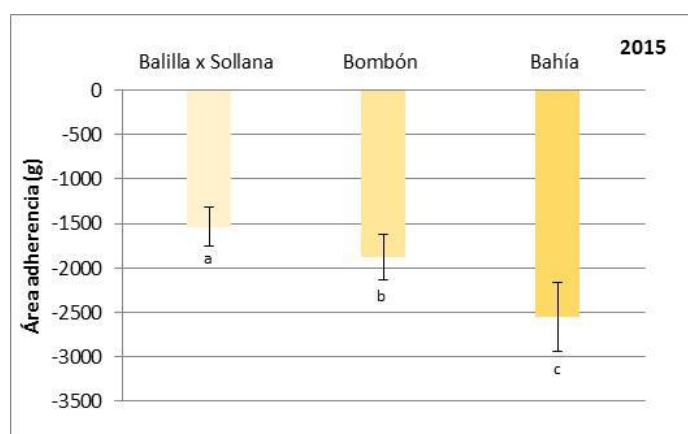


FIGURA 12. Valores medios y desviación estándar obtenida para el área de adherencia.

3.3. Resultados Propiedades Térmicas

Los valores de temperatura de inicio (T_o), temperatura pico (T_p), temperatura final (T_c) y entalpía de gelatinización (ΔH) para las variedades estudiadas se muestran en la Tabla 2. La temperatura T_o más alta para la serie anual de muestras de Bahía almacenadas a temperatura ambiente la registró la muestra del 2012 con el valor de $71,4^\circ\text{C}$. Los valores promedio de T_o para estos almidones del arroz Bahía almacenado a temperatura ambiente son más altos a los estudiados por Noosuk et al., 2003, los cuales determinaron valores de temperatura de inicio para variedades de arroz de grano largo en $62,68^\circ\text{C}$. En el lote de variedades almacenadas a 18°C , para los tres años estudiados, la variedad que presenta una T_o de la gelificación mayor es la Balilla x Sollana cuyo valor es de $70,0^\circ\text{C}$.

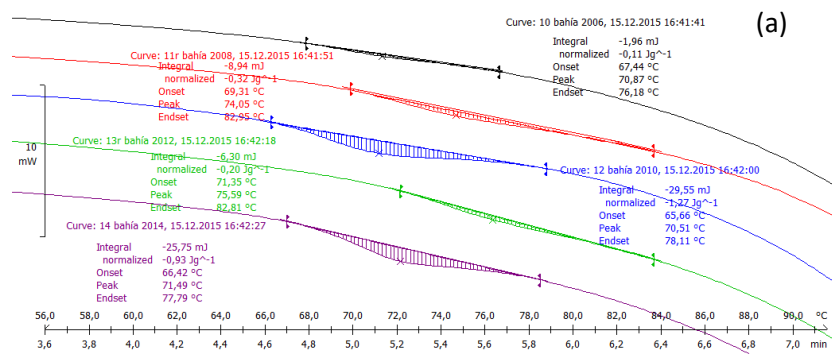
TABLA 12. Valores promedio para propiedades térmicas.

Variedad/año	T^a bodega ($^\circ\text{C}$)	T_o ($^\circ\text{C}$)	T_p ($^\circ\text{C}$)	T_c ($^\circ\text{C}$)	Entalpía normalizada (J/g)
Bahía/2006	ambiente	67,4	70,9	76,2	0,65
Bahía/2008	ambiente	69,3	74,1	83,0	0,74
Bahía/2010	ambiente	65,7	70,5	78,1	5,06

Bahía/2012	ambiente	71,4	75,6	82,8	0,48
Bahía/2014	ambiente	66,4	71,5	77,8	3,41
Bahía/2013	18 °C	65,4	69,9	74,4	5,7
Bahía/2014	18 °C	66,0	70,9	76,0	2,7
Bahía/2015	18 °C	63,6	67,9	75,2	3,0
BalillaxSollana/2013	18 °C	70,0	71,3	73,0	6,3
BalillaxSollana/2014	18 °C	66,6	71,2	77,7	6,9
BalillaxSollana/2015	18 °C	66,2	70,5	76,6	3,7
Bombón/2013	18 °C	61,4	69,8	73,8	9,5
Bombón/2014	18 °C	66,3	70,4	77,0	12,9
Bombón/2015	18 °C	58,1	67,6	75,6	4,1

La muestra que registró la temperatura de pico (T_p) más elevada fue el almidón de la variedad Bahía del 2012 en la serie histórica de almacenamiento ambiente con un valor de 75,6°C. Y la temperatura final (T_c) mayor corresponde a Bahía 2008 con 83,0 °C. Parece intuirse que no hay diferencias significativas entre las temperaturas de gelificación para la serie histórica de arroz Bahía almacenado a temperatura ambiente.

La entalpía se calculó normalizando por el peso de muestra seca y su valor refleja principalmente la pérdida del orden molecular (Cooke y Gidley, 1992). Los valores de la entalpía de gelatinización de los almidones analizados son menores a los reportados por Singh et al., 2007 cuyos valores de entalpía estuvieron entre 8,2 y 9,8 J/g.



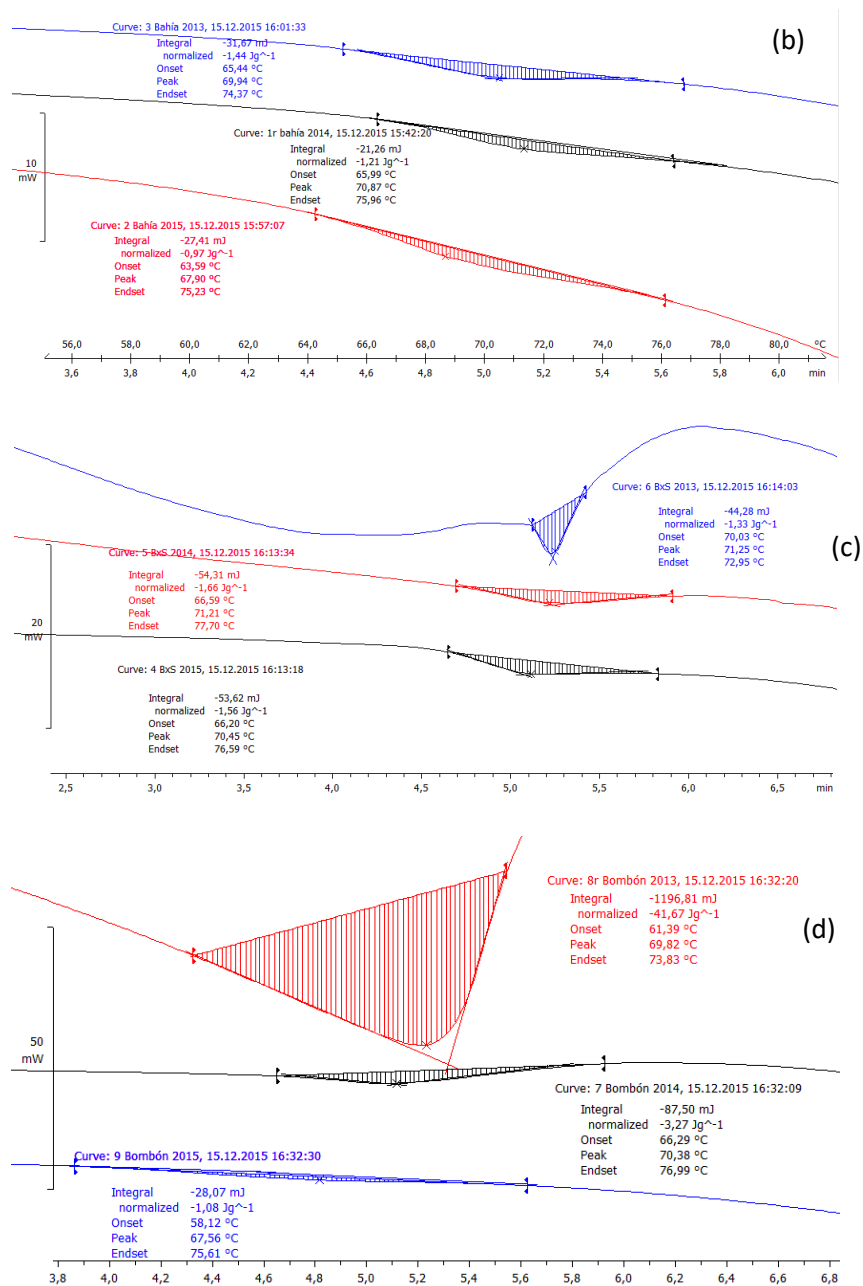


FIGURA 13. Termogramas de las variedades analizadas por DSC: (a) Termograma de Bahía almacenado a temperatura ambiente cosechas de 2006 a 2014; (b) Termograma Bahía almacenado a 18 °C cosechas 2013 a 2015; (c) Termograma Balilla x Sollana almacenado a 18 °C cosechas 2013 a 2015; (d) termograma Bombón almacenado a 18 °C cosechas 2013 a 2015

Por otra parte, con respecto a las series de tres variedades entre 2013-2015 almacenadas en 18 °C, la variedad Balilla x Sollana parece presentar las T_o , T_p y T_c con valores superiores a las variedades de Bahía y Bombón. Parece que no hay diferencias estadísticamente significativas para T_p entre los tres años correlativos excepto para Bahía y Bombón en 2013-2015.

4. CONCLUSIONES

El presente estudio permite iniciar una línea investigación sobre variedades arroz cultivados en la Comunidad Valenciana con potencial valor gastronómico e industrial de forma que se incentive el sistema productivo de las mismas.

De igual forma, el estudio da cuenta del potencial que tienen estas variedades de arroz, cuyos subproductos resultados de la molinería pueden ser utilizados en la industria agroalimentaria.

La principal limitación en el estudio realizado ha sido la disponibilidad de las muestras, ya que en un primer momento el IVIA nos proporcionó un primer lote con las variedades Bahía y Bomba, y luego un segundo lote con las variedades restantes.

Los resultados preliminares obtenidos en la comparación de diferentes variedades de arroz redondo del lote número 1 (Bahía y Bomba) de la cosecha 2013-2014, muestran que no existen diferencias significativas en la ganancia de peso tras la cocción. En cambio, para las variedades del lote 2 (Bahía, Balilla x Sollana y Bombón) almacenado a 18 ° C, procedentes de la cosecha de 2015, muestran que existen diferencias estadísticamente significativas en cuanto a la ganancia de peso durante la cocción. En los parámetros texturales la fuerza máxima de compresión, adhesividad, trabajo de compresión y área de adherencia sí mostraron diferencias significativas entre las variedades del lote 1, sin embargo para el lote 2 el trabajo de compresión, la adhesividad y el área de adherencia sí que mostraron diferencias significativas ($p \leq 0,05$) entre las muestras analizadas pero en la fuerza máxima de compresión no se apreciaron diferencias significativas. Se puede decir que todas las variedades de arroz presentan unos valores de adhesividad y área de adherencia elevados excepto aquellos arroces que son de la variedad Bomba que presentan unos valores más pequeños. Esto puede deberse a que esta variedad tiene la peculiaridad de que una vez se sobrepasa el tiempo de cocción, no se rompe y esto le va a permitir guardar el almidón lo que hace que sea un arroz más suelto y no se apelmace.

Con los datos disponibles hasta la fecha y los datos analizados en el estudio, parece ser que el almacenamiento del arroz y en las condiciones y años analizados no afectan de forma significativa a sus características texturales.

Los análisis para determinar las propiedades térmicas del almidón de arroz permitieron establecer el potencial agroalimentario para las variedades Bahía, Balilla x Sollana y Bombón. Los almidones nativos de arroz de estas variedades no parecen presentar diferencias en la mayoría de las propiedades evaluadas.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bassinello, P. Z.; Rocha, M. S.; Cobucci, R. M. A. 2004. Avaliação de diferentes métodos de cocção de arroz de terras altas para teste sensorial. Santo Antônio de Goiás: Embrapa. 8 p. (Comunicado técnico, 84).
- Cao, Y.H., Wang, Y., Chen, X.L., Ye, J.N., 2004. Study on sugar profile of rice during ageing by capillary electrophoresis with electrochemical detection. *Food Chem.* 86, 131-136.
- Cooke, D., and Gidley, M.J. 1992. *Carbohydrate Research* 227: 103-112
- Guenha, R., Salvador, B.D.V., Rickman, J., Goulao, L.F., Muocha, I.M., Carvalho, M.O., 2014. Hermetic storage with plastic sealing to reduce insect infestation and secure paddy seed quality: a powerful strategy for rice farmers in Mozambique. *J. Stored Prod. Res.* 59, 275-281.
- Kong, X.L., Zhu, P., Sui, Z.Q., Bao, J.S., 2015. Physicochemical properties of starches from diverse rice cultivars varying in apparent amylose content and gelatinisation temperature combinations. *Food Chem.* 172, 433e440.
- Likitwattanasade, T., Hongsprabhas, P., 2010. Effect of storage proteins on pasting properties and microstructure of Thai rice. *Food Res. Int.* 43, 1402-1409.
- Meullenet, J. F. C., Gross, J., Marks, B. P., & Daniels, M. 1998. Sensory descriptive texture analyses of cooked rice and its correlation to instrumental parameters using an extrusion cell. *Cereal Chemistry*, 75, 714–720.
- Noosuk, P., Hill, S. E., Pradipasena, P. and Mitchell, J. R. 2003. *Starch/Stärke*, 55: 337–344.
- Ohno, T., & Ohisa, N. 2005. Studies on textural and chemical changes in aged rice grains. *Food Science and Technology Research*, 11, 385–389.
- Ojeda, C.A., Tolaba, M.P., Suarez, C., 2000. Modelling starch gelatinization kinetics of milled rice flour. *Cereal Chem.* 77, 145e147.
- Perdon, A.A., Siebenmorgen, T.J., Buescher, R.W., Gbur, E.E., 1999. Starch retrogradation and texture of cooked milled rice during storage. *J. Food Sci.* 64, 828-832.
- Singh, N. Nakaura, Y. Inouchi N. and Nishinari, K. 2007. *Starch/ Stärke*, 59, 349–357.
- Sowbhagya, C.M., Bhattacharya, K.R., 2001. Changes in pasting behaviour of rice during ageing. *J. Cereal Sci.* 34, 115-124.
- Toyoshima, H., Okadome, H., Ohtsubo, K., Suto, M., Horisue, N., Inatsu, O., Narizuka, A., Aizaki, M., Okawa, T., Inouchi, N., Fuwa, H., 1997. Cooperative test on the small-scale rapid method for the gelatinization properties test of rice flours with a Rapid-visco-analyser (RVA). *J. Jpn. Soc. Food Sci.* 44, 579-584.
- Villareal, R.M., Resurreccion, A.P., Suzuki, L.B., Juliano, B.O., 1976. Changes in physicochemical properties of rice during storage. *Starch/Stärke* 28, 88-94.
- Vitti, P. A. 1966. Viscosidade do amido e sua importância nos alimentos. *Boletim do Centro Tropical de Pesquisa e Tecnologia de Alimentos*, n. 8, p. 69-83.

- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., Blanchard, C., 2002a. Ageing of stored rice: changes in chemical and physical attributes. *J. Cereal Sci.* 35, 65-78.
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., Blanchard, C., 2002b. Composition and functional properties of rice. *Int. J. Food Sci. Technol.* 37, 849-869.
- Zhou, Z. K., Robards, K., Helliwell, S., & Blanchard, C. 2003a. Rice ageing: Effect of changes in protein on starch behaviour. *Starch/ Stärke*, 55, 162–169.
- Zhou, Z., Blanchard, C., Helliwell, S., Robards, K., 2003b. Fatty acid composition of three rice varieties following storage. *J. Cereal Sci.* 33, 327e335.
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., Blanchard, C., 2004. The distribution of phenolic acids in rice. *Food Chem.* 87, 401-406.
- Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S., Blanchard, C., 2010. Effect of storage temperature on rice thermal properties. *Food Res. Int.* 43, 709-715.