

“Caracterización Física, Tecnológica y Reológica de Tres Variedades de Arroz Pilado Ecuatoriano, Cosecha Invierno”

K. Ceavichay, D. Valenzuela, F. Cornejo

Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción

Escuela Superior Politécnica del Litoral

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral, Apartado: 09-01-5863, Guayaquil, Ecuador.

kataceav@espol.edu.ec, jdvalenz@espol.edu.ec, fcornejo@espol.edu.ec.

Resumen

El objetivo de esta tesis fue analizar las características físicas, tecnológicas y reológicas en las variedades de arroz INIAP (14, 15 y 17) para recomendar un posible uso industrial.

Las características físicas no mostraron diferencias significativas. Los valores de temperatura de gelatinización fluctúan entre 71 +/-1 ° C, se recomienda para productos que requieran ser esterilizados. Los valores del grado de blancura fluctúan entre 40 +/-2 Kett, granos rojos 0.75 +/-0,06% y granos partidos 13.5 +/-0.3%. Por lo tanto, es un arroz recomendado para exportación.

Paralelamente, se realizó una caracterización tecnológica mediante el análisis de su índice de absorción de agua, poder de hinchamiento y la claridad de los geles. Los resultados no mostraron diferencias significativas. Se recomienda el uso de estas harinas para productos opacos y que no necesiten retener agua, ya que sus valores fueron bajos entre 0,95 +/-0.05.

Entre las propiedades reológicas si hubo diferencias significativas. Las viscosidades fluctúan entre 3150 +/-150 y los valores de índice de caídas para INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17 son 180, 560, 320 respectivamente. Por su viscosidad elevada se recomienda como un espesante. Por su índice de caída, las variedades INIAP 15 y 17 son recomendadas para panificación.

Palabras claves: Arroz, caracterización de arroz, gelatinización, blancura, granos rojos, granos partidos, índice de absorción de agua, poder de hinchamiento, claridad de geles, viscosidad, número de caída.

Abstract

The objective of this thesis was to examine the physical, technological and rheological characteristics in rice INIAP (14, 15 and 17) with the aim to suggest some industrial applications.

Among theirs physical characteristics there was not found any relevant differences. The lectures of Gelatinization temperature fluctuate between 71 +/-1 ° C, which make them applicable for use in products that require sterilization. Degree of whiteness observations varies between 40 +/-2 Kett, red beads 0.75 +/-0.06% and grain matches 13.5 +/-0.3%. Therefore, they are types of rice advisable for exportation.

At the same time, it was made a technological characterization by analyzing their water absorption index, power of swelling and clarity of the gels. The results showed no significant differences. It is advisable the use of these flours for opaque products which do not need to retain water, because of their low values, located between 0.95 +/-0.05

Between the rheological properties were found significant differences. The viscosity lectures fluctuate between 3150 +/-150 and the lectures of the falling number for INIAP 14, INIAP 15 and INIAP 17 are 180, 560, 320 respectively. Because of its high viscosity it could be used as a good thickener. By their falling number, the varieties INIAP 15 and 17 are recommended for panification.

Keywords: Rice, characterization of rice, gelatinization, whiteness, red grains, broken grains, water absorption, swelling power, clarity of gels, viscosity, falling number.

1. Introducción

En Ecuador, el principal componente de la canasta básica es el arroz y es el segundo cereal más producido en el mundo. En efecto, el arroz constituye el cereal

básico para tres cuartas partes de la humanidad, no sólo como una producción agrícola importante sino también como un elemento cultural. Por lo tanto, su comercio se realiza basado en sus características tecnológicas, ya que el comprador espera unas características definidas

que son medidas y juzgadas para determinar su calidad y precio final. El proceso para establecer la calidad de arroz está determinado por una serie de normas y reglamentos que indican los atributos a medirse y los límites mínimos y máximos.

Las variedades INIAP sembradas en el Ecuador, se han desarrollado en función del rendimiento y de tolerancia a las plagas. Es así que existe la necesidad de determinar la variedad más apropiada para cada uso industrial.

En la presente tesis se analizó las características físicas, tecnológicas y reológicas de tres variedades de arroz (INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17) con el fin de determinar su posible uso industrial.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materia Prima

Para el objeto de esta investigación se usará las variedades INIAP 14, 15 y 17

INIAP 14

Las características morfológicas y agronómicas de esta variedad se detallarán en la tabla 1

Tabla 1. Características INIAP14

Longitud del grano	7.1 mm
Ancho del grano	2.19 mm
Peso de 1000 granos	26 g
Grano entero al pilar	62 %

INIAP 15

Las características morfológicas y agronómicas de esta variedad se detallarán en la tabla 2

Tabla 2. Características INIAP15

Longitud del grano	7.5 mm
Peso de 1000 granos	25 g
Grano entero al pilar	67 %

INIAP 17

Las características morfológicas y agronómicas de esta variedad se detallaran en la tabla 3

Tabla 3. Características INIAP17

Longitud del grano	7.64 mm
Ancho del grano	2.52 mm
Peso de 1000 granos	28 g
Grano entero al pilar	62 %

2.2. Métodos Experimentales

2.2.1. Caracterización física

Temperatura de gelatinización

La temperatura inicial de gelatinización se determinó de acuerdo a la metodología propuesta por (Cañizares y col., 1993). Se preparó suspensiones de almidón al 0.5% (bs) y se colocaron sobre una placa eléctrica de calentamiento con agitación magnética graduada, de tal forma que permita elevar la temperatura de la suspensión a una velocidad de 1° C/min. A partir de los 50°C, cada grado centígrado que aumente la temperatura, se tomaban muestras de 2 ml y se colocan en tubos de ensayo. Se dejó enfriar y se añadió una gota de solución saturada de yodo. Se reportó como temperatura inicial de gelatinización cuando se observó un cambio de coloración, de rojizo a verdoso.

Grado de blancura

Para determinar la blancura del arroz se utilizó un medidor digital de blancura de arroz marca KETT C-300. Se llena el recipiente del medidor de blancura con la muestra sin dejar espacios negros y se realiza la medición.

Este equipo mide la blancura del arroz, con el principio del índice de reflectividad de la superficie, la luz de una fuente es reflejada por la superficie de la muestra y pasada a través de lentes y filtros para generar una corriente eléctrica. La cantidad de luz reflejada por la muestra creará una corriente eléctrica que podrá ser leída en el equipo.

Granos Rojos

Se realizó la determinación de granos rojos según Norma INEN 1236, sobre una porción de 100 g del producto limpio y libre de granos partidos, se separa los granos rojos y se pesan los granos rojos; luego se aplica la Ec. 1.

$$\% \text{Granos Rojos} = \frac{\text{Peso de los granos rojos}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Ec. 1

Granos Partidos

Se realiza la determinación de granos partidos según Norma INEN 1236, la cual se realiza sobre una

porción de 25 g del arroz, se separa los granos partidos y se pesan los granos partidos; luego se usa la Ec. 2.

$$\% \text{Granos Partidos} = \frac{\text{Peso de los granos partidos}}{\text{Peso de la muestra}} * 100$$

Ec.2

2.2.2. Caracterización tecnológica

Índice de Absorción de Agua

La capacidad de absorción de agua se determinó por el método (Anderson y col., 1969) método modificado. Se prepararon 100 mL de una suspensión de almidón al 1% (b.s.), en agua destilada, esta suspensión fue llevada a baño maría a 60°C durante 30 minutos con agitación cada 5 minutos. En tubos de centrifuga previamente pesados se colocaron 20ml de esta suspensión, posteriormente se centrifugaron a 5000 rpm durante 15 minutos, en una centrífuga marca Hermie (Z300). El gel resultante se pesó. Los cálculos del índice de absorción de agua (IAA), se aplica la Ec. 3.

$$\text{Índice de Absorción de Agua} = \frac{\text{Peso del gel}}{\text{Peso de la muestra (bs)}} \quad \text{Ec.3}$$

Poder de Hinchamiento

El poder de hinchamiento de los almidones se determinó según el método (Anderson y col., 1969) método modificado. Se prepararon 100 ml de una suspensión de almidón al 1% (b.s.), en agua destilada, esta suspensión fue llevada a baño maría a 60°C durante 30 minutos con agitación cada 5 minutos. En tubos de centrifuga previamente pesados se colocaron 20ml de esta suspensión, posteriormente se centrifugaron a 5000 rpm durante 15 minutos, en una centrífuga marca Hermie (Z300). Se separó el gel y se registro su peso, se midió el volumen del sobrenadante resultante, de este se tomaron alícuotas de 10 ml y se colocaron en platos de aluminio previamente pesados, los mismos que fueron secados en una estufa toda la noche a 70 °C. Por último se pesó el plato de aluminio con los solubles. El poder de hinchamiento se calculó de acuerdo a la Ec. 4.

$$\text{PH} = \frac{\text{Peso del gel}}{\text{Peso de la muestra (bs)} - \text{Peso de solidos solubles}}$$

Ec.4

Claridad de los geles

La claridad de las pastas de almidón se evaluó de acuerdo al método de (Bello-Pérez, 1995). Para esta técnica se preparan suspensiones de almidón a una concentración del 1%(bs) en agua desionizada, se colocan las muestras en tubos de ensayo con tapón de rosca, los mismos son llevados a un baño de agua a ebullición por 30 minutos, agitándolos cada 5 minutos. Se dejó enfriar los tubos hasta temperatura ambiente,

una vez fríos se agitó y se colocó en celdas de 1cm y se determinó el porcentaje de transmitancia a 650nm utilizando un espectrofotómetro UV/VIS marca PerkinElmer (Lambda 25), previamente ajustado a cero con agua desionizada.

La claridad de los geles está dada por el porcentaje de transmitancia obtenido.

2.2.3. Caracterización reológica

Viscosidad

La viscosidad fue determinada con el Viscosímetro marca Brookfield (DV-II +Pro) de acuerdo a la metodología (ISI, 2002). Se pesó 25 g de almidón en base seca, y se suspendió en agua destilada hasta completar 500 ml. En un vaso de precipitación se colocó la suspensión y se calentó con agitación hasta ebullición por aproximadamente 15 minutos. Posteriormente, se enfrió el gel hasta 25° C y finalmente se midió la viscosidad en centipoises (cP), con una velocidad de 10 rpm usando el spindle S63.

Número de caída

Para el número de caída se empleo el método (AACC Method 56-81B), este determina la actividad de α – amilasa para cada variedad de arroz, usando el equipo Falling Number marca Perten (modelo FN 1500 Fungal). Se pesó primero siete gramos de harina en el tubo del equipo. Luego, se le añadió 25 gramos de agua. Los tubos fueron agitados para obtener una masa homogénea. Se colocó el tubo con un agitador en el equipo para determinar el valor de número de caída. Valores altos de números de caída indican una baja actividad de α – amilasa.

2.3 Procesamiento de datos estadísticos

Se realizaron 15 replicas en cada determinación con el objetivo de obtener un error relativo del 10%. Se realizó un análisis de varianza de ANOVA la prueba de Kruskal-Wallis para determinar si existe una diferencia significativa entre las variedades. Si existía diferencia significativa se realizó la prueba de rangos múltiples para determinar cuál era la variedad diferente. Los análisis estadísticos fueron realizados con el programa Statgraphics 16.

3. Resultados

3.1 Análisis de las características físicas de las variedades de arroz

Temperatura inicial de Gelatinización

Cuando los gránulos de almidón se someten a calentamiento experimentan cambios de fase entre lo que se encuentra la gelatinización. La gelatinización se considera como la pérdida de la cristalinidad del

granulo de almidón cuando es calentado en presencia de agua. Los rangos de temperatura de gelatinización para el arroz oscilan entre 65 y 73 °C (Fennema y Tannebaum, 2000).

Según los resultados obtenidos en la tabla de ANOVA y la prueba de Kruskal-Wallis indican que entre las variedades de arroz INIAP, no existe una diferencia estadísticamente significativa en la temperatura inicial de gelatinización, con un nivel de confianza del 95,0%. Mediante el diagrama de cajas y bigotes se observa que los valores de las medias de las variedades de arroz INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17 se encuentran en el rango 71 +/- 1°C (figura 4.1), indicando una alta temperatura inicial de gelatinización del arroz. Este resultado concuerda con la teoría de granos largos que presentan mayor temperatura de gelatinización. Considerando lo expuesto por (Abas y col., 2012) que las cadenas largas de amilopectina requieren altas temperaturas para disociarse completamente. Por lo tanto, este resultado se encuentra en el rango de temperaturas iniciales altas de gelatinización para el arroz 70,7 y 71,5 °C, por lo que las muestras INIAP se podrían usar en productos que son sometidos a altas temperaturas, como los productos enlatados (Hernández y col., 2008).

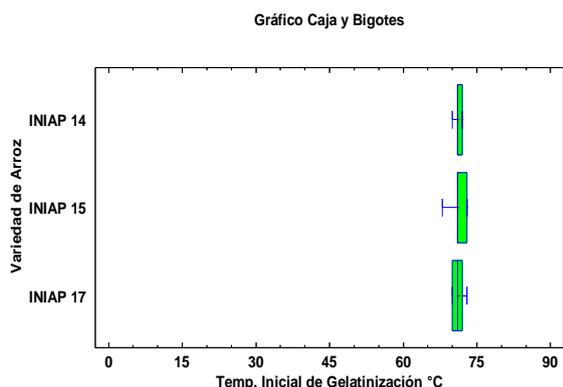


Figura 1. Gráfico de Caja y Bigote de Temperatura de Gelatinización de Arroz de INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17

Grado de Blancura

Las tres muestras de arroz fueron pulidas tres veces por lo que no dependerá de su pilado para observar cual presenta mayor grado de blancura.

Los resultados estadísticos obtenidos de la tabla de ANOVA y la prueba de Kruskal-Wallis indican que entre las variedades de arroz INIAP, no existe una diferencia estadísticamente significativa en su grado de blancura, con un nivel de confianza del 95,0%. El diagrama de cajas y bigotes (figura 4.2) muestra que los valores de medias de las variedades de arroz INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17 se encuentran entre 40 +/- 2 grados Kett de blancura. Conociendo que los parámetros para exportación de arroz pilado se encuentran entre 39 y 40 grados Kett; se podría

considerar usar estas variedades de arroz para su exportación (INEN, 1987).

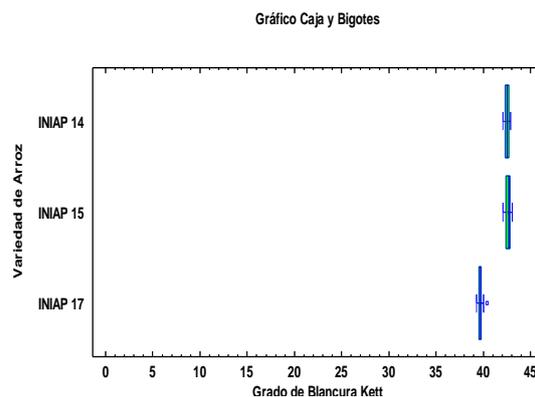


Figura 2. Gráfico de Caja y Bigote de Grado de Blancura de Arroz de INIAP 14, INIAP 15 y INIAP 17

Granos Rojos

Los resultados estadísticos obtenidos de la tabla de ANOVA y la prueba de Kruskal-Wallis indican que entre las variedades de arroz INIAP, no existe una diferencia estadísticamente significativa en la cantidad de granos rojos, con nivel de confianza del 95,0%. Mediante el diagrama de cajas se observa que el valor de las medias de las variedades de arroz INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17 se encuentran en el rango de 0.75 +/- 0.06%. Por lo tanto, este valor coincide con los parámetros para la exportación de arroz que están desde 0.5 – 0.9% de contenido de granos rojos (INEN, 1987).

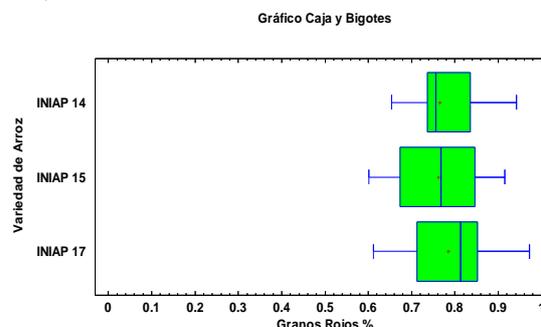


Figura 3. Gráfico de Caja y Bigote de Granos Rojos de INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17

Granos Partidos

Las tres muestras de arroz fueron piladas tres veces por lo que no dependerá de su pilado para observar cual presenta mayor cantidad de granos partidos.

Las tres muestras de arroz fueron piladas tres veces por lo que no dependerá de su pilado para observar cual presenta mayor cantidad de granos partidos.

Los resultados estadísticos obtenidos de la tabla de ANOVA y la prueba de Kruskal-Wallis indican que las variedades de arroz INIAP, no existe una diferencia estadísticamente significativa en el contenido de granos partidos, con un nivel de confianza del 95,0%.

El gráfico de cajas y bigotes (figura 4.4) muestra que los valores de medias de las variedades de arroz INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17 oscilan entre 13.5 +/- 0.3 %. Conociendo que los parámetros para exportación de arroz pilado se encuentran entre 10 - 15%; se podría considerar usar estas variedades de arroz para su exportación (INEN, 1987).

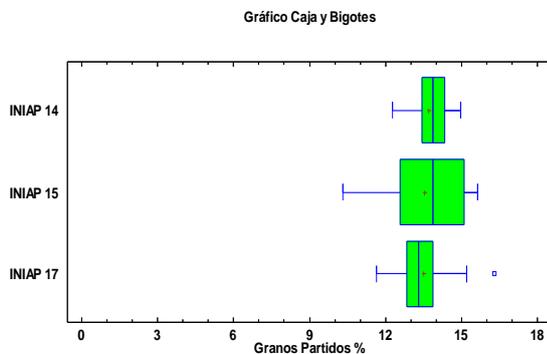


Figura 4. Grafico de Caja y Bigote de Granos Partidos de INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17

3.2 Análisis de las características tecnológicas de las variedades de arroz

Índice de Absorción de Agua:

El índice de absorción de agua se utiliza para conocer la capacidad de retención de agua; este se relaciona directamente con el contenido de amilosa, ya que si el contenido de amilosa es alto, la capacidad de retención del agua es baja (Abas y col., 2012).

Los resultados estadísticos obtenidos de la tabla de ANOVA y la prueba de Kruskal-Wallis indican que entre las variedades de arroz INIAP, no existe una diferencia estadísticamente significativa en el índice de absorción de agua, con un nivel de confianza del 95,0%. Mediante la observación del grafico de cajas y bigotes (figura 4.5) indica que el valor de las medias se encuentra entre 0.95 +/- 0.05, indicando un índice bajo de absorción de agua. Por lo tanto, indirectamente se podría considerar que estas variedades de arroz poseen un alto contenido de amilosa. Por este motivo, estas variedades no podrían ser utilizadas en productos cárnicos por que estos requieren de una alta absorción de agua. (Pérez, 1996).

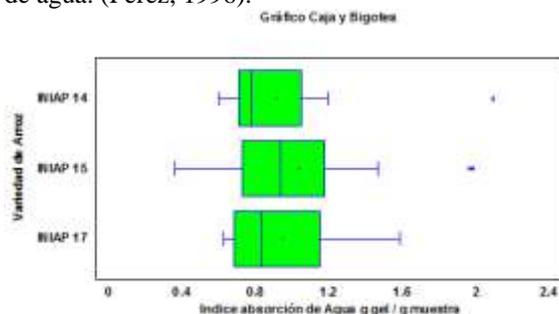


Figura 5. Grafico de Caja y Bigote de Índice de Absorción de Agua de INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17

Poder de Hinchamiento

El poder de hinchamiento depende de la capacidad de las moléculas de almidón para retener el agua por enlaces de hidrógeno, ya que si el contenido de amilosa es alto, el poder de hinchamiento de los gránulos de almidón es bajo (Lee y Osman, 1991).

Los resultados estadísticos obtenidos de la tabla de ANOVA y la prueba de Kruskal-Wallis indican que entre las variedades de arroz INIAP, no existe una diferencia estadísticamente significativa en el poder de hinchamiento, con un nivel de confianza del 95,0%. Mediante la observación del grafico de cajas y bigotes (figura 4.6) muestra que el valor de las medias se encuentra entre 0.95 +/- 0.05. Este resultado concuerda con la capacidad de retención de agua, por lo que se podría usar como espesante (Pérez, 1996).

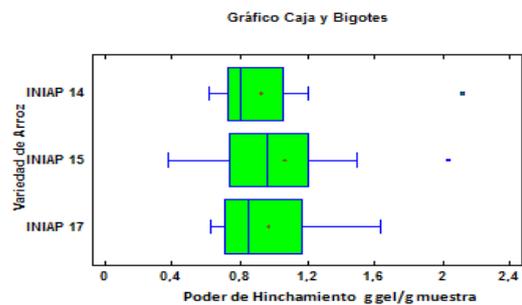


Figura 6. Grafico de Caja y Bigotes de Poder de Hinchamiento de Variedades de Arroz INIAP 14, INIAP15 e INIAP 17

Claridad de los Geles

Dependiendo del nivel de transparencia u opacidad de los geles de almidón; se usaran para la elaboración de diversos productos ya que brindará características de brillantez u opacidad al producto (Betancur y col., 2001).

Los resultados estadísticos obtenidos de la tabla de ANOVA y la prueba de Kruskal-Wallis indican que entre las variedades de arroz INIAP, no existe una diferencia estadísticamente significativa en sus valores de transmitancia, con un nivel del 95,0% de confianza. Mediante la observación del diagrama de cajas y bigotes (figura 4.7) se observa que las medias de las variedades de arroz INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17 oscilan entre 3.5 +/- 0.3. Conociendo que los valores menores a 24.8, forman geles opacos, se recomienda usar estas variedades en la elaboración de alimentos poco transparentes como las mayonesas, las bebidas concentradas tipo néctar o los productos de panificación (Hernández y col., 2008).

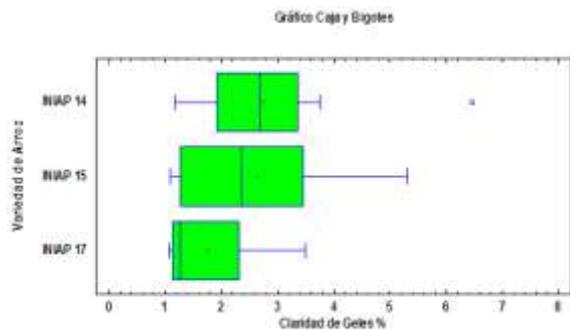


Figura 7. Grafico de Caja y Bigote de Número de Caída de Variedades de Arroz INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17

3.3 Análisis de las características reológicas de las variedades de arroz

Viscosidad

Los resultados estadísticos obtenidos de la tabla de ANOVA y la prueba de Kruskal-Wallis indican que entre las variedades de arroz INIAP, existe una diferencia estadísticamente significativa en viscosidad, con un nivel del 95,0% de confianza. Mediante la observación del diagrama de cajas y bigotes (figura 4.8) revela que los valores de las medias de las variedades de arroz INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17 oscilan entre 3150 +/- 150 cP. Este valor muestra que las variedades de arroz forman un fluido de alta viscosidad posterior a la gelatinización, ya que la viscosidad es mayor a 1000 cP. Por lo tanto, se recomendaría su uso en diferentes tipos de miel y salsas. Sin embargo, la miel debe ser traslucida por lo que se descarta el uso en este tipo de productos.

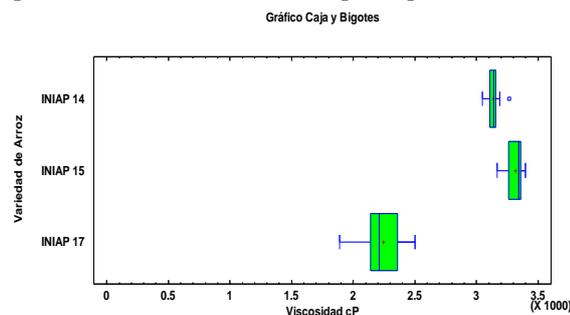


Figura 8. Grafico de Caja y Bigote de Viscosidad de Variedades de Arroz INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17

Número de Caída

El número de caída sigue el principio de la gelatinización rápida de una suspensión de harina y la medición subsiguiente de la licuefacción del almidón por acción de la alfa-amilasa. Estadísticamente, se demuestra que existe una diferencia significativa entre las tres variedades de arroz INIAP, el gráfico de cajas y bigotes (figura 4.9) indica que los valores de las medias de las variedades

de arroz INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17 son 180, 560, 320, respectivamente.

Para panificación los valores de número de caída son importantes. Los valores bajos como los de la INIAP 14 no son apropiados para esta industria debido a que se formarían panes con bajo volumen y miga pegajosa. Por otro lado, la variedad INIAP 15 e INIAP 17 pueden ser aplicadas a panificación ya que sus valores oscilan en el rango de 250 – 600. La variedad INIAP 15 es más recomendada para la panificación de productos como croissants, hojaldres, pan chapata, pan integral y pan de molde, mientras que con la INIAP 17 se podría elaborar pan común (Gil, 2010).

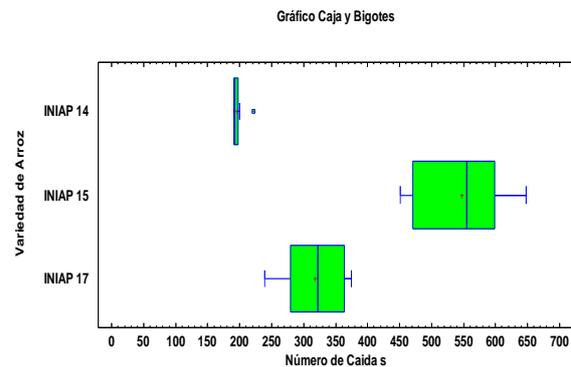


Figura 9. Gráfico de caja y bigote de número de caída de variedades de arroz INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17

3.4 Posibles Usos de las Variedades de Arroz INIAP

Mediante los análisis realizados anteriormente se puede señalar que con las tres variedades de arroz se podrían elaborar productos que necesiten altas temperaturas de procesos como los enlatados debido a su alta temperatura inicial de gelatinización. Sin embargo, cabe indicar que por sus bajos valores de índice de absorción de agua y poder de hinchamiento, además de su alto contenido de amilosa no es recomendable usar en productos cárnicos. Por otro lado, considerando que los geles formados con estas variedades de arroz son opacos y que pueden formar pastas viscosas, se puede recomendar su uso para elaborar diversos productos poco transparentes como bebidas concentradas y salsas como mayonesa.

4. Conclusiones y Recomendaciones

Mediante los análisis realizados en las variedades de arroz se concluye que:

- En lo referente a las características físicas se obtuvieron valores altos de temperatura de

gelatinización por lo que sería factible el uso en productos que se requieran esterilizar. Además, las propiedades de calidad del grano de arroz: grado de blancura, granos rojos y granos partidos son ideales si se desea exportar el arroz pilado.

- Las características tecnológicas índice de absorción de agua, poder de hinchamiento y claridad de los geles demostraron que nuestras harinas forman geles opacos y que no tienen gran capacidad de retención de agua, por lo que sería viable su utilización en la elaboración de productos poco transparentes como bebidas concentradas y salsas como mayonesa.
- Las características reológicas de las variedades de arroz estudiadas han dado como resultado viscosidades elevadas que permiten su utilización como espesante. El índice de caída realizado mostro que la harina es ideal para el uso en la industria de panificación. Aunque cabe recalcar que la variedad Iniap 14 no es ideal para este uso.

Recomendaciones

- Los instrumentos y equipos de laboratorio deben ser operados correctamente como indican las técnicas y los fabricantes, los mismos deben estar en buen estado de funcionamiento y calibración.
- Para la obtención de los datos de este trabajo de investigación se debe trabajar con las mismas variedades de arroz. Además de realizar los mismos procedimientos; ya que si existe alguna modificación de estos, los datos podrían variar.
- Este trabajo de investigación ha establecido las bases para que se realicen análisis a las otras variedades de arroz INIAP. Adicionalmente, se recomienda que se hagan estudios sobre las características culinarias del arroz blanco. Por otro lado, la obtención y modificación del almidón de arroz de las variedades de arroz INIAP pueden ser otra forma de industrializarlos.

5. Bibliografía

- 1) Abas, A., Singh, P., Ahmad, M., Schweiggert, U., Gul K. y Wani, A. (2012). *Rice starch diversity: Effects on structural, morphological, thermal and Physicochemical Properties – a review*. Institute of food technologist. Volumen 11- 2012.
- 2) Aggarwal, R., Brar, D. y Klush, G. (1997). *Two new genomes in the Oryza complex identified on the*

basis of molecular divergence analysis, using total genomic DNA hybridization. Molecular General Genetics 254. Pág 1-12.

- 3) Anderson, R., Conway, H., Pheiser, V. y Griffin, E. (1969). *Gelatinisation of corn grits by roll and extrusion cooking*. Cereal Science Today. Volumen 14. Pág.4-12.
- 4) Arias, C. y Chaparro, L. (1976). *Control Químico de Arroz Rojo y otras Malezas*. Mimeografiado. Sección de Semilla del INIA. Guárico, Venezuela. Pág.18
- 5) Austin, J. (1987). *Análisis de proyectos agroindustriales*. Madrid, España:Tecnos.
- 6) Betancur, D., Chel, L., Guerrero, R., Camelo, G. y Ortiz, D. (2001). *Physicochemical and functional characterization of baby lima bean (Phaseolus lunatus)*. Volumen 53, n. 5. Pág. 219-226
- 7) Cañizares, H., López, P., León, A., Sánchez, Z. y Morales T.(1993). *Acetilación del almidón de maíz con ácido acético*. Revista de la Facultad de Ingeniería Química, Universidad Autónoma de Yucatán. Volumen 22, 43-47.
- 8) Cauvain, S. (2009). *The icc handbook of cereals, flour, dough & product testing*.
- 9) Lancaster, USA. Destech publications. Pág 77-79.
- 10) CIAT (1989). *Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz*. Tercera edición. Cali, Colombia. Pág. 22 y 23
- 11) Ediagro 2007. *Molinería de arroz*. Primera edición. Bogotá, Colombia. Págs. 103-107, 151-153.
- 12) Fennema, O. y Tannenbaum, S. (2000). *Química de los alimentos*. Segunda edición. España: Acribia. Págs. 129-135
- 13) Gil, A. (2010). *Composición y calidad nutritiva de los alimentos*. Segunda edición Tratado de nutrición humana. Panamericana. Madrid, España. Pág. 108-110
- 14) Hernández, M., Torruco, J., Chel, L. y Betancur, D. (2008). *Caracterización fisicoquímica de almidones de tubérculos cultivados en Yucatán, México*. Ciencia y tecnología de alimentos volumen 28 n 3.

- 15) Huang, J. (1990). The relation between soil nutrients and rice qualities. Kyoto, Japón. Pág. 170-175
- 16) INEN (1986). *Requisitos mínimos que debe cumplir el arroz pilado en cualquiera de sus variedades destinadas al consumo humano*. Ecuador
- 17) INEN (1987). *Métodos de ensayo para determinar la calidad de granos y cereales*. Ecuador
- 18) INIAP (1999). Variedad de arroz para áreas de riego y seco. INIAP 14. Ecuador.
- 19) INIAP (2006). Variedad de arroz para áreas de riego y seco. INIAP 15. Ecuador.
- 20) INIAP (2007). *Manual del cultivo de arroz*. Segunda edición. Guayas, Ecuador. Pág. 140-141, 145-147.
- 21) INIAP (2007). Variedad de arroz para áreas de riego y seco. INIAP 17. Ecuador.
- 22) ISI. 2002. *Determination of viscosity of starch by Brookfield*. Science Park, Aarhus, Dinamarca. Disponible en <http://www.starch.dk/isi/methods/index.asp>.
- 23) IRRI-WARDA-CIAT (1997). *Rice Almanac*. Segunda edición. Los Baños, Filipinas. Pág. 181.
- 24) Lee, Y. y Osman, E. (1991). *Correlation of morphological changes of rice starch granules with rheological properties during heating in excess water* *Journal of the Korean Agricultural Chemical Society*. Volumen 34. Pág. 379-385.
- 25) Pérez, E. (1996). *Algunas experiencias sobre la modificación química del almidón*. Instituto de Ciencias y Tecnología de Alimentos. Caracas, Venezuela
- 26) Primo, E. (1995). *Química orgánica básica y aplicada. De la molécula a la industria*. Reverte. Barcelona, España. Pág. 891-892, 896-900.
- 27) Rúaes, J., Valencia, S. y Nair, B. (1993). *Effect of processing on the physico-chemical characteristics of quinoa flour (Chenopodium quinoa, Willd)*. Volumen 45, Número 1, Pág. 13-19.
- 28) Zhao, J. y Whistler, R. (1994). *Spherical aggregates of starch granules as flavor carriers*. *Food Technology* 48(7). Pág. 104-105