ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

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

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIEROS EN ALIMENTOS

Presentado por:

Katherine Adriana Ceavichay Coello
Juan Diego Valenzuela Cobos

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO: 2012

AGRADECIMIENTO

Para poder realizar este trabajo de investigación de la mejor manera posible fue necesario el apoyo de varias personas a las que quiero agradecer en esta tesis.

En primer lugar, a Dios por las bendiciones recibidas y por mantenerme con salud y vida.

A mis padres Franklin y Marjorie, y a mi tía Manuela quienes han sido un apoyo moral y económico, para alcanzar este logro.

A mis profesores, y de una manera muy especial a la Ing. Fabiola Cornejo y a la Ing. Grace Vásquez quienes me impartieron sus conocimientos con bondad y dedicación.

A mi hermana Kamily, a Carlos por haberme impulsado a culminarla, y a mis compañeros de curso en especial a Karina, Karla, Isabela, Fanny, Wlady y Xavi con quienes he compartido tantos momentos que guardaré en mi corazón.

KATHERINE CEAVICHAY COELLO

AGRADECIMIENTO

Es para mí motivo de gran satisfacción el tener la oportunidad de poder agradecerle al ser supremo DIOS que sin su bendición no hubiera podido terminar esta parte de mi vida y Él ha sido fundamental en el transcurso de mi vida. A mis Padres, que con su guía siempre abnegada me han labrado un porvenir fructífero y seguro.

No podía dejar de agradecer a todas aquellas personas que de distinta manera me brindaron apoyo y optimismo, a mi abuelita MARÍA que siempre me supo apoyar en mis estudios, que ha sido un pilar fundamental en mi formación como persona de bien, y a mis hermanos GABRIELA, MILTON, y BARBIE a mi

novia LOURDES, a la Familia Jara Bastidas, a mis tíos, y a mis primos, les estoy muy agradecido.

Y una gratitud muy especial desde el fondo de mi ser a mi querida profesora ING. GRACE VÁSQUEZ, que gracias a sus consejos he podido terminar este tramo de mi vida.

A mi directora de tesis: ING. FABIOLA CORNEJO cuyas enseñanzas me acompañarán siempre y serán testigo fiel de lo que he aprendido.

DIEGO VALENZUELA COBOS

DEDICATORIA

A DIOS, A MIS PADRES FRANKLIN Y MARJORIE, A MIS TÍAS, A MIS MAESTROS, A MI HERMANA KAMILY, Y AL AMOR DE MIS DIAS CARLOS.

Katherine Ceavichay Coello

DEDICATORIA

A mis padres, a mi abuelita MARÍA y a mi tío DAVID:

Este trabajo monográfico va dedicado con mucho cariño a los grandes seres de mi vidas mis Padres: MILTON y CINTHIA, a mi abuelita MARÍA y a mi tío DAVID que me acompaña desde el cielo, cuya ayuda moral que me inculcaron desde los primeros años, iluminando mi sendero con cariño y ternura, abnegación y sacrificio sin pedir ni recibir recompensa alguna; desde entonces han venido guiándome en cada momento de mi existencia.
Ya que con su ayuda tanto moral como económica complementaron el esfuerzo y la dedicación que supieron cultivar en mí.

Para ellos que me acompañaron en el sendero de la información, científico y cultural va dedicado todo mi esfuerzo reflejado en esta tesis.

Juan Diego Valenzuela Cobos

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Dr. Kléber Barcia V.
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Fabiola Cornejo Z.
DIRECTORA

Ing. Grace Vásquez V.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

_____	_____
Katherine Adriana Ceavichay Coello	Juan Diego Valenzuela Cobos.

RESUMEN

El arroz es el principal componente de la canasta básica ecuatoriana. Por lo general, las variedades de arroz sembradas en el Ecuador son procedentes de hibridaciones que han sido realizadas con el objetivo de aumentar su resistencia a las plagas. Estos cambios genéticos pueden variar las características físicas, tecnológicas y reológicas del grano de arroz. Por lo tanto, el objetivo de esta tesis fue el de analizar los cambios en estas propiedades debido a estas hibridaciones y recomendar un posible uso industrial.

Entre las características físicas que se estudiaron se demostró que no existen diferencias significativas entre los valores obtenidos en cada uno de los tratamientos realizados en las variedades de arroz. Los resultados indicaron que los valores de la temperatura de gelatinización oscilan entre 71 +/- 1°C, por lo que, se podría usar en productos que necesiten ser esterilizados. Mientras que los valores obtenidos del grado de blancura fluctúan entre 40 +/- 2 Kett, el porcentaje de granos rojos y granos partidos se encuentran entre 0.75 +/- 0.06% y 13.5 +/- 0.3% respectivamente. Por lo tanto, los resultados obtenidos se encuentran en los parámetros requeridos para su exportación.

Luego, se realizó una caracterización tecnológica del arroz analizando su índice de absorción de agua, poder de hinchamiento, y la claridad de los geles de almidón. Los resultados obtenidos demostraron que no existen diferencias significativas entre cada uno de los tratamientos realizados. Por lo tanto, es recomendable el uso de estas harinas para productos opacos y productos que no necesiten retener agua, debido a que su valores de índice de absorción y poder de hinchamiento se encuentran entre 0.95 +/- 0.05.

Entre las características reológicas se comparó las viscosidades y los números de caídas de las muestras. Se encontró que si hubo diferencias significativas entre los tratamientos realizados a las variedades de arroz. La viscosidades de las variedades fluctúan entre 3150 +/- 150 y los números de caídas para INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17 son 180, 560, 320 respectivamente. Por el alto valor de viscosidad se recomienda la utilización de estas harinas como espesante. Mientras que por sus valores de índice de caída las variedades INIAP 15 e INIAP 17 son recomendables para la panificación.

En conclusión se recomienda industrializar el uso de estas variedades de arroz. Ya que pueden ser empleadas en la elaboración de productos enlatados y espesantes para salsas. Además, las variedades INIAP 15 e INIAP 17 se podrían destinar para panificación.

ÍNDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN II
ÍNDICE GENERAL IV
ABREVIATURAS VII
SIMBOLOGÍA VIII
ÍNDICE DE FIGURAS IX
ÍNDICE DE TABLAS X
INTRODUCCIÓN 1

CAPÍTULO 1

1. EL PROBLEMA 2
   1.1. Planteamiento del problema 2
   1.2. Objetivos 4
   1.5. Limitaciones 4

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO 5
   2.1. Situación actual de los cultivos de arroz en el Ecuador 5
   2.2. Obtención de arroz integral 7
   2.3. Composición del arroz 8
   2.4. Requisitos del arroz pilado 14
   2.5. Usos tecnológicos del almidón 18

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS 26
3.1. Materia prima 26
3.2. Caracterización física 34
3.2.1. Temperatura de gelatinización 34
3.2.2. Grado de blancura 34
3.2.3. Granos rojos 36
3.2.4. Granos partidos 36
3.3. Caracterización tecnológica 37
3.3.1. Índice de absorción de agua 37
3.3.2. Poder de hinchamiento 38
3.3.3. Claridad de los geles 39
3.4. Caracterización reológica 40
3.4.1. Viscosidad 40
3.4.2. Número de caída 41
3.5. Procesamiento de los datos estadísticos 42

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS 44
4.1. Analísis de las características físicas de las variedades de arroz 44
4.2. Analísis de las características tecnológicas de las variedades de arroz…… 50

4.3. Analísis de las características reológicas de las variedades de arroz.……. 55

4.4. Posibles usos de las variedades de arroz INIAP.....58

CAPÍTULO 5

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 60

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ABREVIATURAS

°C	Grados centígrados
b.s	Base seca
CORPCOM	Corporación de Industriales Arroceros del Ecuador
cm	Centímetros
cP	Centipoises
Ec.	Ecuación
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura
FDA	Food and Drug Administration
Fig.	Figura
g	Gramo
GP	Granos rojos
GR	Granos partidos
IAA	Índice de absorción de agua
INIAP	Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
LSD	Least square deviation
MAGAP	Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca
mg	Miligramos
ml	Mililitros
mm	Milímetros
nm	Nanómetros
OMS	Organización mundial de la salud
%p/p	Porcentaje peso de soluto/peso de una solución
Pág.	Página
PH	Poder de hinchamiento
P.P.M	Partes por millón
%T	Porcentaje de transmitancia
Rpm	Rapidez por minuto

SIMBOLOGÍA

°	Grados
±	Más – Menos
%	Porcentaje
#	Número

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 3.1 Medidor Digital de Blancura de Arroz KETT (C-300)….....…35
Figura 3.2 Centrifuga Hermie.....…….....…..38
Figura 3.3 Espectrofotómetro UV/VIS Perkin Elmer (Lambda 25).....……40
Figura 3.4 Viscosímetro Brookfield (DV-II +Pro…….……41
Figura 3.5 Falling Number (FN 1500)…….....…42
Figura 4.1 Gráfico de Caja y Bigote de Temperatura de Gelatinizació de Arroz de INIAP 14, INIAP15 y INIAP 17.....46
Figura 4.2 Gráfico de Caja y Bigote de Grado de Blancura de Arroz d INIAP 14, INIAP15 y INIAP 17.....47
Figura 4.3 Gráfico de Caja y Bigote de Granos Rojos de INIAP 14, INIAP15 y INIAP 17.....48
Figura 4.4 Gráfico de Caja y Bigote de Granos Partidos de INIAP 14, INIAP15 y INIAP 17.....50
Figura 4.5 Gráfico de Caja y Bigote de Índice de Absorción de Agua de INIAP 14, INIAP15 y INIAP 17.....52
Figura 4.6 Gráfico de Caja y Bigotes Poder de Hinchamiento de Variedades de Arroz INIAP 14, INIAP15 y INIAP 17.....…53
Figura 4.7 Gráfico de Caja y Bigote de Número de Caída de Variedades de Arroz INIAP 14, INIAP15 y INIAP 17.....55
Figura 4.8 Gráfico de Caja y Bigote de Viscosidad de Variedades de Arroz INIAP 14, INIAP15 y INIAP 17.....56
Figura 4.9 Gráfico de Caja y Bigote de Número Caída Variedades de Arroz INIAP 14, INIAP15 y INIAP 17.....58

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Composición nutricional del grano de arroz.…….....	13
Tabla 2	Requisitos del arroz pilado.....……..	15
Tabla.3	Niveles de infestación.....……....	16
Tabla.4	Requisitos microbiológicos.....	17
Tabla 5	Usos industriales del almidón.....	18
Tabla 6	Características Morfológicas y Agronómicas de INIAP 14.	27
Tabla 7	Reacción a Plagas y enfermedades de INIAP 14...……	28
Tabla 8	Características Morfológicas y Agronómicas de INIAP 15.	29
Tabla 9	Reacción a Plagas y enfermedades de INIAP 15..……..	30
Tabla 10	Características Morfológicas y Agronómicas de INIAP 17.	31
Tabla 11	Reacción a Plagas y enfermedades de INIAP 17...……	32
Tabla 12	Valores Bromatológicos de las variedades de arroz INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17…….....…….	33

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.

CAPÍTULO 1

1. EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del problema

El arroz es un cereal muy popular de uso común. En el mundo existen dos especies de arroz consideradas importantes, como especie de alimento para la salud humana: *Oryza sativa,* que se cultiva en todo el mundo, y *Oryza glaberrima,* que se cultiva en algunas partes de África Occidental. Ambos pertenecen a un grupo más grande de las plantas de este género, que incluye cerca de 20 otras especies (Aggarval y col., 1997).

En general, el arroz pertenece a una familia de plantas que incluye otros cereales como el trigo y el maíz. El arroz es rico en nutrientes y contiene una serie de vitaminas y minerales. Posee una excelente fuente de hidratos de carbono complejos, y es considerado la mejor fuente de energía. Sin embargo, una gran cantidad de estos

nutrientes se pierden durante el descascarado y pulido, lo que convierte el arroz integral en arroz blanco mediante la eliminación de la cascarilla de arroz y salvado exterior para revelar el grano blanco.

En los últimos 2.000 años, la dispersión y el cultivo de las variedades de arroz cultivadas en nuevos hábitats han acelerado aún más el proceso de diversificaciones. Hoy en día, miles de variedades de arroz se cultivan en más de 100 países. (IRRI y col., 1997)

En el Ecuador, el INIAP ha desarrollado diferentes hibridaciones con el fin de mejorar la productividad y la resistencia a las plagas, estos cambios genéticos podrían haber afectado las características de las variedades originales.

Por lo tanto, es importante definir las características físicas, tecnológicas y reológicas de las variedades INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17 para determinar los posibles usos industriales y con esto el arroz ecuatoriano encuentre otro mercado para su comercialización.

1.2 Objetivos

Objetivo general

Determinar los usos tecnológicos de las variedades de arroz INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17 analizando sus características físicas, tecnológicas y reológicas.

Objetivo especifico

- Comparar las características físicas de las variedades de arroz INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17.
- Comparar las características tecnológicas de las variedades de arroz INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17.
- Comparar las características reológicas de las variedades de arroz INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17.

1.3 Limitaciones.

- Una de las limitantes fue la escasa producción de arroz en este invierno debido a las fuertes lluvias y a las plagas que atacaron a los sembríos de arroz.

CAPÍTULO 2

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Situación Actual de los Cultivos de Arroz en el Ecuador.

El arroz es el cultivo más extenso del Ecuador, siendo de gran importancia socioeconómica ya que ocupa más de la tercera parte de la superficie de productos transitorios del país. Según el Censo Nacional Agropecuario del 2002, se registra que se cultivaron 343.936 hectáreas, en las cuales el 80% son pequeños productores de hasta 20 hectáreas.

En lo que refiere a la cosecha arrocera de invierno del 2012, los productores sufrieron los estragos del cambio climático y un fuerte impacto por el ataque de plagas y enfermedades, la consecuencia fue la escasez de producto en el mercado. La producción arrocera disminuyó debido a una serie de factores como: prácticas agronómicas inapropiadas para el manejo del cultivo, que

contribuyen a la diseminación de patógenos (hoja blanca, manchado de grano) y la eliminación de la fauna benéfica causando un desbalance biológico. Factores climáticos adversos tales como: inundaciones, alta humedad relativa, alta temperatura crearon condiciones favorables para el desarrollo de enfermedades como Pyricularia, Sarocladium y la dispersión del caracol manzana. Finalmente, el uso generalizado y continuo de semillas recicladas, adulteradas, sin tratamiento y que dispersan Sarocladium, Biplaris y malezas nocivas.

El INIAP señala que reportó una pérdida del 40% en la cuenca baja del Guayas, en la provincia de Manabí del 20 al 40% y con un mayor grado de pérdidas se reportó en el cantón Arenillas en la provincia de El Oro cuyos niveles son entre el 40% y el 80%.

Esta situación provocó el incremento del precio en el mercado, teniendo que recurrir a la importación desde Perú. Este fue el detonante para evidenciar todas las debilidades que tiene el sector arrocero, y que aún no se logra encontrar una fórmula de control.

2.2 Variedades de arroz ecuatoriano

En el Ecuador, el Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIAP) obtiene semillas registradas y las entrega a la empresa privada. Luego, éstas las multiplican y venden a los productores. En el país, el uso de las semillas certificadas de arroz cubre aproximadamente un 15 % del área sembrada, la mayor superficie de siembra (85%) se realiza con grano comercial como “semilla” o semilla “pirata”, siendo este factor determinante para el bajo uso de semillas certificadas. (INIAP, 2007).

El Programa de Arroz INIAP desde 1969 ha investigado y generado 12 variedades de semillas (2, 6, 7, 415, 10, 11, 12, 14, 15, 16, 17, 18) para la producción arrocera del país, estas variedades poseen características superiores y diferentes a las variedades tradicionales como: precocidad, resistencia a enfermedades, insectos, plagas y altos rendimientos.

Para objeto de este estudio se utilizaron 3 variedades de semillas las cuales son; INIAP 14, INIAP 15 e INIAP 17.

2.3 Composición del Arroz.

El arroz es un cereal que se consume principalmente como grano entero. Los elementos ambientales contribuyen a aumentar el contenido proteico; como tipo de suelo, temperatura ambiental de maduración y duración del crecimiento. Estos elementos también aumentan el contenido de ceniza del arroz pero no influyen en su contenido de grasa. La nutrición mineral repercute en el contenido proteico del grano de arroz (Huang, 1990).

Proteína El contenido de proteína en el arroz es limitado en el arroz descascarado es de 8.9% mientras que en el pilado es de 7.6 - 9%. En media taza de arroz cocido se encuentra entre 2.0 a 2.5 mg de proteína.

Por otro lado, en el arroz los ocho aminoácidos esenciales (Isoleucina, Leusina, Lisina, Metionina, Fenilanina, Triptófano, Treonina y Valina) están bien balanceados pues se encuentran en las cantidades necesarias para que las proteínas se sinteticen.

Grasa El arroz contiene únicamente una mínima cantidad de grasa entre 0.2 gramos en media taza de arroz blanco cocido y 0.9

gramos en media taza de arroz moreno cocido, 2% en el arroz descascarado y 0.34 en el arroz pilado.

La grasa es la fuente más concentrada de energía. Además de proporcionar energía, la grasa contribuye con la absorción de vitaminas que son solubles en esta. El ácido graso es la unidad básica en las grasas. Todos los ácidos grasos requeridos por el cuerpo pueden ser sintetizados de carbohidratos, grasa o proteínas a excepción de uno el ácido linoleico. El ácido linoleico representa el 30% del total de los ácidos grasos que se encuentran en el arroz.

Carbohidratos Los carbohidratos son importantes en la dieta. El arroz contiene un gran porcentaje de carbohidratos variando entre 23.3 y 25.5 gramos por 100 gramos de arroz cocido, 77.2% en arroz descascarado y 79.4 - 90.8% en arroz pilado.

Fibra Los alimentos ricos en fibra ayudan al funcionamiento del sistema digestivo y reducen el riesgo de desarrollo de desordenes intestinales. En media taza de arroz blanco encontramos 0.2 gramos de fibra, en el arroz descascarado 1% y en arroz pilado 0.2%.

Enriquecimiento El arroz contiene tiamina, niacina y hierro. Sin embargo, durante el proceso de molido las cantidades de estos nutrientes son reducidos. Para compensar esta perdida, el arroz es enriquecido con tiamina, niacina y hierro. Todo arroz enriquecido es adicionalmente fortificado con ácido fólico. Los niveles de enriquecimiento de estos nutrientes que están especificados por el Departamento de Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA).

Ácido Fólico El ácido fólico ha demostrado contribuir con la maduración de las células rojas y en la síntesis de ADN y ARN. La FDA recomienda el consumo de 400 miligramos de ácido fólico al día provenientes de una dieta variada. En las comidas que contienen ácido fólico se incluyen los granos secos, vegetales verdes, frutas y jugos de fruta. Media taza de arroz blanco fortificado contiene 8% del consumo diario requerido.

Tiamina La tiamina (vitamina B-1) funciona como parte de una coenzima que contribuye con el rompimiento de la glucosa para generar energía. El funcionamiento adecuado de la tiamina mantiene el cerebro y las células nerviosas sanas, el corazón en buen estado, el apetito normal y una adecuada agilidad mental.

Como la tiamina no puede ser almacenada por el cuerpo, es importante incluir en la dieta diaria alimentos que contengan este nutriente. Incluir granos enteros, pan enriquecido y cereal en la dieta es la mejor forma de conseguir tiamina. Media taza de arroz moreno cocido proporciona 6% del consumo diario requerido. Y media taza de arroz blanco cocido proporciona 7% del consumo diario requerido.

Niacina La niacina también es requerida en el rompimiento de glucosa para la producción de energía. La niacina es esencial para la salud de la piel y el sistema nervioso. Media taza de arroz blanco cocido proporciona 6% del consumo diario requerido.

Hierro La mayor cantidad del hierro en el cuerpo humano esta presente en la hemoglobina, una proteína que consiste de un compuesto metálico y que esta atada a una proteína llamada globina. La hemoglobina transporta el oxigeno necesario a los tejidos para que se lleve acabo el proceso de oxidación en las células. El hierro es un elemento importante de muchas enzimas que son requeridas para el rompimiento de la glucosa y los ácidos grasos en energía. Media taza de arroz blanco cocido proporciona 7% del consumo diario requerido.

Riboflavina El arroz contiene una pequeña cantidad de riboflavina (vitamina B-2), metabólicamente importante para la producción de energía y el mantenimiento de la piel y el tejido de los ojos. Media taza de arroz blanco cocido proporciona 1% del consumo diario requerido.

Calcio El calcio es requerido para mantener los huesos y evitar la osteoporosis; un decrecimiento en la densidad de hueso que puede llevar a fracturas e inhabilidades. El arroz descascarado contiene 0.084% y el pilado contiene 0.009% de este mineral.

Fósforo El fósforo es muy importante en la construcción de huesos y dientes y juega un papel importante en el metabolismo. Media taza de arroz blanco cocido proporciona 3% del consumo diario requerido.

A continuación se muestra en la tabla 2.1 la composición nutricional en el grano de arroz según su perfil biológico.

TABLA 1
COMPOSICIÓN NUTRICIONAL DEL GRANO DE ARROZ

COMPOSICIÓN DE LOS NUTRIENTES DEL GRANO DE ARROZ			
PERFIL BIOLOGICO	**DESCASCARADO**	**PILADO**	**POLVILLO**
Proteína %	8.9	7.6 – 9.0	8.5 – 12
Grasa %	2	0.34	13
Carbohidrato %	77.2	79.4 – 90.8	40
Calorías en 100gr	356	351	-
Fibra	1	0.2	12
Vitaminas (p.p.m)			
Tiamina	3.5	0.6 – 10	20.1
Riboflavina	0.8 - 1.0	0.28	2
Ácido Nicotínico	55	15 – 20	25
Ácido Pantoténico	17	6.4	20
Piridoxina	10.3	4.5	-
Colina	-	880	-
Vitamina A (I.U/gr)	0.5 – 1.0	-	-
Minerales			
Calcio	0.084	0.009	0.08
Magnesio	0.119	0.028	0.67
Potasio	0.342	0.079	1.08
Sodio	0.078	0.028	-
Fósforo (p.p.m)	0.29	0.096	1.36
Manganeso (p.p.m)	-	10.14	11.6
Cobre	3.6	1.9	-

2.4 Requisitos de Calidad del Arroz Pilado

Los requisitos que debe cumplir el arroz pilado se explicaran a continuación:

- Los porcentajes máximos de semillas objetables, arroz con cáscara, impurezas, granos dañados: por calor, insectos, hongos; granos rojos, granos yesosos, granos partidos y por otras causas se especificaran en la tabla 2 (ver Anexo 1).

TABLA.2

REQUISITOS DE ARROZ PILADO

Grado	Semillas objetables en 100g	Arroz con cascara (granos en 100g)	Impurezas	Porcentajes máximos en masa. Granos dañados					Granos rojos %	Granos nuevos %	Granos partidos %
			%	Por calor	Por insectos	Por hongos	Por otras causas	Totales			
1	1	0	0,1	1,0	1,0	0,5	0,5	3,0	0,5	3,0	10,0
2	3	2	0,1	2,0	2,0	1,0	1,0	6,0	1,0	5,0	15,0
3	5	3	0,2	3,0	3,0	1,0	1,0	8,0	2,0	8,0	18,0
4	8	4	0,2	5,0	3,0	1,0	1,0	10,0	3,0	8,0	21,9

Fuente: Norma INEN, 1987

- Los niveles de infestación, deberán cumplir con las especificaciones establecidas en la tabla 3.

TABLA 3

NIVELES DE INFESTACIÓN

Nivel	**No. de insectos vivos en 1 000g de arroz pilado**		**No. total de insectos permitidos**		**Método de ensayo**
	Primario	Secundario	Primario	Secundario	
Libre	0	0	0		INEN 1 236
Ligeramente infestado	1 a 3	1 a 4	4		
Infestado	Mayor de 3	Mayor de 4	Mayor de 4		

Fuente: Norma INEN, 1987

- Los requisitos microbiológicos, deberán cumplir con las especificaciones establecidas de acuerdo con la Norma ecuatoriana INEN 1463 se describe en la tabla 4

TABLA 4

REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS

Requisitos	Máx. 1/g	Método de ensayo
Bacterias activas	300.000	INEN 1 463
Levaduras y mohos	500	
Bacterias coliformes totales	20	
Gérmenes patógenos	Neg.	

Fuente: Norma INEN, 1987

- El contenido de humedad, debe ser del 14% como máximo, para todas las clases de arroz determinado de acuerdo con la Norma INEN 1235.

- El producto no debe contener residuos de plaguicidas o sus metabolitos superiores a las tolerancias máximas admitidas por las regulaciones vigentes. En caso de no existir Normas Ecuatorianas, hasta tanto existan éstas, se tomarán las regulaciones que indica el F.D.A., el Codex Alimentarious FAO/OMS.

2.5 Usos Tecnológicos del Almidón.

El almidón es una materia prima con un amplio campo de aplicaciones que van desde la impartición de textura y consistencia en alimentos hasta la manufactura de papel, adhesivos y empaques biodegradables (Zhao y Whistler, 1994).

En la tabla 5 se detalla con mayor amplitud los usos que tiene el almidón industrialmente:

TABLA 5

USOS INDUSTRIALES DEL ALMIDÓN

INDUSTRIA	USOS
Alimentaria	- Preparación de edulcorantes (glucosa, fructuosa) - Sustituto de la harina de trigo, en la repostería, pastelería. - Espesante y estabilizante en helados, gelatinas, sopas y salsas. - Fabricación de galletas y bizcochos. - Fuente de alcohol para licores.
Farmacéutica	- Materia prima para la fabricación de dextrosa (suero) - Excipiente o mezcla para los comprimidos y pastillas - Relleno en píldoras, tabletas y otros productos de la industria farmacéutica.
Textil	- Engrudo o gel.

	- Material para dar apresto a los tejidos
Papelera	- Engrudo para la fabricación de pasta de papel, papel couché, papel kraft, cartón.
Minería y Petrolera	- Agente floculante en las minas de potasio y en las perforaciones petrolíferas. - Materia prima para el tratamiento de aguas usadas para metales pesados (cobre, níquel). - Floculante selectivo para recuperar vanadio, en la metalurgia del plomo y el cobre.
Química	- Fabricación de colas y pegamentos - La esterificación de este produce poliéster para la fabricación de espumas de poliuretano.

Fuente: Primo,1995

Específicamente, en la industria de alimentos es importante considerar las características físicas, tecnológicas y reológicas de los almidones para que este pueda ser aplicado en procesos industriales. Entre las características más importantes se tiene:

Temperatura de gelatinización

La temperatura de gelatinización es donde los granos de almidón empiezan a absorber agua y a hincharse de forma irreversible en agua caliente. Está asociada con el contenido de amilosa, el principal

determinante de la calidad culinaria del arroz, e igualmente con la dureza del grano y el tiempo de cocción (CIAT, 1989).

El arroz que tiene una temperatura de gelatinización alta se vuelve excesivamente blando y tiende a desintegrarse cuando se cocina demasiado, pero cuando se emplea el tiempo normal de cocción queda muy crudo; el arroz con alta temperatura de gelatinización necesita más agua y más tiempo de cocción que los de temperatura de gelatinización baja o intermedia.

Los almidones que su rango de temperatura oscile entre 70,7 y 71,5 °C hacen factible su inclusión en productos que serán sometidos a altas temperaturas de procesamiento, como los productos enlatados. Mientras que los almidones que su temperatura de gelatinización este en el rango de 64,4 a 69,9 °C pueden considerarse para ser usados en productos que no requieran temperaturas elevadas, tales como caramelos tipo chiclosos o natillas, pudines. (Hernández y col., 2008)

Grado de blancura

Las aplicaciones se relacionan directamente con las exigencias del mercado y la calibración de los equipos de blanqueo y pulimento de tal

manera que se consigan los mejores resultados. Se considera comercialmente aceptable el arroz que posee 40 grados Kett de blancura. A mayor blanqueamiento del grano mejor será el proceso de absorción de agua (Ediagro, 2007). En el Ecuador se comercializa el arroz con una blancura de 37 y 38 grados Kett, mientras que países como Venezuela y Colombia lo prefieren con 39 y 40 grados Kett (INEN, 1987).

Granos rojos.

Son granos de arroz pulido que presentan un color rojo visible en cualquier parte de su superficie. Constituye una de las malezas de más difícil control debido a su comportamiento agresivo en el campo, ya que compite por agua, nutrientes y espacio, disminuyendo los rendimientos, la calidad del grano y de las semillas.

Este provoca reducción en los rendimientos agrícolas e industriales del arroz comercial ya que debe ser sometido a varias cesiones de pulido para remover la pigmentación roja de su pericarpio, provocando así un alto porcentaje de fragmentación de los granos, y por ende, pérdida en la calidad comercial y culinaria del arroz (Arias y Chaparro, 1976).

Para considerar al grano de arroz de primera calidad el porcentaje de granos rojos debe encontrarse por debajo del 1% por cada 100gr de muestra (INEN, 1987).

Granos partidos

El arroz es el único grano que se comercializa y consume principalmente en estado entero. En la mayor parte de los mercados desarrollados de arroz el grano quebrado tiene precio inferior al entero. La relación de precios enteros y quebrados se encuentra normalmente entre 1.5 y 2.5 (Ediagro, 2007).

Para ser considerado un arroz de grado 1 debe poseer hasta el 10,0 % de granos partidos, de grado 2 hasta 15,0%, de grado 3 hasta 18,0% y de grado 4 hasta 21,9% por cada 25 gr (INEN, 1987).

Índice de absorción de agua y poder de hinchamiento

El índice de absorción de agua y el poder de hinchamiento se utiliza para medir la capacidad de retención de agua por el almidón modificado después de algún tratamiento, por ejemplo, térmico (Ruales y col., 1993)

Las características del almidón juegan un rol fundamental en el desarrollo de nuevos productos alimenticios, debido a la gama de propiedades funcionales de éste como espesante (sopas), formador de gel (gomas), estabilizador coloidal (salsas) y otras (Pérez, 1996). El índice de absorción, el poder de hinchamiento y la solubilidad en agua, estas características del almidón influyen en la palatabilidad de los alimentos preparados (Ruales y col., 1993).

Claridad de los geles

La claridad de los geles de almidón es uno de sus atributos importantes y ha sido reportado como uno de los parámetros claves en su calidad. El nivel de transparencia u opacidad presentado, los cuales influyen directamente sobre las características de brillantez y opacidad del color de los productos en los que se empleen como espesantes (Betancur y col., 2001).

Los almidones que presentan valores elevados de transmitancia, entre el rango de 24,6 - 51,8 podrían ser utilizados en alimentos como mermeladas, gelatinas, y en confitería para la elaboración de gomitas. Mientras que los almidones que presenten valores de transmitancia

menores pueden ser utilizados en alimentos poco transparentes, como las mayonesas, los productos cárnicos, las bebidas concentradas tipo néctar o los productos de panificación (Hernández y col., 2008).

Viscosidad

La viscosidad es una de las principales características del almidón ya que dependiendo de esta tendrá diferentes aplicaciones.

De acuerdo a su uso si tiene una viscosidad baja (menor a 1000cP) se lo usará para la elaboración de zumo de frutas, leche, aceite vegetal; si posee una viscosidad alta (mayor a 1000cp) se lo puede usar como espesante en diversos tipos de miel y salsas.

Número de caída

El Índice de Caída del grano de arroz es una forma de medir la actividad de las enzimas alfa-amilásicas las cuales se producen en pequeñas cantidades cuando el grano de arroz ha crecido de una manera sana y ha sido almacenado en condiciones ambientales secas. En situaciones de altos contenidos de humedad, por encima del 15%, se produce una activación y aumento de la actividad de alfa-amilasa

debida a la germinación incipiente de los granos que produce un perjuicio sobre el comportamiento de los almidones y una degradación muy importante del valor comercial de los granos y harinas (Cauvain, 2009)

Las masas producidas con harinas de alto contenido alfa-amilásico tienen propiedades físico-químicas inapropiadas que influencian negativamente la calidad del pan.

Los valores menores a 200 segundos generalmente indican daño significativo por enzima alfa-amilasa. Esta condición da como resultado panes con bajo volumen y miga pegajosa (indeseable). Cuando el índice de caída se encuentra entre 250 y 300 con esta harina se puede realizar pan común, magdalenas, bizcochos, panes grandes (hogazas), si el rango se encuentra entre 325 y 400 es utilizado para realizar biscotes, pan candeal, colines, pan de Viena; cuando el rango esta entre 350 y 450 esta harina se emplea para elaborar croissants, hojaldres, pan chapata, pan integral y pan de molde (Gil, 2010)

CAPÍTULO 3

3. MATERIALES Y MÉTODOS.

3.1 Materia prima

Para el objeto de esta investigación se usará las variedades INIAP 14, 15 y 17, adquiridas en la Estación Experimental Boliche del Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP).

Las muestras fueron cosechadas entre los meses de Marzo y Mayo.

INIAP 14

Fue desarrollada por el INIAP, FENARROZ Y GTZ (Agencia Alemana para el Desarrollo), asociadas y ejecutoras del Proyecto Integral Arroz, PI-Arroz, frente a la demanda de variedades, con buenas

características agronómicas ingresó la variedad “INIAP 14” Filipino en 1993 desde el PHIL RICE de Filipinas con el nombre clave PSBRC12. En el país ha sido evaluada bajo condiciones de lluvia en la Estación Experimental Tropical Pichilingue (Quevedo), el Vergel (Valencia), provincia de los Ríos; y bajo riego en Daule y Samborondón, Provincia del Guayas (INIAP, 1999). Las características morfológicas y agronómicas de esta variedad se detallan en la tabla 6.

TABLA 6
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y AGRONÓMICAS DE INIAP 14

Características	Valores
Ciclo Vegetativo (riego, trasplante)	115 a 127 días
Altura de planta	99 a 107 cm
Numero de panículas por plantas	14 a 38
Longitud del grano	7.1 mm
Ancho del grano	2.19 mm
Granos llenos por panículas	89
Peso de 1000 granos	26 g
Grano entero al pilar	62 %
Latencia	4 a 5 semanas

Fuente: INIAP, 1999

En la tabla 7 se presenta la reacción a las plagas y enfermedades de esta variedad.

TABLA 7

REACCIÓN A PLAGAS Y ENFERMEDADES DE INIAP 14

Enfermedad	Reacción
Hoja blanca	Moderadamente resistente
Pyricularia orizae	Resistente
Tagosodes oryzicola	Resistente
Acame	Resistente

Fuente: INIAP, 1999

INIAP 15

Fue desarrollada por el Programa Nacional de ARROZ de INIAP a partir del año 2000 a través de hibridaciones. Proviene del cruce de IR 18348-36-3/CT 10308-27-3-1P-3-3P, y su pedigrí es IN119-8-25-1. Evaluada con segregante hasta el 2003. Posteriormente ingreso ensayos de línea de observación, ya partir de esa fecha se evaluó en ensayos de rendimiento hasta el 2006 en las zonas de Boliche, Taura, Daule, Santa Lucia, Samborondón bajo condiciones de riego (INIAP,

2006). Las características morfológicas y agronómicas de esta variedad se detallan en la tabla 8.

TABLA 8
CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y AGRONÓMICAS DE INIAP 15

Características	Valores
Ciclo vegetativo	117 a 128 días
Altura de planta	89 a 108 cm
Numero de panículas por plantas	17 a 25
Granos llenos/ panícula	145
Peso de 1000 granos	25g
Longitud de grano	7.5 mm
Grano entero al pilar	67 %
Latencia	4 a 6 semanas

Fuente: INIAP, 2006

En la tabla 9 se presenta la reacción a las plagas y enfermedades de esta variedad.

TABLA 9

REACCIÓN A PLAGAS Y ENFERMEDADES DE INIAP 15

Enfermedad	Reacción
Hoja blanca	Moderadamente resistente
Pyricularia grisea o quemazón	Resistente
Acame	Resistente

Fuente: INIAP, 2006

INIAP 17

La variedad INIAP 17, fue obtenida por el Programa Nacional del Arroz, durante el periodo comprendido entre los años 2001 y 2008. Proviene del cruce de las líneas IN69-M-9-1/IN19-3-M-M-M-2-M, realizado en la Estación Experimental del Litoral Sur y su pedigree es IN198-M-2-1 (INIAP, 2010). Las características morfológicas y agronómicas de esta variedad se detallaran en la tabla 10.

TABLA 10

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS Y AGRONÓMICAS DE INIAP 17

Características	Valores
Ciclo Vegetativo	117 a 140 días
Altura de planta	83 a 117 cm
Número de panículas por plantas	18 a 20
Longitud del grano	7.64 mm
Ancho del grano	2.52 mm
Granos llenos/panículas	136
Peso de 1000 granos	28 g
Grano entero al pilar	62 %
Latencia	6 a 8 semanas

Fuente: INIAP, 2010

En la tabla 11 se presenta la reacción a las plagas y enfermedades de esta variedad.

TABLA 11

REACCIÓN A PLAGAS Y ENFERMEDADES DE INIAP 17

Enfermedad	Reacción
Hoja blanca	Moderadamente resistente
Pyricularia grisea	Tolerante
Tagosodes oryzicola	Tolerante
Acame	Tolerante

Fuente: INIAP, 2010

ANÁLISIS BROMATOLÓGICOS:

En la tabla 12 se muestran los valores promedios de proteína, grasa, ceniza, humedad, fibra digerible neutra y ácida.

TABLA 12

VALORES BROMATOLÓGICOS DE LAS VARIEDADES DE ARROZ INIAP 14, INIAP 15 E INIAP 17.

Variedad	Proteína (%)	Grasa (%)	Ceniza (%)	Humedad (%)	Fibra Digerible neutra(%)	Fibra Digerible ácida (%)
INIAP 14	8,83 ±0,07	1,00±0,09	0,68±0,04	12,23±0,08	0,95±0,26	0,44±0,10
INIAP 15	10,04±0,02	0,86±0,04	0,64±0,01	13,16±0,07	0,75±0,18	0,41±0,08
INIAP 17	8,16±0,01	0,90±0,04	0,73±0,01	13,42±0,01	0,79±0,19	0,31±0,09

Elaborado por: Katherine Ceavichay – Diego Valenzuela, 2012

3.2 Caracterización Física

3.2.1. Temperatura Inicial 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 dejo 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.

3.2.2 Grado de Blancura

Para determinar la blancura del arroz se utilizó un medidor digital de blancura de arroz marca KETT C-300 (figura 3.1). Aquí

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.

FIGURA 3.1 MEDIDOR DIGITAL DE BLANCURA DE ARROZ KETT (C-300)

3.2.3 Granos Rojos

Se realiza la determinación de granos rojos según Norma INEN 1236, la cual se realiza 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.

$$\%GR = \frac{\text{Peso de los granos rojos}}{\text{Peso de la muestra}} * 100 \qquad \textit{Ec.1}$$

3.2.4 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.

$$\%GP = \frac{\text{Peso de los granos partidos}}{\text{Peso de la muestra}} * 100 \qquad \textit{Ec.2}$$

3.3 Caracterización Tecnológica

3.3.1 Índice de Absorción de Agua

La capacidad de absorción de agua se determinó por el método (Anderson y col., 1969) con algunas modificaciones. 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.

$$IAA = \frac{\text{Peso del gel}}{\text{Peso de la muestra (bs)}} \qquad \textit{Ec.3}$$

FIGURA 3.2 CENTRIFUGA HERMIE (Z300)

3.3.2 Poder de Hinchamiento

El poder de hinchamiento se determinó por el método (Anderson y col., 1969) con algunas modificaciones. 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.

$$PH = \frac{\text{Peso del gel}}{\text{Peso de la muestra (bs)} - \text{Peso de solidos solubles}} \qquad \textit{Ec.4}$$

3.3.3 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) (figura 3.3), previamente ajustado a cero con agua desionizada.

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

FIGURA 3.3 ESPECTROFOTÓMETRO UV/VIS PERKINELMER (LAMBDA 25)

3.4 Caracterización Reológica

3.4.1 Viscosidad

La viscosidad fue determinada con el Viscosímetro marca Brookfield (DV-II +Pro) (fig. 3.4) 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.

FIGURA 3.4 VISCOSÍMETRO BROOKFIELD (DV-II +PRO)

3.4.2 Número de Caída

Para el número de caída se empleó 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) (fig.3.5). 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.

FIGURA 3.5 FALLING NUMBER (FN 1500)

3.5 Procesamiento de datos estadísticos

Se realizaron 15 réplicas 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.

CAPÍTULO 4

4. RESULTADOS

4.1 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 fases entre los 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^{O}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 parara 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).

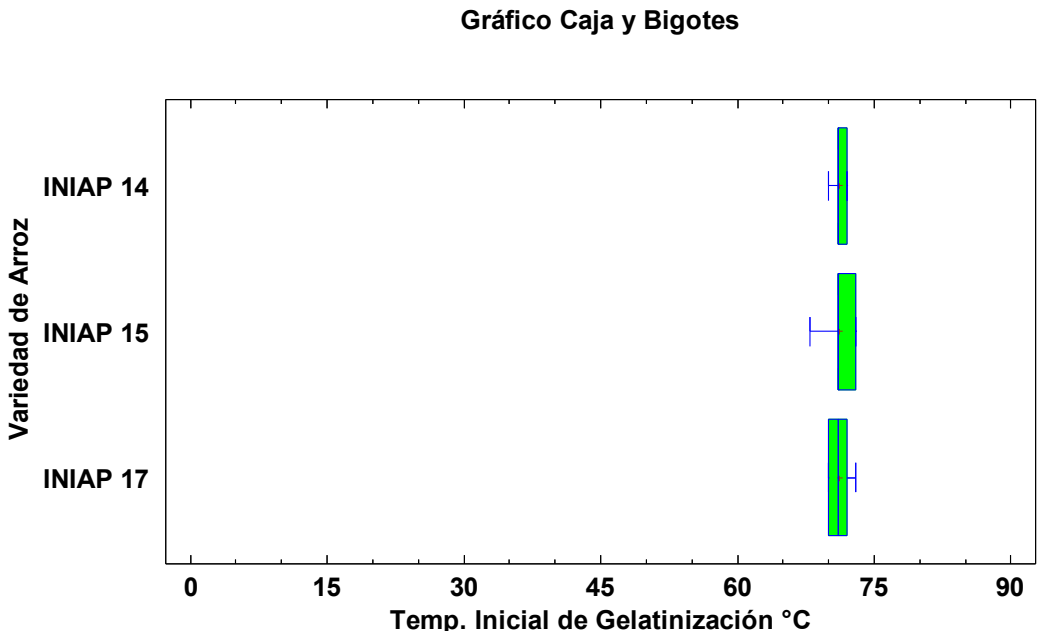

FIGURA 4.1 GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTE DE TEMPERATURA DE GELATINIZACIÓN DE ARROZ DE INIAP 14, INIAP 15 E INIAP 17

Elaborado por: Katherine Ceavichay – Diego Valenzuela, 2012

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).

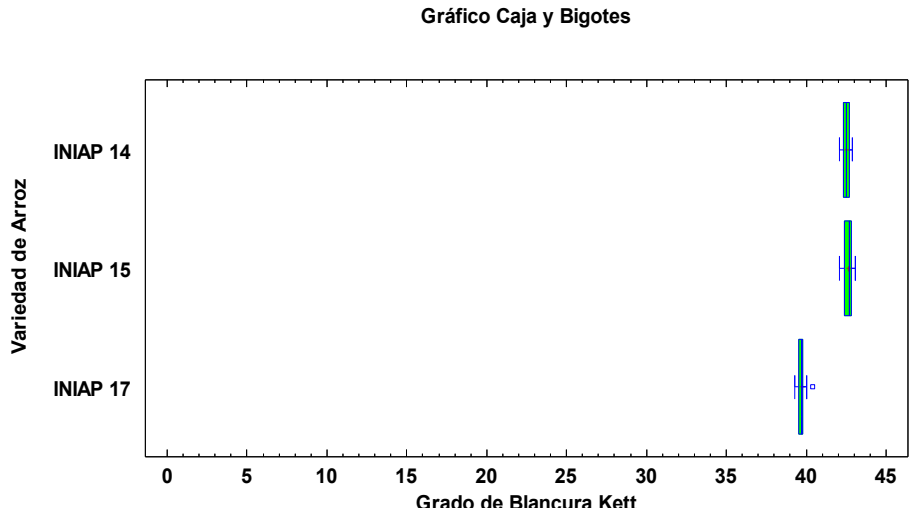

FIGURA 4.2 GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTE DE GRADO DE BLANCURA DE ARROZ DE INIAP 14, INIAP 15 E INIAP 17

Elaborado por: Katherine Ceavichay – Diego Valenzuela, 2012

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).

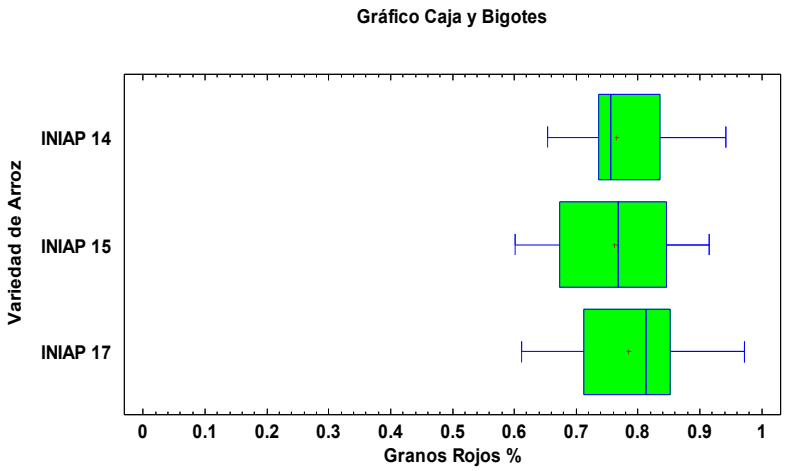

FIGURA 4.3 GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTE DE GRANOS ROJOS DE INIAP 14, INIAP 15 E INIAP 17

Elaborado por: Katherine Ceavichay – Diego Valenzuela, 2012

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).

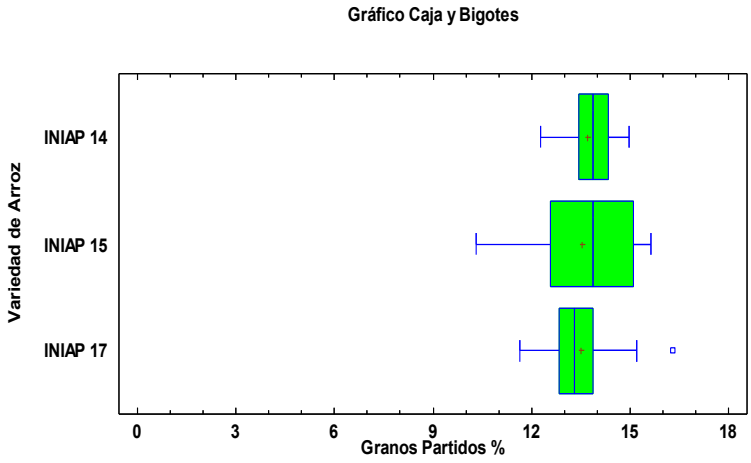

FIGURA 4.4 GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTE DE GRANOS PARTIDOS DE INIAP 14, INIAP 15 E INIAP 17

Elaborado por: Katherine Ceavichay – Diego Valenzuela, 2012

4.2 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 porque estos requieren de una alta absorción de agua. (Pérez, 1996).

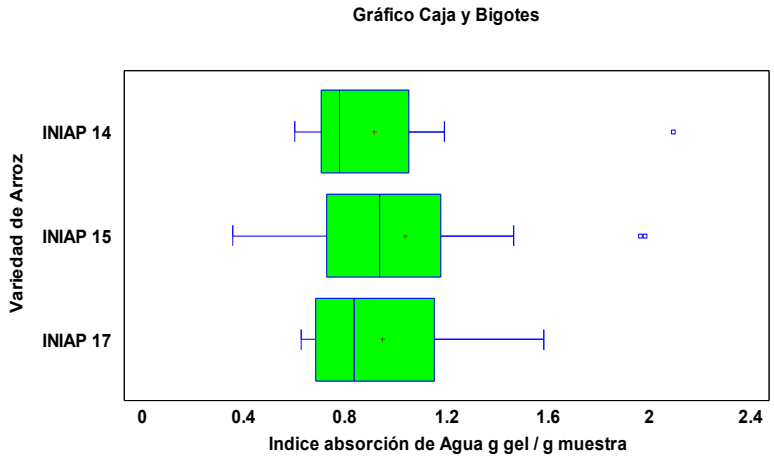

FIGURA 4.5 GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTE DE ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA DE INIAP 14, INIAP 15 E INIAP 17

Elaborado por: Katherine Ceavichay – Diego Valenzuela, 2012

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 gráfico 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).

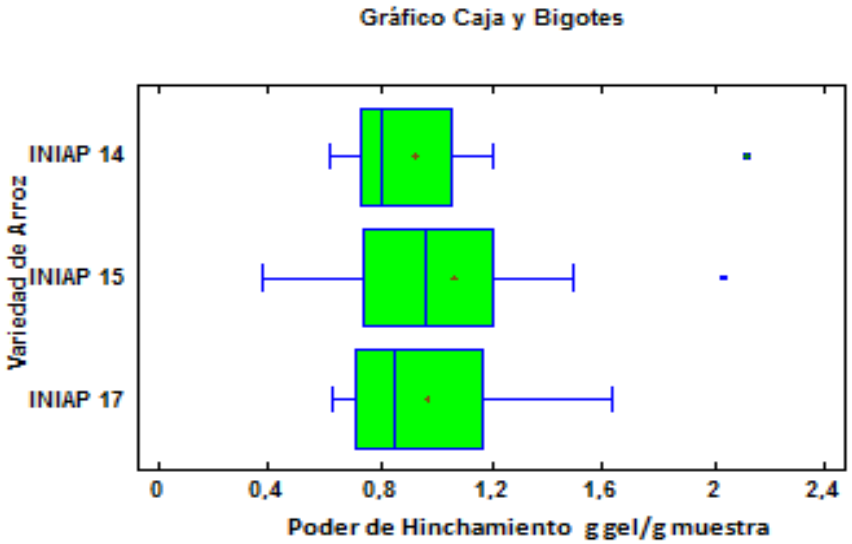

FIGURA 4.6 GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTES DE PODER DE HINCHAMIENTO DE VARIEDADES DE ARROZ INIAP 14, INIAP 15 E INIAP 17

Elaborado por: Katherine Ceavichay – Diego Valenzuela, 2012

Claridad de los Geles

Dependiendo del nivel de transparencia u opacidad de los geles de almidón; se usarán 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).

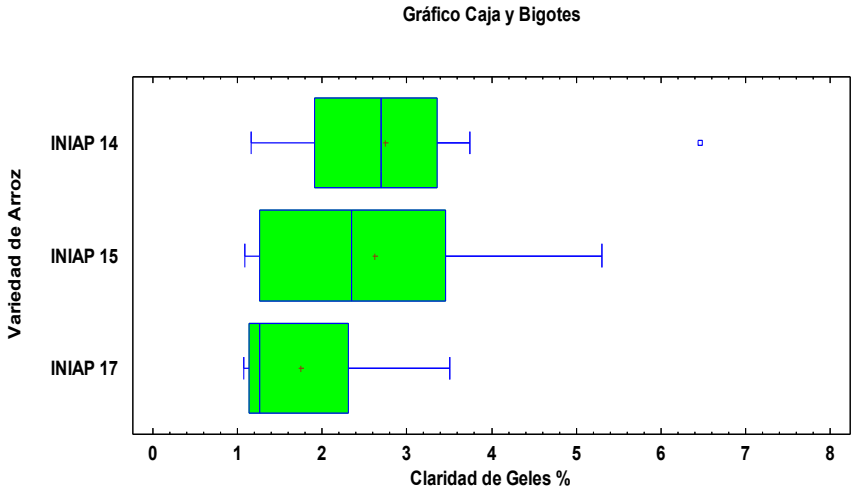

FIGURA 4.7 GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTE DE NÚMERO DE CAÍDA DE VARIEDADES DE ARROZ INIAP 14, INIAP 15 E INIAP 17

Elaborado por: Katherine Ceavichay – Diego Valenzuela, 2012

4.3 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.

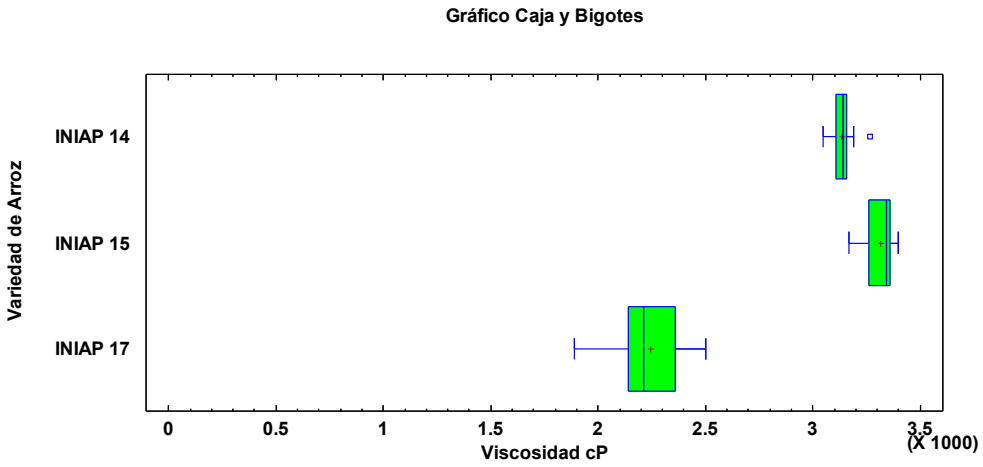

FIGURA 4.8 GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTE DE VISCOSIDAD DE VARIEDADES DE ARROZ INIAP 14, INIAP 15 E INIAP 17

Elaborado por: Katherine Ceavichay – Diego Valenzuela, 2012

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 del 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).

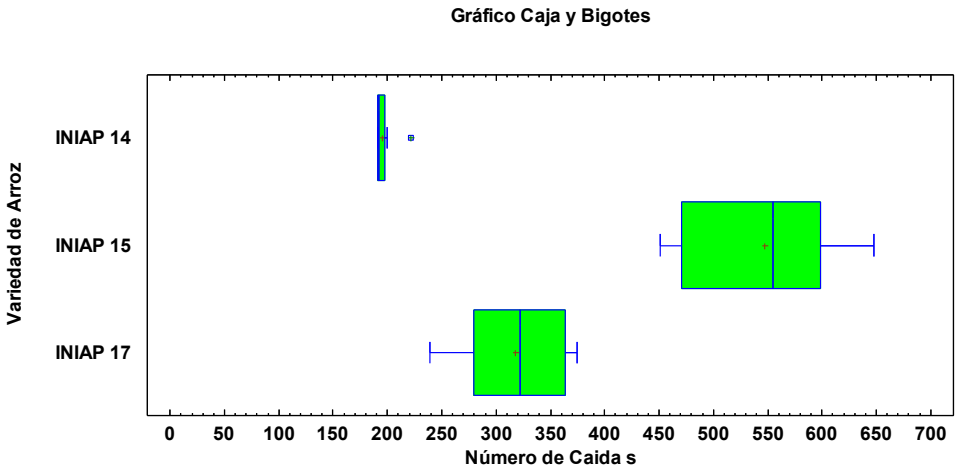

FIGURA 4.9 GRÁFICO DE CAJA Y BIGOTE DE NÚMERO DE CAÍDA DE VARIEDADES DE ARROZ INIAP 14, INIAP 15 E INIAP 17

Elaborado por: Katherine Ceavichay – Diego Valenzuela, 2012

4.4 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.

CAPÍTULO 5

5. 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 estas 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.

ANEXOS

Anexo 1

Norma 1234

GRANOS Y CEREALES ARROZ PILADO REQUISITOS

TERMINOLOGÍA

Arroz pilado. Es el grano proveniente de cualquier variedad de la gramínea Oriza Sativa L. al que se le quita la cáscara, el germen y las capas de aleurona que componen el salvado; se le conoce también como arroz elaborado o arroz blanco.

Grado de pulimento. Es la condición o el estado final alcanzado por el grano una vez que ha sufrido la operación del pilado.

Los grados de pulimento considerados son tres:

Bien pulido. Grado que presentan los granos de arroz elaborados, desprovistos de la cáscara, el germen las capas de aleurona y que no contienen harina de pulimento.

Pulido. Este grado lo presentan los granos de arroz elaborado desprovistos de su cáscara y el germen, pero que conservan vestigios de capas aleuronas y harina de pulimento.

Medianamente pulido. Posee este grado los granos de arroz elaborados y desprovistos de su cáscara y el germen, pero que conservan parcialmente sus capas de aleurona y harina de pulimento.

Grano de arroz entero. Constituye el grano o pedazo de grano de arroz elaborado que mide 75% (3/4) o más de la longitud del grano que se considere.

Grano de arroz partido: Es el grano de arroz que mide menos de 75% (3/4) de la longitud total del grano entero que se considera.

Arrocillo grueso: Es el pedazo de grano de arroz elaborado que mide entre 25% y 24,99%.

Arrocillo fino: Es el pedazo de grano de arroz elaborado que mide entre 10% y 24,99% de la longitud total del grano entero que se considere.

Yelen: Es el pedazo de grano de arroz elaborado que mide menos del 10% de la longitud del grano entero que se considere.

Polvillo (salvado) Es el polvo obtenido al pulir los granos de arroz, después que se han separado los gérmenes y las capas externas (tegumentos y aleurona).

Cáscara. Es la cutícula o epidermos que cubre el grano de arroz, se lo conoce también con el nombre de tamo o cascarilla.

Arroz infestado. Es aquel que contiene insectos u otras placas dañinas al grano en cualesquiera de sus estados biológicos (huevo, larva, ninfa o adulto) en condición de vivos o muertos.

Grano dañado. Arroz pilado, entero, que aparece evidentemente alterado en su color, olor, apariencia, estructura o composición, por exceso de humedad, calor, inmadurez, ataque de insectos, hongos o cualquiera otra causa.

Grano dañado por calor. Arroz pilado, entero, deteriorado notablemente en su color natural, presentando una coloración de amarillo a café en sus diferentes tonalidades, por efectos del color excesivo, autocalentamiento o secamiento inadecuado.

Grano dañado por hongos. Es el arroz pilado, entero, dañado o alterado en su apariencia y estructura por la acción de agentes patógenos, fungosos, los cuales ocasionan cambios en el color y olor natural del grano.

Grano dañado por insectos. Es el arroz pilado, entero, dañado o alterado en su apariencia y estructura por el ataque de insectos.

Grano dañado por otras causas. Es el arroz pilado, entero, dañado por causas no definidas, que no coinciden con los daños enumerados anteriormente y que generalmente presentan un color diferente al natural.

Grano de contraste. Grano de arroz de tamaño y forma que difieren notoriamente de la clase o grado que se analiza.

Granos rojos. Son los granos de arroz pilado, enteros, que presentan coloración rojiza, estrías o rayas curva longitud sumada sea igual o mayor que la longitud del grano mismo.

Grano yesoso. Es el grano de arroz pilado que presenta un aspecto como de yeso o tiza en 50% de su longitud o más incluyéndose aquellos granos inmaduros de aspecto yesoso.

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) Aggarval, 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 secano. INIAP 14. Ecuador.

19) INIAP (2006). Variedad de arroz para áreas de riego y secano. 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 secano. INIAP 17. Ecuador.

22) ISI. 2002. D*etermination of viscosity of starch by Brookfield*. Science Park, Aarhus, Dinamarca. Disponible en http:// 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) Rúales, J., Valencia, S. y Nair, B. (1993). *Effect of processing on the physic-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 flavorcarriers.* Food Technology 48(7). Pág.104-105.