



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA
FACULTAD DE CIENCIAS
INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS
CURSO INTERFACULTADES DE POSTGRADO
EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE ALIMENTOS



ELABORACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE HARINAS
OBTENIDAS A PARTIR DE GRANOS DE ARROZ ENTERO
DE ORIGEN COMERCIAL.

Ing. Agr. Nora S. Techeira P.

Tutora: MSc. María Estela Matos S.

Caracas, Julio de 2006.

DEDICATORIA

*A mis padres, mis hermanos, mi esposo,
y en especial a mi hija Daniela,
quien con su mágica sonrisa e inquieto corazón,
siempre hace renacer en mí,
la perseverancia y el sentido de responsabilidad.*

AGRADECIMIENTOS

A Dios Padre Todopoderoso, por estar siempre a mi lado e iluminar mi camino en los momentos más difíciles.

A mi esposo Darío, por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y su inmensa comprensión.

A mi hija Daniela; por cada sonrisa, beso y abrazo, que inspiran una gran energía y unas inmensas ganas de vivir.

A la Universidad Central de Venezuela, por ser desde hace muchos años, la fuente de inspiración para mi desarrollo profesional, permitiéndome alcanzar grandes logros a nivel académico y laboral.

A mi tutora María Estela Matos, por su inmensa ayuda tanto a nivel profesional como personal, por toda la confianza que depositó en mí y por brindarme su amistad, en los buenos y malos momentos.

A mis padres, por todo su amor y comprensión; y por haberme formado con los valores que me hicieron seguir adelante.

A mi familia, por su apoyo incondicional y su gran amor y cariño.

A la Profesora Emperatriz Pacheco de Delahaye, por su orientación y colaboración, personal y profesional, en el transcurso de la investigación.

A la Profesora Elevina Pérez, por su gran colaboración durante toda mi carrera y en la realización de mi trabajo de investigación.

A la Profesora Zurima González, por haber sido una excelente profesora guía y por su gran ayuda en la realización de los análisis estadísticos.

A la Profesora Mercedes B. de Mosqueda, por su inmensa colaboración en muchas de las etapas de esta investigación.

Al Proyecto enmarcado en la Agenda Arroz, financiado por el Fondo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas, por el suministro de los reactivos utilizados.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos, por permitir mi crecimiento profesional y además por facilitarme el uso de sus instalaciones para desarrollar algunas de las etapas de mi investigación, relacionadas con los análisis físicos, físico-químicos y químicos.

A la Profesora Rosaura Istúriz, por permitirme utilizar las instalaciones del Laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Agronomía, de la Universidad Central de Venezuela, donde realicé ciertos análisis físicos, físico-químicos y químicos, de gran importancia para el desarrollo de mi investigación.

A la Profesora Mariela Rincón por su inmensa colaboración, al ayudarme en la realización de las curvas amilográficas, y por permitirme utilizar las instalaciones del Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Farmacia, de la Universidad Central de Venezuela.

Al Ing. Agr. Alejandro González, por su inmensa colaboración.

A la empresa Molinos de Venezuela Compañía Anónima (MOLVENCA), ubicada en Chivacoa, Estado Yaracuy, por permitirme realizar las curvas farinográficas en sus instalaciones, y en especial al Sr. Marcos Bracho, encargado del Laboratorio de Control de Calidad, por su gran colaboración y su inmensa preocupación por mi seguridad personal.

A la Profesora Gledys Delgado, por apoyarme en todo momento, y asesorarme desde el punto de vista personal y profesional.

A los Profesores: Brunilda Perdomo, Francisca Sosa, Audrey Suárez, Clemencia Borges, Lucía G. De Fariñas, Luis Brito y Luis Llanca; por creer en mi capacidad y por darme su apoyo profesional y personal para la realización de este trabajo y en mi desempeño como Becario Académico.

A Bernadette Dafonte, por su excelente ayuda durante mi estadía en el Laboratorio de Análisis del Instituto de Ciencia y Tecnología de Alimentos de la Universidad Central de Venezuela, y por siempre estar pendiente de mi desempeño.

Al señor Guevara y al señor Escalona por contribuir al buen desempeño de uno de los aspectos más importantes de este trabajo.

A mis amigas y compañeras: Reizadid y Judith; por estar siempre en contacto y preocuparse por mi bienestar.

Al Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico de la Universidad Central de Venezuela (CDCH) por el financiamiento de mi maestría.

A todas aquellas personas que me apoyaron y que con sus palabras de aliento me incentivaron a seguir adelante.

INDICE GENERAL

PORTADA	I
DEDICATORIA.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
INDICE GENERAL.....	VII
INDICE DE CUADROS.....	IX
INDICE DE FIGURAS.....	XI
RESUMEN.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	14
OBJETIVOS.....	18
REVISION BIBLIOGRÁFICA.....	19
1.- EL ARROZ.....	19
1.1.- Arroz parbolizado.....	28
1.2.- Arroz enriquecido.....	36
2.- HARINA DE ARROZ.....	39
3.- OBTENCIÓN DE HARINA DE ARROZ.....	43
4.- PROPIEDADES DE LA HARINA DE ARROZ.....	47
4.1.- Características físicas y físico-químicas.....	49
4.1.1.- Color.....	49
4.1.2.- pH y Acidez titulable.....	52
4.1.3.- Capacidad de absorción de agua y de solubilidad en agua.....	53
4.2.- Composición química.....	58
4.2.1.- Contenido de humedad.....	58
4.2.2.- Cenizas.....	62
4.2.3.- Proteínas.....	64
4.2.4.- Lípidos.....	71
4.2.5.- Almidón.....	75
4.3.- Características reológicas.....	82
MATERIALES Y MÉTODOS.....	92
1.- SELECCIÓN DE LA MATERIA PRIMA A UTILIZAR EN LA ELABORACIÓN DE LAS HARINAS.....	92
2.- ELABORACIÓN DE LAS HARINAS A PARTIR DE LOS GRANOS DE ARROZ ENTEROS.....	92
3.- CARACTERIZACIÓN FÍSICA, QUÍMICA, FÍSICO - QUÍMICA Y REOLÓGICA, DE LAS HARINAS OBTENIDAS A PARTIR DE CUATRO MUESTRAS DE GRANOS DE ARROZ ENTERO, DE ORIGEN COMERCIAL.....	94
3.1.- Análisis físicos y físico-químicos.....	95
3.1.1.- <i>Granulometría</i>	95
3.1.2.- <i>Color</i>	95
3.1.3.- <i>pH</i>	97
3.1.4.- <i>Acidez titulable</i>	97
3.1.5.- <i>Índice de absorción de agua e índice de solubilidad</i>	97
3.2.- Análisis químicos.....	98
3.2.1.- <i>Humedad</i>	98
3.2.2.- <i>Cenizas</i>	98
3.2.3.- <i>Grasa cruda</i>	99
3.2.4.- <i>Fibra cruda</i>	99
3.2.5.- <i>Proteína cruda</i>	99
3.2.6.- <i>Carbohidratos totales</i>	99
3.2.7.- <i>Almidón</i>	100
3.2.8.- <i>Amilosa</i>	101

3.2.9.- <i>Amilopectina</i>	103
3.2.10.- <i>Azúcares reductores y no reductores</i>	103
3.3.- Análisis reológicos.....	105
3.3.1.- <i>Perfil amilográfico</i>	105
4.- Caracterización microbiológica.....	107
4.1.- <i>Aerobios mesófilos totales</i>	107
4.2.- <i>Hongos y levaduras</i>	107
4.3.- <i>Coliformes fecales</i>	107
5.- Análisis estadístico.....	108
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	109
1.- GRANULOMETRÍA.....	109
2.- CARACTERIZACIÓN FÍSICA Y FÍSICO-QUÍMICA.....	111
2.1.- Color.....	111
2.2.- pH y Acidez titulable.....	114
2.3.- Índice de Absorción de agua	117
2.4.- Índice de Solubilidad en Agua.....	119
3.- CARACTERIZACIÓN QUÍMICA.....	121
3.1.- Humedad.....	121
3.2.- Cenizas.....	124
3.3.- Proteína cruda.....	125
3.4.- Grasa cruda.....	126
3.5.- Fibra cruda.....	127
3.6.- Azúcares reductores y no reductores.....	128
3.7.- Almidón.....	130
3.8.- Amilosa y Amilopectina.....	132
4.- CARACTERIZACIÓN REOLÓGICA.....	133
4.1.- Perfil Amilográfico.....	133
4.- CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA.....	150
CONCLUSIONES.....	152
RECOMENDACIONES.....	155
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	156

INDICE DE CUADROS

CUADRO 1. COMPOSICIÓN Y BALANCE ENERGÉTICO DE GRANOS ENTEROS SELECCIONADOS DE CEREALES, SIN NINGÚN TIPO DE PROCESAMIENTO.....	21
CUADRO 2. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE GRANOS DE ARROZ INTEGRALES Y DE ARROZ PULIDOS.....	23
CUADRO 3. ANÁLISIS PROXIMAL DE LAS DIFERENTES FRACCIONES ORGÁNICAS DEL ARROZ MORENO Y DE SUS FRACCIONES DE MOLIENDA, A UN 14% DE HUMEDAD.....	24
CUADRO 4. CONTENIDO VITAMÍNICO DE LA CÁSCARA Y EL SALVADO DE ARROZ, ANTES Y DESPUÉS DE LA PARBOLIZACIÓN.....	33
CUADRO 5. CONTENIDO VITAMÍNICO DEL ARROZ Y SUS DERIVADOS.....	33
CUADRO 6. REQUISITOS FÍSICOS Y QUÍMICOS ESTABLECIDOS POR LA NORMA COVENIN N° 2300-85 PARA LA HARINA DE ARROZ DESTINADA A CONSUMO HUMANO.....	48
CUADRO 7. REQUISITOS MICROBIOLÓGICOS ESTABLECIDOS POR LA NORMA COVENIN N° 2300-85 PARA LA HARINA DE ARROZ DESTINADA A CONSUMO HUMANO.....	49
CUADRO 8. DETERMINACIÓN DE LA INTENSIDAD DE COLOR BLANCO DE HARINAS DE ARROZ DE GRANO CORTO, DE LA VARIEDAD DONG-JIN, DE DIFERENTES GRADOS DE MOLIENDA.....	51
CUADRO 9. VALORES PROMEDIO PARA LA CARACTERIZACIÓN FÍSICA POR COLOR PARA HARINA DE TRIGO GRANULAR, SÉMOLA DE TRIGO Y HARINA DE ARROZ.....	52
CUADRO 10. VALORES OBTENIDOS PARA EL ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA (IAA), Y EL ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA (ISA), EN COMPARACIÓN CON EL CONTENIDO DE AMILOSA PRESENTE EN DIFERENTES MUESTRAS DE HARINAS DE ARROZ.....	57
CUADRO 11. EFECTO DEL TIPO DE MOLIENDA SOBRE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS HARINAS, OBTENIDAS A PARTIR DE DOS VARIEDADES DE ARROZ	59
CUADRO 12. ANÁLISIS PROXIMAL EN BASE SECA, DE HARINAS OBTENIDAS A PARTIR DE GRANOS DE ARROZ DE ORIGEN COMERCIAL.....	60
CUADRO 13. COMPOSICIÓN PROXIMAL DE LAS HARINAS DE ARROZ OBTENIDAS A PARTIR DE GRANOS PULIDOS, CON DIFERENTE GRADO DE MOLIENDA.....	61
CUADRO 14. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE HARINAS DE ARROZ, OBTENIDAS A PARTIR DE DOS VARIEDADES DIFERENTES, LA VARIEDAD ARAURE I Y LA VARIEDAD ARAURE IV.....	62

CUADRO 15. ANÁLISIS PROXIMAL DE CUATRO MUESTRAS DE HARINA DE ARROZ, OBTENIDAS A PARTIR DE VARIEDADES DE ARROZ CULTIVADAS EN CALIFORNIA, ESTADOS UNIDOS, EN 1976.....	67
CUADRO 16. CONTENIDO DE PROTEÍNAS DE LA HARINA DE ARROZ.....	69
CUADRO 17. VALORES PARA EL RENDIMIENTO EN PESO PROMEDIO DE LAS HARINAS PROVENIENTES DE GRANOS DE ARROZ ENTERO DE LAS MARCAS COMERCIALES A, B, C Y D, UNA VEZ CERNIDAS, HACIENDO USO DE UN JUEGO DE TAMICES DE 40, 50, 60 Y 80 MESH.....	110
CUADRO 18. VALORES PROMEDIO PARA EL ÍNDICE DE LUMINOSIDAD (L), Y DE CROMATICIDAD (a y b), OBTENIDOS PARA LAS HARINAS PROVENIENTES DE GRANOS DE ARROZ ENTERO DE LAS MARCAS COMERCIALES EVALUADAS.....	112
CUADRO 19. VALORES DE ΔE CALCULADOS ENTRE LAS MUESTRAS DE HARINAS DE ARROZ EVALUADAS.....	113
CUADRO 20. VALORES PROMEDIO PARA LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y FÍSICO-QUÍMICAS DE LAS DIFERENTES MUESTRAS DE HARINA DE GRANOS DE ARROZ ENTERO PROVENIENTES DE DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.....	115
CUADRO 21. VALORES PARA LA COMPOSICIÓN QUÍMICA EN BASE SECA DE LAS HARINAS OBTENIDAS A PARTIR DE GRANOS DE ARROZ ENTERO DE DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.....	122
CUADRO 22. VALORES PROMEDIO OBTENIDOS PARA EL CONTENIDO DE AZÚCARES REDUCTORES Y NO REDUCTORES, DE ALMIDÓN, AMILOSA Y AMILOPECTINA, EXPRESADOS EN PORCENTAJE BASE SECA, PARA LAS DIFERENTES MUESTRAS DE HARINA DE GRANOS DE ARROZ ENTERO PROVENIENTES DE LAS DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.....	129
CUADRO 23. PERFILES DE GELATINIZACIÓN, MEDIDOS CON EL VISCOAMILÓGRAFO BRABENDER, EXPRESADOS EN UNIDADES BRABENDER, DE LAS HARINAS CRUDAS OBTENIDAS A PARTIR DE GRANOS DE ARROZ ENTERO, DE DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.....	134
CUADRO 24. CARACTERIZACIÓN MICROBIOLÓGICA DE LAS HARINAS OBTENIDAS A PARTIR DE GRANOS DE ARROZ ENTEROS DE DIFERENTES MARCAS COMERCIALES.....	151

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ESTRUCTURA DETALLADA DEL GRANO DE ARROZ	22
FIGURA 2. (A) ARROZ DE GRANO REDONDO; (B) ARROZ DE GRANO LARGO; (C) ARROZ DE GRANO CEROSO.....	27
FIGURA 3. ESQUEMA TECNOLÓGICO UTILIZADO EN LA ELABORACIÓN DE ARROZ BLANCO ENTERO ENRIQUECIDO.....	38
FIGURA 4. ESQUEMA TECNOLÓGICO UTILIZADO EN LA ELABORACIÓN DE ARROZ BLANCO ENTERO MULTIENTRIQUECIDO	40
FIGURA 5. EFECTO DEL MÉTODO DE MOLIENDA SOBRE (A): PODER DE HINCHAMIENTO DE TCW70, (B): PODER DE HINCHAMIENTO DE TCSW1, (C): SOLUBILIDAD DE TCW70, (D): SOLUBILIDAD DE TCSW1 DE LAS HARINAS DE ARROZ.....	55
FIGURA 6. TERMOGRAMAS DE LA PROTEÍNA DE ARROZ (ALBÚMINA, GLOBULINA, GLUTELINA Y PROLAMINA), DEL ALMIDÓN DE ARROZ Y DE LA HARINA DE ARROZ.....	70
FIGURA 7. VISCOSIDAD AMILOGRÁFICA DE ALMIDONES DE VARIEDADES DE ARROZ CON ALTO CONTENIDO DE AMILOSA.....	83
FIGURA 8. EFECTO DEL MÉTODO DE MOLIENDA SOBRE LAS CARACTERÍSTICAS DE PASTING DE LAS HARINAS DE ARROZ TCW70 (A) Y TCSW1 (B).....	85
FIGURA 9. EFECTO DEL GRADO DE MOLIENDA SOBRE EL PICO DE VISCOSIDAD AMILOGRÁFICA DE CULTIVARES DE ARROZ DE GRANO LARGO, COSECHADOS EN 1995 Y 1996.....	87
FIGURA 10. EFECTO DEL GRADO DE MOLIENDA SOBRE EL PICO DE VISCOSIDAD AMILOGRÁFICA DE CULTIVARES DE ARROZ DE GRANO MEDIO, COSECHADOS EN 1995 Y 1996.....	87
FIGURA 11. EFECTO DEL GRADO DE MOLIENDA SOBRE EL PICO DE VISCOSIDAD RVA DE CULTIVARES DE ARROZ DE GRANO MEDIO, COSECHADOS EN 1995 Y 1996.....	88
FIGURA 12. EFECTO DEL GRADO DE MOLIENDA SOBRE EL PICO DE VISCOSIDAD RVA DE CULTIVARES DE ARROZ DE GRANO LARGO, COSECHADOS EN 1995 Y 1996.....	88
FIGURA 13. PERFILES DE RVA PARA HARINA DE ARROZ DE GRANO LARGO SIN EXTRUIR, Y HARINAS DE ARROZ DE GRANO LARGO MODIFICADAS, EXTRUÍDAS A 100°C CON DIFERENTES CONTENIDO DE HUMEDAD.....	89
FIGURA 14. CURVAS AMILOGRÁFICAS DE HARINAS DE ARROZ, OBTENIDAS DE DIFERENTES VARIEDADES.....	91
FIGURA 15. CURVA PATRÓN DE ALMIDÓN DE ARROZ “CIMARRÓN”.....	101

FIGURA 16.- CURVA PATRÓN DE AMILOSA DE ARROZ “CIMARRÓN”.....	102
FIGURA 17. VALORES DEL ÍNDICE DE ABSORCIÓN DE AGUA PARA CADA UNA DE LAS MUESTRAS DE HARINAS DE ARROZ ANALIZADAS.....	118
FIGURA 18. VALORES DEL ÍNDICE DE SOLUBILIDAD EN AGUA PARA CADA UNA DE LAS MUESTRAS DE HARINAS DE ARROZ ANALIZADAS.....	120
FIGURA 19. CURVA AMILOGRÁFICA PARA LA HARINA DE ARROZ “PREMIUM” DE LA MARCA COMERCIAL “A”, A UNA CONCENTRACIÓN DE 7%.....	136
FIGURA 20. CURVA AMILOGRÁFICA PARA LA HARINA DE ARROZ “PREMIUM” DE LA MARCA COMERCIAL “B”, A UNA CONCENTRACIÓN DE 7%.....	137
FIGURA 21. CURVA AMILOGRÁFICA PARA LA HARINA DE ARROZ PARBOLIZADO DE LA MARCA COMERCIAL “C”, A UNA CONCENTRACIÓN DE 10%.....	138
FIGURA 22. CURVA AMILOGRÁFICA PARA LA HARINA DE ARROZ ENRIQUECIDO DE LA MARCA COMERCIAL “A”, A UNA CONCENTRACIÓN DE 7%.....	139
FIGURA 23. CURVAS AMILOGRÁFICAS OBTENIDAS PARA LAS CUATRO MUESTRAS DE HARINAS DE ARROZ ANALIZADAS.....	140

RESUMEN

En el presente trabajo de investigación se elaboraron y caracterizaron física, química, físico – química, reológica y microbiológicamente, muestras de harinas obtenidas a partir de granos de arroz enteros, de cuatro marcas comerciales diferentes, de las cuales dos correspondían a granos de arroz blancos enteros, una a arroz parbolizado y la otra a arroz blanco enriquecido. Las harinas fueron elaboradas a partir de los granos de arroz, haciendo uso de un molino de martillos “Fitzpatric Comminuting Machine” modelo D, y de un molino de granos “Kitchen Aid”. La caracterización física y físico-química de cada una de las harinas consistió en la determinación de color, pH, acidez titulable y sus índices de absorción de agua y de solubilidad en agua, observándose diferencias estadísticamente significativas entre muestras, para cada uno de los parámetros descritos. Para la caracterización química se realizó un análisis proximal, donde se evidenció que existían diferencias estadísticamente significativas entre muestras, ya que la harina de arroz parbolizado fue la que presentó los mayores valores de humedad, proteína cruda y fibra cruda, mientras que la harina de arroz enriquecido fue la que obtuvo el valor más alto de grasa cruda; sin embargo, los valores correspondientes a la fracción de cenizas, no fueron estadísticamente diferentes entre muestras. En cuanto al contenido de almidón, de amilosa y de azúcares reductores y no reductores, los resultados obtenidos también fueron estadísticamente diferentes, siendo la harina de arroz parbolizado la que presentó los valores más bajos de almidón y azúcares, mientras que la harina de arroz enriquecido fue la que presentó una mayor proporción de amilosa. La caracterización reológica consistió en la realización de perfiles amilográficos, haciendo uso de un Viscoamilógrafo Rápido (RVA). Al analizar las curvas amilográficas obtenidas para cada una de las muestras se observó un comportamiento reológico similar, con valores de viscosidad máxima entre las 200 y 400 Unidades Brabender (UB), a excepción de la muestra de harina de arroz parbolizado, que presentó valores de viscosidad máxima inferiores al resto de las harinas estudiadas. La caracterización microbiológica de las harinas de arroz, que consistió en la cuantificación de hongos y levaduras, aerobios mesófilos y coliformes fecales, demostró que las harinas evaluadas presentaban una buena calidad sanitaria, ya que los resultados obtenidos se encontraron por debajo del límite máximo permitido por la Norma Covenin N° 2300-85. Los resultados obtenidos fueron evaluados estadísticamente mediante un análisis de varianza de una sola vía y la prueba de comparación de rangos de Turkey.

INTRODUCCIÓN

El arroz (*Oryza sativa* L.), es uno de los cultivos producidos a nivel nacional que ofrece grandes posibilidades de expansión para el desarrollo agroindustrial de nuestro país. En Venezuela, este cereal se consume casi exclusivamente como arroz entero, sin embargo, el mismo presenta un gran potencial para la elaboración de diversos productos alimenticios, debido a su alto contenido de carbohidratos, carácter hipoalergénico, fácil digestión y sabor suave y agradable, por lo cual resulta factible su conversión en productos con gran valor agregado y de características comerciales competitivas (Bryant y col., 2001; Kadan y col., 2001; Kadan y Pepperman, 2002).

En Venezuela, la producción de arroz con cáscara o arroz paddy ha disminuido durante los últimos años, desde 737.000 TM en el año 2000, hasta 375.000 TM en el año 2004, debido a los elevados costos de producción de este cultivo, que se han incrementado producto de una serie de factores, tales como el deterioro de los servicios, la seguridad y las vías de acceso a los principales centros de producción; los intereses bancarios que siguen representando un alto costo para el aparato productivo nacional, afectando la capacidad de inversión; y la poca participación de las empresas arroceras en los programas sociales (Asociación Venezolana de Molinos de Arroz, 2004; Asociación de Cultivadores de Arroz, 2004).

Además, el consumo de arroz blanco entero per capita en Venezuela, también ha disminuido, desde los 16 kg/persona/año en 1998, a los 14 kg/persona/año en el 2005, siendo el consumo de arroz inferior al de otros países, tales como Colombia, donde el consumo de arroz excede los 40 kg/persona/año (FAO, 2005).

La problemática que atraviesa el Circuito Agroalimentario del Arroz, en cuanto a la disminución en la producción y en el consumo de arroz blanco entero, requiere de prontas y efectivas soluciones, entre las cuales podrían contemplarse el desarrollo de políticas que favorezcan la producción agrícola nacional de este cereal, y la implementación de ciertas acciones que permitan un mejor aprovechamiento del mismo, para incrementar su consumo.

En tal sentido, una excelente alternativa sería la de buscar la diversificación de los productos que a partir del arroz pueden obtenerse, desarrollando productos alimenticios no convencionales mediante el uso de harinas compuestas, para incrementar el consumo de arroz a nivel nacional en formas distintas al tradicional arroz de mesa. Entre esas diversificaciones de su uso, se pueden mencionar la extracción y modificación del almidón de arroz, la obtención de maltodextrinas, la elaboración de películas comestibles, de arroz inflado, de productos extruídos y la obtención de harinas crudas o precocidas para la elaboración de panes, galletas, pasteles, pastas y bebidas, entre otros (Bryant y col., 2001; Pszczola, 2001).

En un intento por dar respuesta a la problemática que atraviesa el Circuito Agroalimentario del Arroz, en cuanto a la disminución de su consumo por parte de la población venezolana, surge el Proyecto intitulado “Selección de las variedades de arroz cultivadas en el país más idóneas para la preparación de diversos productos”, el cual está enmarcado en la “Agenda Arroz”, y es financiado por el Fondo Nacional de Investigaciones Tecnológicas (FONACIT) (Mosqueda y col., 2004). Este proyecto busca evaluar algunas de las variedades de arroz cultivadas o de posible introducción en el país, así como otras no comercializadas, a fin de seleccionar aquellas que desde el punto de vista agronómico y tecnológico resulten idóneas para la elaboración de productos no tradicionales a base del arroz, con miras a dar pautas para promover un mayor aprovechamiento del mismo.

El proyecto mencionado, surgió como resultado de una serie de reuniones, realizadas en el año 1999, con el entonces Ministro de Agricultura y Cría, Dr. Alejandro Riera, para resolver la problemática existente en cuanto a los excedentes de arroz disponibles y su posible utilización; sin embargo, debido a que la producción de arroz a nivel nacional ha disminuido en los últimos años, actualmente este proyecto se puede orientar hacia la búsqueda y establecimiento de alternativas que permitan incrementar el consumo de arroz, para incentivar la producción nacional.

El presente trabajo de investigación forma parte de dicho proyecto y tiene como objetivo primordial la “Elaboración y caracterización de harinas crudas de arroz, obtenidas a partir de diferentes marcas comerciales”, a fin de conocer su comportamiento durante el proceso de molienda.

Para cumplir con el objetivo planteado, se elaboraron harinas crudas de arroz a partir de muestras de arroz blanco entero, arroz parbolizado y arroz enriquecido, de diferentes marcas comerciales, las cuales son mezclas de variedades en proporciones no definidas, que presentan cierto porcentaje de granos partidos. Las marcas seleccionadas fueron adquiridas en los supermercados locales, y éstas se caracterizaron físico-química, química, reológica y microbiológicamente, para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas entre dichas muestras, y tratar de deducir las posibles causas de su diversidad, si las hay.

OBJETIVOS

Objetivo General:

Elaborar y caracterizar harinas crudas de arroz (*Oryza sativa*), obtenidas a partir de granos de arroz entero, provenientes de diferentes marcas comerciales.

Objetivos Específicos:

1.- Elaborar harinas crudas de arroz a partir de diferentes marcas comerciales de arroz blanco entero, arroz parabolizado y arroz enriquecido.

2.- Caracterizar física y físico-químicamente las harinas crudas de arroz obtenidas a partir de las diferentes marcas comerciales.

3.- Caracterizar químicamente las harinas crudas de arroz de las diferentes marcas comerciales seleccionadas.

4.- Caracterizar reológicamente las harinas crudas de arroz provenientes de las diferentes marcas comerciales.

5.- Caracterizar microbiológicamente las harinas crudas de arroz elaboradas a partir de las marcas comerciales seleccionadas.

A.- REVISION BIBLIOGRÁFICA

1.- EL ARROZ

El arroz (*Oryza sativa* L.), es un cereal que pertenece a la familia de las Gramíneas, y ha sido consumido por el hombre desde hace más de 5000 años. Es un cultivo que se adapta a diversos ambientes, y que actualmente sirve de sustento a dos tercios de la población mundial, por ser una fuente importante de energía debido a su alto contenido de carbohidratos, su carácter hipoalergénico, su fácil digestión y su sabor suave y agradable (Kadan y col., 1997; Kadan y Peperman, 2002).

Bhattacharjee y col. (2002), señalan que a pesar de que existen gran cantidad de mercados para el arroz, éste ha sido poco comercializado, ya que solamente una pequeña cantidad de su cultivo, es utilizado como ingrediente en el procesamiento de alimentos, debido a que la mayor parte del mismo, se consume principalmente como arroz cocido. Sin embargo, Pszczola (2001), establece que el consumo de arroz se ha incrementado a nivel mundial, en un 4% anualmente, ya que el uso del arroz como ingrediente alimenticio se encuentra en expansión gracias a los beneficios a la salud que este cereal aporta, elaborándose productos como harinas de arroz instantáneas, arroz congelado, syrop de arroz, cereales de desayuno y salsas, entre otros.

La composición química de los granos de arroz varía ampliamente en función de la variedad, y depende del ambiente y del tipo de suelo en el cual se desarrolla el cultivo. En el cuadro 1, se observa que la cantidad de proteína, fibra y lípidos presentes en los granos de arroz son bajas; sin embargo, el valor correspondiente al índice de utilización de proteína neta, es de los más altos entre los granos de cereales más comunes (Zhou y col., 2002).

El grano de arroz (Figura 1) es un cariósido vestido, de forma ovalada, que mide unos 8 a 10 mm. de longitud en las variedades de grano largo, mientras que en las variedades de grano corto mide de unos 5 a 6 mm. En la base tiene dos glumas pequeñas estériles, y sobre ellas, otras dos glumas florescentes, que reciben el nombre de lema y palea, que constituyen la cascarilla que cubre a la cariósido. Esta representa del 16 a 28% del peso del grano. Debajo de la cascarilla se encuentra el pericarpio, la testa o nucela, la capa de aleurona y el endospermo amiláceo, que representa del 89 a 94% del grano. El germen se aloja en una concavidad situada en la región inferior del grano, y está cubierto por la capa de aleurona, la testa y el pericarpio (Hoseney, 1986; Zhou y col., 2002).

Cuadro 1. Composición y balance energético de granos enteros seleccionados de cereales, sin ningún tipo de procesamiento, a 14% de humedad.

Propiedad	Arroz	Trigo	Maíz	Cebada	Mijo	Sorgo	Centeno	Avena
Proteína (%) (N x 6,25)	7,3	10,6	9,8	11,0	11,5	8,3	8,7	9,3
Grasa (%)	2,2	1,9	4,9	3,4	4,7	3,9	1,5	5,9
Carbohidratos (%)	64,3	69,7	63,6	55,8	63,4	58,0	71,8	62,9
Fibra cruda (%)	0,8	1,0	2,0	3,7	1,5	4,1	2,2	5,6
Cenizas (%)	1,4	1,4	1,4	1,9	1,5	2,6	1,8	2,3
Utilización de proteína neta (%) ¹	73,8	53,0	58,0	62,0	56,0	50,0	59,0	59,1
Energía digerible (KJ (100g) ⁻¹) ²	1550	1360	1450	1320	1440	1290	1330	1160

¹: La utilización de proteína neta o aporte proteico neto, es la relación existente entre el nitrógeno que contiene y el que el organismo retiene, es una medida de la cantidad o porcentaje de proteína que se retiene en relación con la consumida.

²: Cantidad de energía, expresada en KJ, suministrada por cada 100 g. de granos.

FUENTE: Zhou y col. (2002).

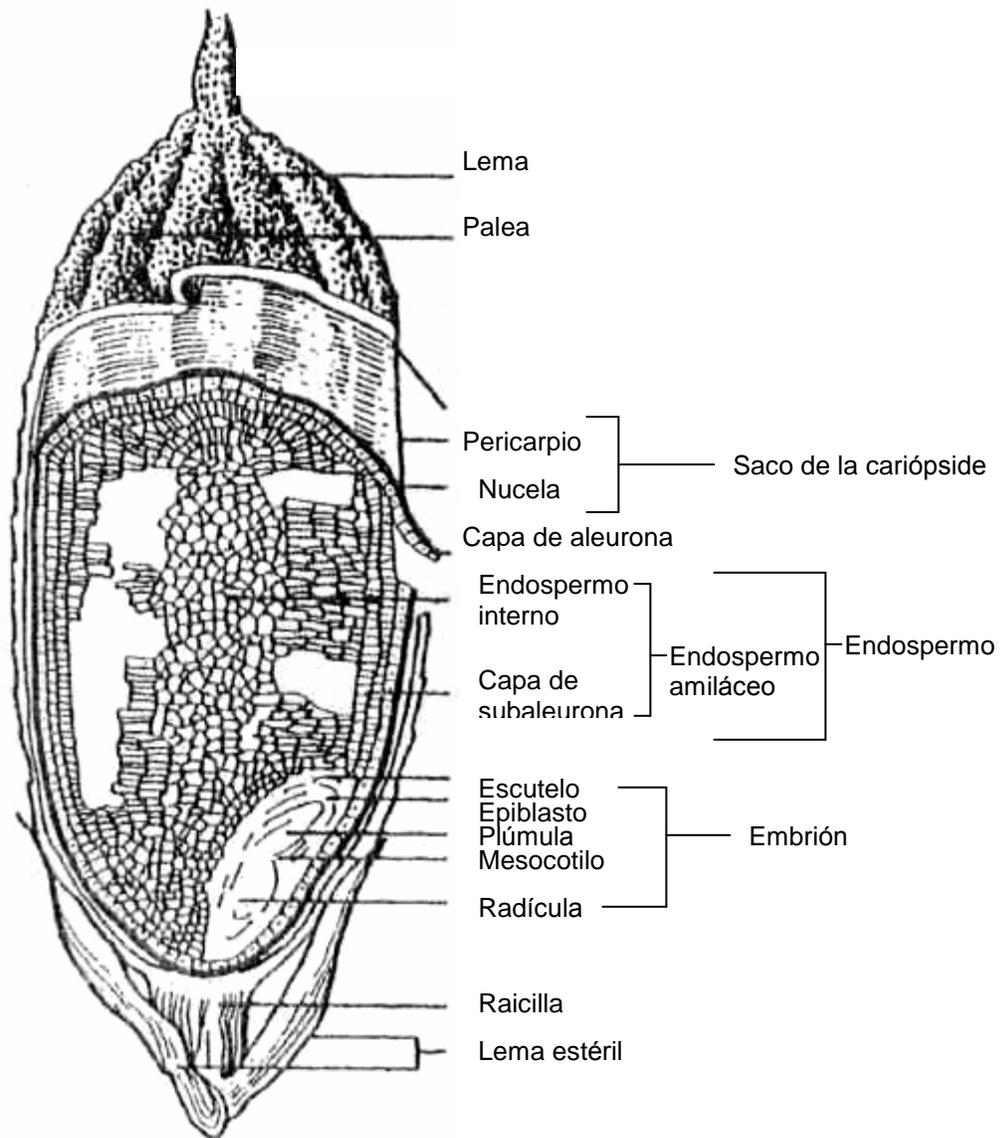


Figura 1.- Estructura detallada del grano de arroz (Zhou y col., 2002).

Zhou y col. (2002) indican que durante el proceso de molienda se remueve el pericarpio, la cubierta seminal, la testa, la capa de aleurona y el germen, para obtener un arroz blanco con un bajo contenido de lípidos, proteínas, fibra, azúcares reductores y totales, cenizas y componentes minoritarios, como son las vitaminas, aminoácidos y ácidos grasos libres; mientras que el contenido de carbohidratos, y principalmente de la fracción de almidón, es mayor en el arroz pulido que en el arroz moreno (Cuadro 2).

Cuadro 2. Composición química de granos de arroz integrales y de arroz pulidos.

COMPONENTE	ARROZ INTEGRAL	ARROZ PULIDO
Agua (%)	12	15,5
Proteína cruda (%)	7,5	6,2
Grasa cruda (%)	1,9	0,8
Fibra cruda (%)	0,9	0,3
Cenizas (%)	1,2	0,6
Carbohidratos (%)	76,9	77,4
Tiamina (mg/100g)	0,34	0,09
Niacina (mg/100g)	4,7	1,4
Riboflavina (mg/100g)	0,05	0,03

FUENTE: FAO (2005).

Juliano (1985), señala que la proporción en la cual se encuentran los componentes nutricionales, en el grano de arroz moreno, varía en función de las zonas estructurales del grano, tal como se puede apreciar en el Cuadro 3, donde se observa que el mayor contenido de proteínas y grasa cruda se encuentra en el salvado y el germen, mientras que la mayor cantidad de fibra cruda y de cenizas se localizan en las zonas externas del grano, es decir, en la cáscara (glumas) y en el salvado (pericarpio y cubiertas seminales). En cambio, el endospermo del grano de arroz, presenta una mayor cantidad de carbohidratos, entre los cuales se incluye como principal componente el almidón.

Cuadro 3. Análisis proximal de las diferentes fracciones orgánicas del arroz moreno y de sus fracciones de molienda, a un 14% de humedad.

NUTRIENTE (%)	ARROZ MORENO	CÁSCARA	SALVADO	GERMEN ¹	ENDOSPERMO
Proteína cruda (N x 5,95)	7,1-8,3	2,0-2,8	11,3-14,9	14,7-20,6	7,2-8,4
Grasa cruda	1,6-2,8	0,3-0,8	15,0-19,7	16,6-20,5	8,1-9,4
Fibra cruda	0,6-1,0	34,5-45,9	7,0-11,4	2,4-3,5	2,3-3,2
Cenizas	1,0-1,5	13,2-21,0	6,6-9,9	4,8-8,7	5,2-7,3
Carbohidratos	72,9-75,9	22,4-35,3	34,1-52,3	34,2-41,4	71,5-85,9
Azúcares	0,7-1,3	0,6	5,5-6,9	8,0-12,0	-

¹ : El germen consiste en el embrión y la capa de aleurona que lo cubre.

FUENTE: Juliano (1985).

El arroz blanco elaborado, debe cumplir con una serie de requisitos para que pueda ser destinado al consumo humano, tal como lo señala la Norma COVENIN N° 1641 (1982), donde además se establecen una serie de términos o conceptos de interés, en relación a dicho producto, entre los cuales se encuentran los siguientes:

a.- Arroz pulido: son los granos a los cuales se les ha separado la cáscara, y parcial o totalmente el germen y las envolturas o pericarpio; éstos no deberán presentar apariencia, ni olores objetables, salvo aquellos propios de la variedad, así como tampoco deberán contener hongos, insectos ni otras impurezas.

b.- Arroz dañado o manchado: se refiere a los granos enteros o partidos que estén marcadamente dañados por la acción del agua, de insectos, de hongos, del calor o de cualquier otro factor, de manera tal que son considerados no aptos para el consumo humano.

c.- Granos enteros: son granos cuya longitud es igual o mayor a las $\frac{3}{4}$ partes de la longitud media normal del grano.

d.- Granos yesosos: granos enteros o partidos, que una vez descascarados y pulidos presentan un aspecto opaco, como de yeso o ceniza, en un 50% o más de su superficie.

e.- Granos partidos: pedazos de grano cuyo tamaño es menor a las $\frac{3}{4}$ partes de la longitud media del grano entero.

Parson (1987), señala que el arroz (*Oryza sativa* L.) presenta numerosas variedades, las cuales pertenecen a los siguientes grupos y razas geográficas:

1.- Grupo Indica: que se cultiva en las regiones tropicales de la India, Indochina, Filipinas, y en algunas zonas de Estados Unidos y México.

2.- Grupo Japónica: se desarrolla en las regiones sub-tropicales de Japón, Corea, Zona del Mediterráneo, oeste de los Estados Unidos y en algunas zonas de Sudamérica.

3.- Grupo Javánica: que se encuentra en las regiones de Burma e Indonesia

Kent (1971), indica que el arroz puede clasificarse en función de su composición química o en función del tamaño y forma del grano. De acuerdo a la forma y tamaño del grano, se clasifica en arroz de grano redondo (Figura 2a), preferido en países como Japón, Corea y Puerto Rico, y el arroz de grano alargado (Figura 2b), que goza de la preferencia de la población venezolana. En cuanto a la composición química, existe el arroz común, que posee un endospermo vítreo, y el arroz glutinoso, dulce o ceroso (Figura 2c), que tiene un endospermo opaco y cuya superficie de corte presenta el aspecto de la parafina,

debido a que contiene menos del 1% de amilosa y una alta proporción de amilopectina.

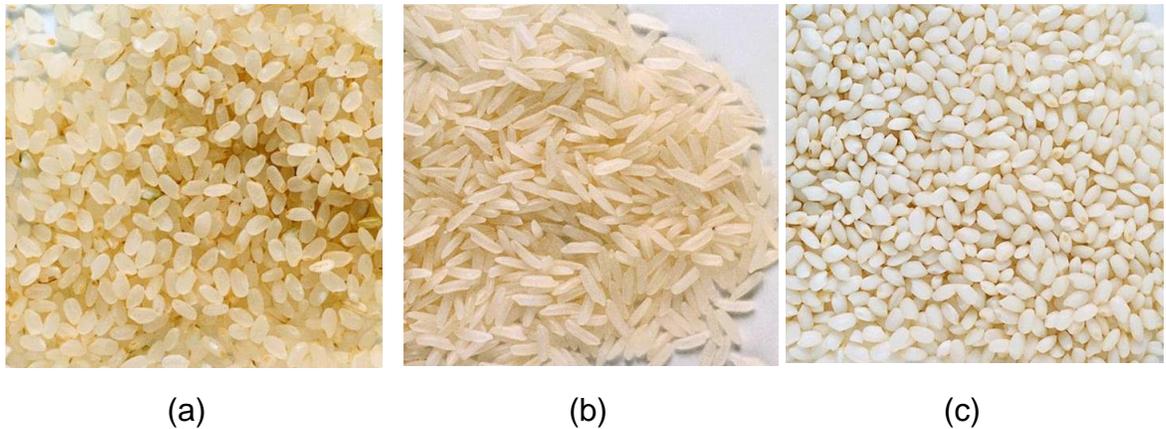


Figura 2. (a) Arroz de grano redondo; (b): Arroz de grano largo; (c): Arroz ceroso.

FUENTE: FAO (2005).

Las diferentes propiedades que definen la calidad de los granos de arroz dependen del sistema poscosecha, de las características físico-químicas y particularmente, de su contenido de amilosa. No obstante, existen diferencias culturales en cuanto a la determinación de la calidad del arroz, ya que su evaluación involucra la aplicación de pruebas sensoriales, y de determinaciones físico-químicas basadas en la composición química, la calidad de cocción, la temperatura de gelatinización y/o las propiedades físicas del arroz cocido (Bergman y col., 2000).

1.1.- Arroz parbolizado.

El parbolizado es una práctica muy antigua de la India, y en forma general, consiste en macerar los granos de arroz con cáscara en agua caliente, para luego someterlos a una corriente de vapor, y secarlos hasta que su contenido de humedad sea el más apropiado para la molienda. El propósito original de este proceso, era el de eliminar la cáscara del grano, pero se comprobó, que también permitía incrementar su valor nutritivo, ya que el agua disuelve vitaminas y minerales que se encuentran en la cáscara y el salvado, y las hace penetrar en el endospermo del grano. Así, algunas sustancias nutritivas de gran valor, que de otra forma se perderían con la cáscara y el salvado durante el proceso de pulido o molienda, quedan retenidas por el endospermo (Kent, 1971; Juliano, 1985; Hosney, 1986).

Luh (1980) y Juliano (1985), indican que la parbolización consiste en la maceración, vaporización, secado y pulido del grano de arroz, con el propósito de generar modificaciones físicas, químicas y organolépticas, que permitan obtener ventajas culinarias, nutricionales y tecnológicas.

a.- Maceración o Remojo:

Consiste en colocar los granos de arroz en agua, a una temperatura de 60°C, para incrementar su contenido de humedad, y propiciar la aparición del

sabor y aroma característico del arroz parbolizado. El tiempo y la temperatura de remojo modifican la solubilidad de la albúmina, contenida en las capas externas de la cariósida, que por hidrólisis se transforma en sus aminoácidos constituyentes, entre los cuales se encuentran la metionina y cisteína, que por ser aminoácidos azufrados forman sulfuro de hidrógeno y sulfuros orgánicos de bajo peso molecular, en el posterior calentamiento con vapor. Estos componentes se combinan con los alcoholes, produciendo por descomposición de la lignina presente en la cáscara del grano, tioalcoholes y tioéteres, que son los responsables de las características de flavor (Luh, 1980; Juliano, 1985).

Juliano (1985), manifiesta que en esta fase de remojo se espera una gran actividad microbiológica y enzimática, donde ocurre la conversión enzimática de la sacarosa a azúcares reductores. Además, indica que puede suceder la fermentación indeseable de los granos, que genera olores desagradables y puede provocar la disminución de los componentes nutricionales del grano; afectando su calidad sensorial y nutricional.

b.- Vaporización:

Juliano (1985) y Hosney (1986), señalan que el propósito de la vaporización, es incrementar el rendimiento en la molienda y optimizar las características de almacenamiento y la calidad de consumo. Este proceso permite

esterilizar el grano, gelatinizar el almidón, mejorar la firmeza después de la cocción, y favorecer la retención de vitaminas y minerales en el grano.

c.- Secado:

Permite reducir el contenido de humedad hasta un nivel óptimo para la molienda y el posterior almacenamiento; y además, modifica la textura y el color del producto final. Este proceso se inicia a una temperatura de 100°C, hasta que el contenido de humedad se hace igual al 16%, posteriormente se realiza un secado largo y a bajas temperaturas, para evitar el rompimiento del grano, con períodos de secado que varían desde 2 a 48 horas, dependiendo de la variedad de arroz con la que se esté trabajando (Luh, 1980; Juliano, 1985).

d.- Tempero:

Luh (1980), señala que después del secado, el arroz parbolizado debe ser mantenido por un período de aproximadamente 48 horas, para que disipe el calor que recibió durante las fases de remojo, vaporización y secado, ya que la cariósida necesita de unas cuantas horas para volverse rígida y translúcida, además de que el contenido de humedad debe hacerse uniforme en el grano.

e.- Pulido:

El pulido de los granos de arroz parbolizados es una operación difícil, no solo porque se requiere de gran fuerza para separar las capas externas del grano del endospermo, sino también porque las sustancias grasas, especialmente aquellas contenidas en el germen, se han disuelto y distribuido dentro de la cariósida; estas sustancias hacen a los granos resbaladizos durante el proceso de erosión mecánica y tienden a causar rompimientos. Para evitar esto, las máquinas de blanqueo deben ser atravesadas por corrientes de aire frío, por medio de un sistema de aspiración central (Luh, 1980; Juliano, 1985).

Cambios que ocurren en el grano de arroz por efecto de la parbolización:

El arroz crudo, sometido al proceso de parbolización, experimenta una serie de cambios físicos, químicos y nutricionales, entre los cuales se encuentran los siguientes:

- Reducción del contenido de humedad del grano hasta un 10 a 11% (Luh, 1980).
- Ingreso de sustancias solubles en agua al interior del grano, tales como vitaminas y sales minerales (Luh, 1980; Juliano, 1985 y Hosney, 1986).

En el cuadro 4, se muestra el contenido vitamínico del salvado y la cascarilla de arroz, antes y después de la parbolización; mientras que en el cuadro 5, se presenta el contenido vitamínico del arroz pulido, del arroz parbolizado, y de algunos sub-productos procedentes de la molienda del arroz, donde se puede apreciar que en el pulido del grano se pierde el 76% de tiamina, el 56% de riboflavina y el 63% de niacina, mientras que con el parbolizado, estas pérdidas quedan reducidas al 58, 34 y 11%, respectivamente (Kent, 1971).

- Los gránulos de almidón, embebidos en la matriz proteica del grano, se gelatinizan y expanden, pierden su birrefringencia y pasan de la forma cristalina a una forma amorfa, debido al hinchamiento irreversible (Luh, 1980; Juliano, 1985).

Kent (1971), señala que al gelatinizar el almidón de las capas externas del grano durante el parbolizado, se unen las capas de aleurona al escutelo, de manera que estas zonas estructurales del grano, quedan retenidas durante el proceso de molienda o pulido del arroz parbolizado.

- Se rompen los cuerpos proteicos y se modifica la solubilidad de las proteínas en varios solventes (Luh, 1980; Juliano, 1985).

- Disminuye el contenido de grasa, porque mientras los componentes solubles en agua ingresan al grano, las grasas se liberan. Esta migración de las

grasas puede estar relacionada con la ruptura de los glóbulos lipídicos (Juliano, 1985).

Cuadro 4. Contenido vitamínico de la cáscara y el salvado de arroz, antes y después de la parbolización (ug/g)

	TIAMINA		RIBOFLAVINA		NIACINA	
	Cáscara	Salvado	Cáscara	Salvado	Cáscara	Salvado
ANTES	3,0	20,5	0,64	2,6	46,8	229
DESPUES	1,5	7,5	0,51	1,5	31,4	200

FUENTE: Kent, 1971.

Cuadro 5. Contenido vitamínico del arroz y sus derivados (ug/g).

MATERIAL	TIAMINA	RIBOFLAVINA	NIACINA
Arroz con cáscara	3,5 - 4,0	0,4 - 0,5	52,3 - 55,0
Arroz parbolizado	1,9 - 3,1	0,3 - 0,4	31,2 - 47,8
Arroz pulido	0,4 - 0,8	0,15 - 0,3	14,0 - 25,0
Cascarilla de arroz pulido	0,8 - 1,3	0,62 - 0,95	45,0 - 48,5
Salvado de arroz pulido	21,0 - 33,0	2,0 - 3,3	201,0 - 258,0
Puliduras de arroz	15,0 - 28,0	1,14 - 1,87	

FUENTE: (Kent, 1971).

- Se inhibe la germinación, el desarrollo de esporas de hongos, el crecimiento de insectos y la actividad enzimática (Kent, 1971; Juliano, 1985; Hosney, 1986).

- Los azúcares no reductores se convierten en reductores por efecto de la conversión enzimática (Juliano, 1985).

- Se modifica el color del grano de arroz, que adquiere una tonalidad amarilla o ámbar debido al oscurecimiento no enzimático por efecto de la Reacción de Maillard, que ocurre entre la gran cantidad de azúcares reductores y aminoácidos presentes en el arroz parbolizado, debido al calentamiento (Luh, 1980; Juliano, 1985)

Juliano (1985), manifiesta que el cambio de color que experimenta el grano de arroz parbolizado, también puede atribuirse a la difusión de pigmentos del salvado hacia el endospermo del grano.

- Se reduce la cantidad de sólidos que se pierden durante el proceso de cocción del grano, y éste se vuelve menos pegajoso (Luh, 1980).

- El grano de arroz se hace más resistente al proceso de molienda, lo que permite separar en forma más eficiente, el salvado y el germen del endospermo amiláceo, incrementando su rendimiento (Juliano, 1985; Hosney, 1986).

Desventajas de la parbolización.

Juliano (1985), señala algunas desventajas del proceso de parbolización:

1.- El arroz parbolizado requiere de mayor tiempo y energía durante el proceso de pulido.

2.- El grano de arroz muestra una apariencia aceitosa y poco atractiva, una vez pulido.

3.- El color del grano parbolizado, y su textura rígida después de la cocción, son atributos poco apreciados por el consumidor.

4.- Es susceptible a procesos de rancidez oxidativa.

Hoseney (1986), establece que si el arroz parbolizado es secado, molido o preparado en forma inapropiada, el producto tendrá un color, aroma, sabor y textura indeseables, por lo que se requieren de excelentes técnicas de procesamiento, empaque y almacenamiento para obtener un arroz parbolizado de excelente calidad.

1.2.- Arroz enriquecido.

El arroz pulido, libre de la cáscara y el salvado, presenta deficiencias de tiamina, riboflavina y niacina, componentes nutricionales importantes, cuya ausencia provoca la aparición de una enfermedad conocida como beriberi. El parbolizado, permite incrementar el contenido de dichos componentes vitamínicos, pero también tiene algunas desventajas, entre las cuales se encuentran, las modificaciones en el color, sabor y aroma, y la mayor susceptibilidad del grano a los procesos de rancidez; por lo que la parbolización, en algunos casos, no puede sustituir al enriquecimiento (Hoseney, 1986).

Kent (1971) y Hoseney (1986), indican que el arroz es el cereal más difícil de enriquecer, debido a que los nutrientes incorporados al grano, generalmente son removidos por el consumidor durante el lavado del mismo, además de que en muchas partes del mundo, el arroz se cocina en exceso de agua, y el agua de cocción es desechada.

Juliano (1985) y Hoseney (1986), señalan que para el grano de arroz, existen varios métodos de enriquecimiento, los cuales se describen a continuación:

a.- Enriquecimiento por cobertura.

Es el método más común de enriquecimiento, y consiste en humedecer o rociar el grano de arroz con una solución que contiene las cantidades necesarias de tiamina y niacina, para luego recubrirlo con una película formada por zeína y ácido abietínico en solución alcohólica, que previene la pérdida de vitaminas y minerales durante el lavado del grano, y en los procesos de cocción tradicionales (Figura 3).

Cuando la película de zeína y ácido abietínico se seca con aire caliente, los granos se recubren con pirofosfato férrico y polvos de talco, para evitar que se peguen unos con otros (Juliano, 1985).

b.- Enriquecimiento con derivados de tiamina.

Es el método de enriquecimiento más utilizado en el Japón, y consiste en humedecer los granos de arroz pulidos con riboflavina y derivados de tiamina insolubles en agua, entre los cuales se encuentra el dibenzol tiamina (DBT), que es el derivado de tiamina más aceptado para elaborar arroz enriquecido, y además está reconocido como aditivo oficial en Japón.

El arroz pulido es remojado por aproximadamente 2 horas en una solución de ácido acético, que contiene la cantidad requerida de DBT y riboflavina, a una

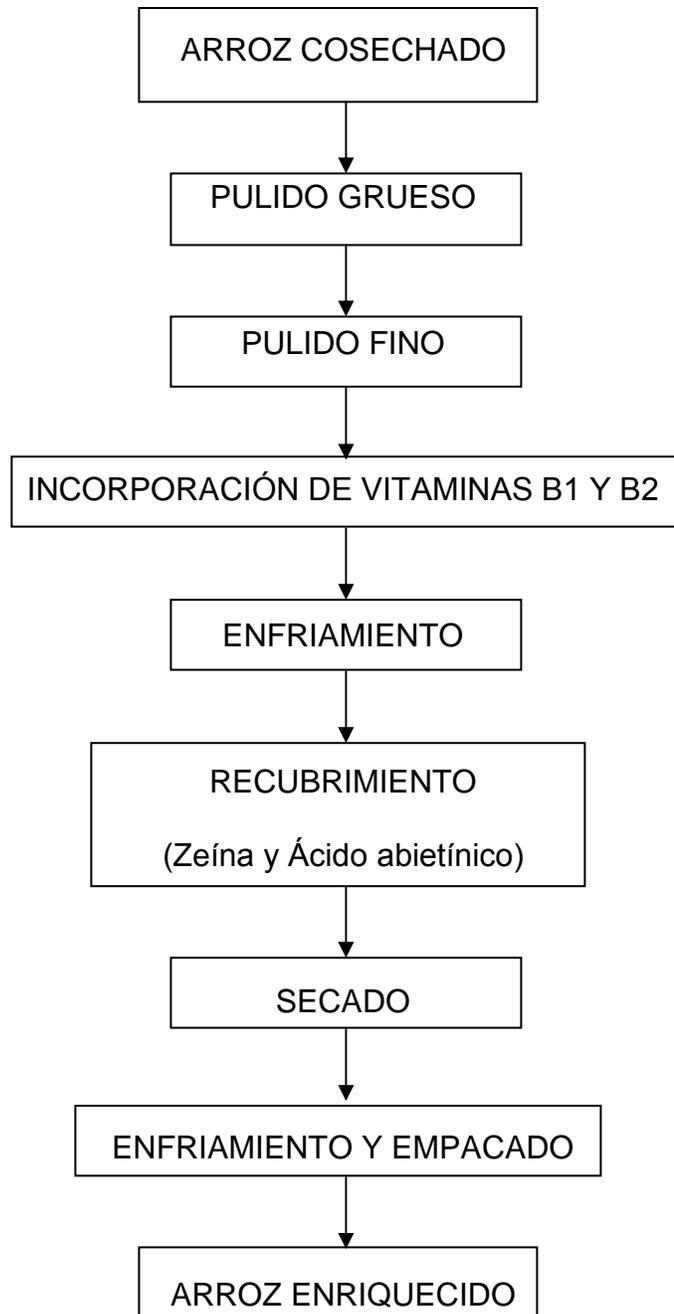


Figura 3. Esquema tecnológico utilizado en la elaboración de arroz blanco entero enriquecido (Juliano, 1985).

temperatura de 20 a 30°C. Posteriormente el arroz es vaporizado y secado hasta obtener un producto con una humedad final menor a 14%.

c.- Multienriquecimiento.

Es un método desarrollado en Japón, que consiste en enriquecer los granos de arroz con ocho micronutrientes. En primer lugar, se remojan los granos con una solución que contiene tiamina, riboflavina, niacina, ácido pantoténico y piridoxina; posteriormente se vaporizan, se secan y se recubren con vitamina E, calcio y hierro, los cuales funcionan como material de cobertura, que le otorga un color natural a los granos (Figura 4).

2.- HARINA DE ARROZ

La harina cruda de arroz se define, como el “producto destinado al consumo humano que se obtiene de la molturación o molienda de granos de arroz blanco (*Oryza sativa* L.) completamente maduros, sanos, limpios y sin germinar; exentos de impurezas, mohos, semillas de malas hierbas y granos de otros cereales” (COVENIN 2300-85).

Belitz y Grosch (1985), indican que en el proceso de molienda de los cereales se busca obtener harinas donde predominen los constituyentes de las células del endospermo; para lo cual se deben romper cuidadosamente los

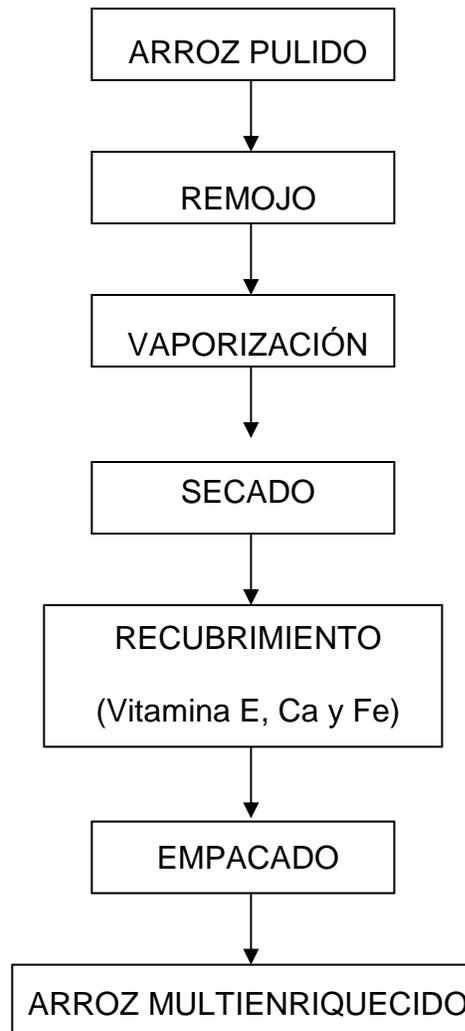


Figura 4. Esquema tecnológico utilizado en la elaboración de arroz blanco entero multienriquecido (Juliano, 1985).

granos, seleccionar las partes o trozos y separarlos por su tamaño, para así proceder a su desintegración. Los productos finales de la molienda se distinguen en función del tamaño o diámetro de sus partículas, denominándose harinas aquellas que se encuentran entre los 14 a 120 μm , separándose en harinas gruesas (cuando las partículas pueden palparse entre los dedos) y en harinas finas (cuando las partículas no se perciben al tacto), las cuales presentan un rango de tamaño de partículas de 40 a 50 μm .

La calidad nutricional de las harinas depende de si éstas se elaboran a partir de granos enteros o fraccionados. La composición química de las harinas, en el caso del trigo, está determinada por su grado de extracción, es decir, de la cantidad de harina obtenida a partir de 100 gramos de granos. Al aumentar su grado de extracción disminuye la proporción de almidón y aumenta la cantidad de constituyentes provenientes de la envoltura del grano, como son: minerales, vitaminas y fibra cruda. Las harinas de alto grado de extracción o harinas integrales, son aquellas donde el grado de extracción está comprendido entre el 75 y 100%, y que por lo tanto, conservan cantidades importantes de salvado y germen, fracciones que se caracterizan por presentar un mayor contenido de vitaminas y sustancias minerales (Hoseney, 1986).

En cambio, las harinas blancas, utilizadas para la elaboración de diversos productos de panadería y pastas alimenticias, en el caso del trigo, son harinas de bajo grado de extracción (hasta 75%), desprovistas de las fracciones de germen y

salvado, lo cual disminuye su valor nutricional. Las harinas blancas se conservan mejor a través del tiempo, debido a que su alteración por efecto de la rancidez y del ataque por insectos, es más difícil que para las harinas integrales o morenas (Kent, 1971).

En el caso de las harinas de arroz, no se habla de grado de extracción, sino de rendimiento, ya que éstas se elaboran a partir de granos de arroz pulidos, que han sido sometidos a un proceso de molienda cuyo objetivo es la remoción de la cáscara, del salvado y de la capa de aleurona, para obtener un endospermo relativamente intacto, a diferencia del proceso de molienda del trigo, que busca obtener como producto final harinas con diferentes grados de extracción.

Pszczola (2001), indica que existen cuatro tipos de harinas de arroz comerciales en Estados Unidos, una producida a partir de variedades de arroz de grano largo (RL-100), otra a partir de variedades de arroz de grano medio (RM-100), una derivada de variedades de arroz de grano largo parbolizados (RP-100), y otra harina pregelatinizada, producida a partir de variedades de arroz de grano largo precocidos (L-100).

Las harinas de arroz generalmente se elaboran a partir de granos de arroz glutinosos o cerosos (con mayor cantidad de amilopectina). Esta harina de arroz ceroso se utiliza como agente espesante en la elaboración de salchichas, salsas, pudines y alimentos orientales tipo “snack”; además de que puede prevenir la

separación de líquidos (sinéresis) en productos alimenticios congelados, que son almacenados y posteriormente descongelados (Luh, 1980).

Luh (1980), señala que las harinas de arroz, difieren de las harinas de trigo en cuanto a las propiedades de panificación, debido a que no contienen gluten, y por lo tanto las masas que con ellas se generan, no son realmente capaces de la retención de gases. No obstante, se acepta la incorporación de un 30% de harina de arroz a la masa de harina de trigo, destinada a la elaboración de pan.

En países como Venezuela, donde la producción de arroz es más favorable que la de trigo o maíz, debido a las condiciones climáticas, es deseable la sustitución parcial de la harina de trigo por harina de arroz para la elaboración de diversos productos, entre los cuales se encuentran los alimentos destinados a la población infantil, los cereales de desayuno y los productos cárnicos, entre otros.

3.- OBTENCIÓN DE HARINA DE ARROZ

El arroz es consumido generalmente como grano entero; sin embargo, durante el proceso de “beneficio o pulido”, ocurren rompimientos inevitables del mismo; estos granos partidos son los que se utilizan a nivel industrial, como materia prima para la elaboración de harinas de arroz (Luh, 1980).

La harina de arroz se obtiene gracias al proceso de reducción de tamaño del grano, que por tratarse de un material alimenticio de carácter cristalino, se realiza mediante la aplicación de fuerza mecánica de impacto o percusión, utilizando generalmente el equipo de reducción de tamaño conocido como molino de martillos. Este consiste en un eje rotatorio de gran velocidad que lleva un collar con varios martillos en su periferia. Al girar el eje, las cabezas de los martillos se mueven siguiendo una trayectoria circular dentro de una armadura, que contiene un plato de ruptura endurecido, de casi las mismas dimensiones que la trayectoria de los martillos. El material a triturar pasa a la zona de acción, donde los martillos lo empujan contra el plato de ruptura. La reducción del tamaño es producida principalmente por fuerzas de impacto, aunque las fuerzas de frotamiento pueden también formar parte del proceso. Los molinos de martillo se pueden considerar como molinos para uso general, ya que son capaces de triturar sólidos cristalinos como el arroz, productos fibrosos, sustancias vegetales y productos pegajosos, entre otros (Brennan y col., 1970).

Bracho (2004), señala que la empresa procesadora de productos alimenticios conocida como "Alimentos Heinz C.A.", obtiene harina de granos de arroz partidos o de segunda, y que para ello ejecuta las siguientes fases o etapas de procesamiento:

a.- Recepción de materia prima:

Utiliza como materia prima el arroz partido o de segunda, que se recibe en camiones a granel o empacado en sacos.

b.- Almacenamiento:

Los granos de arroz se almacenan en silos destinados para tal fin. Cuando los silos están llenos se fumigan con una solución de fotosym, para evitar la contaminación por insectos.

c.- Limpieza:

Permite eliminar todo tipo de impurezas, como paja, trozos de palos pequeños y tierra. Se realiza por medio de un entoleter, en el cual existe un succionador de aire que arrastra las impurezas. Este arroz es llevado a los silos de arroz limpio.

d.- Molienda:

Consiste en la fragmentación y pulverización de los granos de arroz. Para esta operación, la empresa cuenta con seis molinos de martillo, que permiten

obtener harinas con una gran variedad de tamaño de partícula, con diámetros que van desde 1,6 mm. hasta menos de 0,064 mm.

e.- Separación:

Busca la separación de la harina de arroz, del aire que se utiliza para transportarla. Para ello se utiliza una bomba que succiona la harina a través de un medio filtrante, pasando el aire y quedando la harina retenida en el medio, que por medio de golpes a contrapresión, producidos por aire inyectado al medio filtrante, provoca la caída de la harina por gravedad, hacia el siguiente paso.

f.- Cernido:

Permite clasificar la harina, haciendo uso de cernidores excéntricos, que constan de siete pasos. Cada paso consiste en una gaveta con una malla metálica, empleada para tamizar la harina. Todas las mallas de las gavetas son iguales, por lo que permiten obtener dos tipos de productos, la harina final y el material con sobretamaño denominado remolido, el cual es devuelto a los molinos para ser reprocesado.

4.- PROPIEDADES DE LA HARINA DE ARROZ

A nivel comercial, existen harinas obtenidas a partir de diferentes variedades o tipos de granos de arroz; y a pesar de que éstas se elaboran a partir de granos partidos, su composición química es similar a la de las harinas producidas a partir de granos de arroz enteros. Existen en cambio, diferencias entre variedades en cuanto al contenido de proteínas, lípidos y a las fracciones de amilosa y amilopectina presentes en el almidón. Estas diferencias en la composición química entre variedades de arroz, permiten la obtención de harinas con propiedades físicas, químicas, físico-químicas y reológicas características, en función del tipo de arroz que se utilice (Luh, 1980).

La harina de arroz destinada para consumo humano, debe cumplir con una serie de requisitos, tal como lo establece la Norma COVENIN N° 2300, (1985):

1.- Debe ser un producto homogéneo de color blanco, con olor y sabor característicos, con excepción de aquellas harinas de arroz a las cuales se les haya adicionado sustancias aromatizantes o saborizantes, que les impartan un color, olor y sabor característicos.

2.- No debe contener insectos vivos ni formas intermedias de desarrollo.

3.- Puede contener hasta 50 fragmentos de insectos y un pelo de roedor, en seis muestras de 50 g cada una, tomadas al azar de un mismo lote.

- 4.- Debe estar libre de excretas animales.
- 5.- Debe estar libre de sustancias nocivas o tóxicas.
- 6.- Debe pasar en un 100% por el tamiz COVENIN de 177 μ m.
- 7.- Debe cumplir con los requisitos físicos, químicos que se indican en el cuadro 6.
- 8.- Debe cumplir con los requisitos microbiológicos señalados en el cuadro 7.

Cuadro 6. Requisitos físicos y químicos establecidos por la Norma COVENIN N° 2300-85 para la harina de arroz destinada a consumo humano.

CARACTERÍSTICA	REQUISITO
Humedad máxima (%)	13,0
Cenizas máximas (%)	0,7*
Grasa máxima (%)	0,5*
Proteína mínima (%)	7,0*
Acidez máxima (ml NaOH/100 g)	3,0
Fibra cruda máxima (%)	0,5*

*: Porcentaje expresado en base seca

PROVENACA (2003), citado por Sabino (2003), establece como parámetros de calidad para la harina de arroz, la siguiente composición química proximal: 13% de humedad, 0,7% de cenizas, 7% de proteína cruda y 1% de grasa cruda.

Cuadro 7. Requisitos microbiológicos establecidos por la Norma COVENIN N° 2300-85 para la harina de arroz destinada a consumo humano.

CARACTERÍSTICA	n	c	LÍMITE	
			m	M
Aerobios mesófilos, ufc./g	5	1	10 ⁵	10 ⁶
Hongos y levaduras, ufc/g	5	2	10 ²	10 ⁴
<i>Escherichia coli</i> NMP/g	5	2	9	93
<i>Salmonella</i> en 25 g	5	0	0	

n = número de muestras del lote; c = número de muestras defectuosas; m = límite mínimo; M = límite máximo

4.1.- Características físicas y físico - químicas.

4.1.1.- Color:

Cuando la luz choca contra un objeto, ésta puede reflejarse, absorberse o transmitirse; al reflejarse determina el color de un determinado material. La apariencia cambia principalmente, de acuerdo a la cantidad de luz, la fuente luminosa, el ángulo de observación y el tamaño del objeto. En función a esto, los productos alimenticios pueden ser clasificados como opacos, translúcidos o transparentes (Mabon, 1993).

Desrosier (1983) indica que la evaluación del color en las harinas es muy importante, ya que éste se considera como un atributo de calidad que determina la apariencia de estos productos alimenticios, y por consiguiente, su aceptabilidad por parte del consumidor.

El color de las harinas refinadas, varía en función del grado de molienda de los granos, ya que harinas obtenidas a partir de granos sometidos a un intenso pulido, serán más blancas que aquellas elaboradas a partir de granos de arroz con un pulido deficiente o de granos integrales (Kent, 1971).

Park y col. (2001), determinaron el efecto del grado de molienda o pulido de granos de arroz paddy, desde un 8 hasta un 14%, sobre las características físico-químicas y sensoriales de harinas obtenidas a partir de los granos pulidos, y de los granos de arroz cocidos. Entre las propiedades físico-químicas evaluadas, realizaron la determinación del grado de blancura de las harinas, haciendo uso de un equipo digital capaz de medir la intensidad del color blanco, referido como C-300-3, elaborado por Kett Electric en Tokio, Japón. Los resultados obtenidos para los diferentes valores de blancura, en función al grado de pulido de los granos de arroz, se muestran en el cuadro 8, donde se puede observar que la intensidad del color blanco aumenta al incrementarse el grado de molienda, porque existe una remoción más eficiente de las partes externas del grano, como la cáscara y el salvado, que son las que contienen la mayor cantidad de pigmentos responsables

de otorgar las coloraciones amarillas y amarronadas, características de las harinas integrales.

Cuadro 8. Determinación de la intensidad de color blanco de harinas de arroz de grano corto, de la variedad Dong-Jin, de diferentes grado de molienda.

GRADO DE MOLIENDA	INTENSIDAD COLOR BLANCO¹
8	35,02e
9,5	36,76d
11	40,16c
12	43,68b
14	44,44a

¹: Medias de tres réplicas. Valores con una misma letra dentro de una misma columna, no son estadísticamente diferentes ($P < 0,05$).

FUENTE: Park y col. (2001).

Sabino (2003), al evaluar el color de muestras de harina de arroz, suministradas por la compañía “Procesadora Venezolana de Arroz” (PROVENACA C.A.), y de muestras de harina de trigo granular y sémola de trigo (Cuadro 9), comprobó que la harina de arroz fue la que presentó el valor más alto de luminosidad (L), y por ende, la mayor intensidad de color blanco. Además, al

observar los resultados obtenidos para los parámetros “a” y “b”, para cada una de las harinas estudiadas, se puede apreciar que la harina de arroz presentó un valor de “a” igual a -0,35; mientras que el valor de “b” fue bajo en comparación al de la harina y sémola de trigo, ya que la harina de arroz carece de pigmentos carotenoides.

Cuadro 9. Valores promedio para la caracterización física por color para harina de trigo granular, sémola de trigo y harina de arroz.

HARINAS	L	a	b
Harina de trigo granular	83,16	1,24	13,68
Sémola de trigo	79,60	1,96	18,91
Harina de arroz	90,69	-0,35	5,26

L: escala de luminosidad, donde 100 es blanco perfecto.

a y b: coordenadas de cromaticidad

FUENTE: Sabino (2003)

4.1.2.- pH y Acidez titulable:

El pH se define como el logaritmo negativo de la concentración de iones hidrógeno presentes en disolución, y su valoración permite determinar indirectamente, el valor de acidez actual o activa de un determinado producto

alimenticio. El pH de las harinas, se encuentra normalmente alrededor de 6,1; valores más bajos pueden ser considerados como índices de fermentación o de blanqueo con un compuesto clorado. (Hart y Fisher, 1984).

En cambio, el valor de acidez total o titulable, permite establecer cuál es la concentración de compuestos ácidos presentes en el alimento; resultando de gran importancia su cuantificación, ya que éstos determinan la estabilidad del producto, y están asociados con características de sabor y aroma del mismo (Belitz y Grosch, 1985).

4.1.3.- Capacidad de absorción de agua y solubilidad en agua:

Anderson (1982), señala que la calidad de cocción de productos alimenticios, que utilizan como ingrediente almidones y/o harinas provenientes de los granos de cereales, está determinada por su capacidad de absorción de agua y de solubilidad en agua, propiedades que dependen del contenido de humedad, del tamaño de sus partículas, de la temperatura y del tiempo de calentamiento.

Chen y col. (1999), indican que el poder de hinchamiento y la solubilidad de las harinas de arroz, se ven afectados por el tipo y método de molienda que se utiliza para elaborarlas. Estos investigadores evaluaron las propiedades físico – químicas y funcionales de harinas de arroz obtenidas a partir de dos variedades de arroz céreo, el tipo japónica y el tipo indica. Para la obtención de las harinas

utilizaron tres tipos de molienda, molienda seca, semi-seca y húmeda, y seis equipos de molienda: molino tipo turbo, de ciclón, de martillos, de discos y de piedras. En la figura 5, se presentan los resultados referidos a la solubilidad y al poder de hinchamiento, donde se puede notar que las harinas obtenidas por molienda húmeda fueron las que desarrollaron un mayor poder de hinchamiento, debido a que los gránulos de almidón fueron capaces de absorber mayor cantidad de agua, una vez separados de los cuerpos proteicos presentes en el endospermo del grano. Sin embargo, las harinas que mostraron una mayor solubilidad en agua, fueron aquellas obtenidas por molienda seca con molino de discos, debido a que este tipo de molienda permite obtener harinas con un pequeño tamaño de partícula, que favorece la solubilidad de estas partículas en agua.

Bicho (1998), determinó el efecto del tratamiento térmico en la harina de salvado de arroz, sobre su capacidad de absorción de agua y en las propiedades funcionales de las proteínas. Utilizó muestras de Remavenca y Central Agrícola, las cuales fueron sometidas a análisis químicos y mineral, presentando diferencias significativas en sus composiciones. Los tratamientos aplicados fueron: To (muestra patrón, congelación -8°C), T1 (estufa a 90°C por 2 horas), T2 (estufa a 105°C por 1 hora), T3 (doble tambor) y T4 (microondas), molidas a 1 mm. El investigador comprobó que los diferentes tratamientos térmicos aplicados a las harinas, mejoraron su capacidad de absorción de agua y de aceite, pero la muestra de harina que presentó los valores más altos fue aquella sometida a tratamiento térmico haciendo uso del doble tambor rotatorio, la cual mostró un

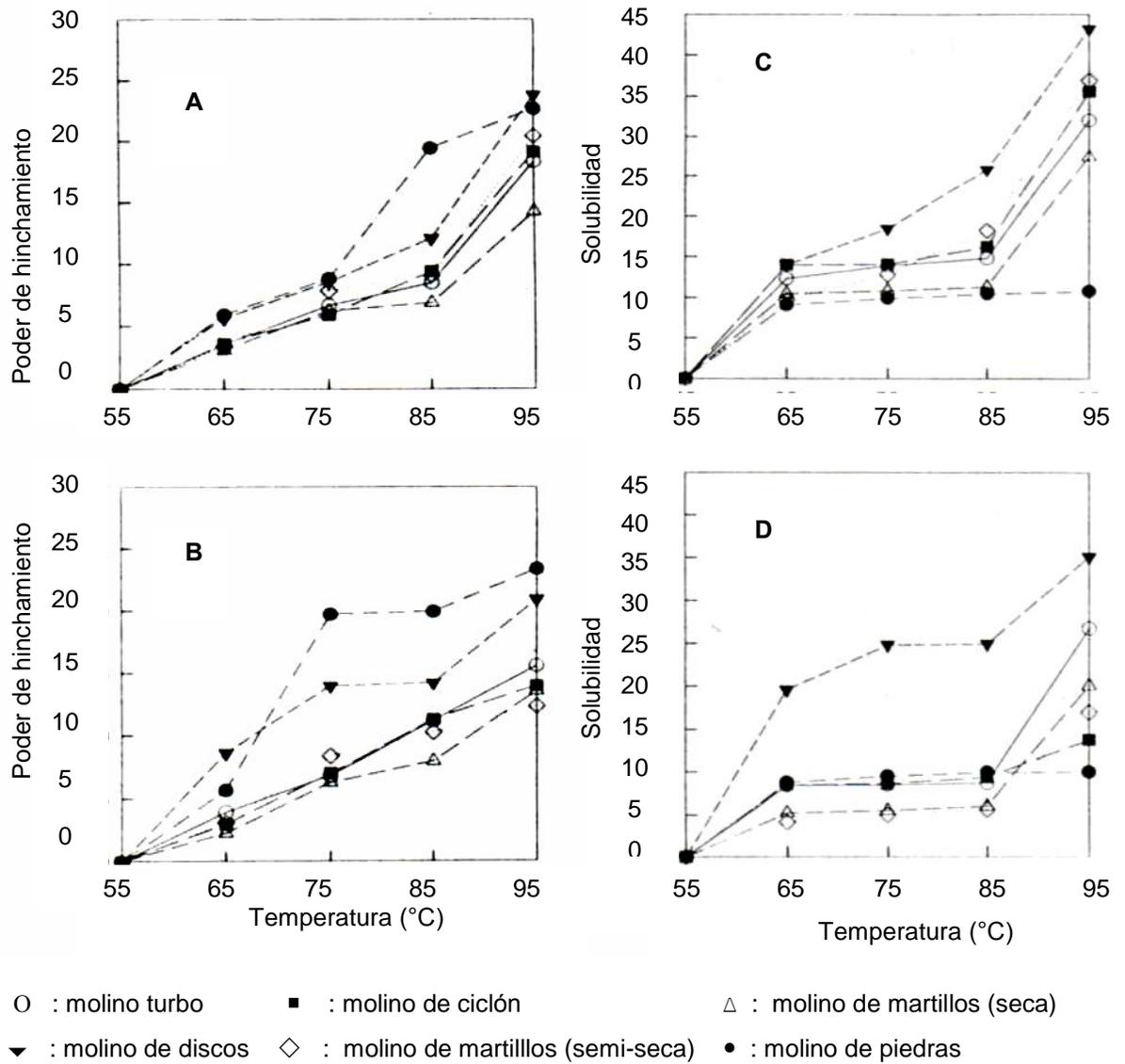


Figura 5. Efecto del método de molienda sobre (A): poder de hinchamiento de TCW70, (B): poder de hinchamiento de TCSW1, (C): solubilidad de TCW70, (D): solubilidad de TCSW1 de las harinas de arroz (Chen y col., 1999).

incremento del 308,33% en su capacidad de absorción de agua y un 200% en su capacidad de absorción de aceite. Por sus propiedades de absorción de agua y de aceite, el investigador recomienda la utilización de estas harinas para enriquecer productos de panificación y galletería.

El poder de hinchamiento de las harinas de arroz, también está determinado por la proporción en la cual se encuentran las fracciones de amilosa y amilopectina en el gránulo de almidón, ya que los gránulos de almidón de arroz céreo tienen un poder de hinchamiento restringido, debido a la gran cantidad de amilopectina presente, lo que se traduce en la ausencia de la estructura de red, característica de las moléculas de amilosa (Tester y Morrison, 1990).

Bryant y col. (2001), establecieron que la capacidad de absorción de agua y de solubilidad en agua, de harinas de arroz obtenidas comercialmente, provenientes de granos largos de la variedad *Cypress*, de granos cortos cerosos y de granos parbolizados, están determinadas por la cantidad de amilosa presente. Los diferentes tipos de granos de arroz fueron triturados haciendo uso de un molino de impacto "Kolloplex", hasta alcanzar un tamaño de partícula menor a 100 mesh. Posteriormente, las harinas obtenidas fueron almacenadas a una temperatura de 20°C y 50% de humedad relativa. Al determinar el índice de absorción de agua (IAA), y el índice de solubilidad en agua (ISA), obtuvieron los resultados que se muestran en el cuadro 10, donde se puede apreciar que las harinas de arroz parbolizado y de arroz de grano largo fueron las que

desarrollaron los mayores valores de IAA, ya que según los investigadores, estas muestras presentaban una mayor cantidad de amilosa, y por ende, una mayor capacidad de absorción de agua, que se traduce en una mayor capacidad para generar viscosidad. En cuanto al índice de solubilidad en agua, determinaron que la harina de arroz ceroso, con un mayor contenido de amilopectina, fue la que mostró el valor más elevado, debido posiblemente a que sus gránulos de almidón desarrollaron un mayor grado de daño molecular durante el proceso de trituración de los granos de arroz, en comparación con las harinas obtenidas a partir de granos de arroz con un mayor contenido de amilosa, lo cual permitió incrementar su capacidad de solubilidad en agua.

Cuadro 10. Valores obtenidos para el índice de absorción de agua (IAA), y el índice de solubilidad en agua (ISA), en comparación con el contenido de amilosa presente en diferentes muestras de harinas de arroz.

MUESTRA	IAA	ISA	AMILOSA (%)
Harina de arroz ceroso	2,25	3,49	0,3
Harina de arroz de grano largo	2,35	1,22	20,1
Harina de arroz parbolizado	4,06	2,81	21,0

FUENTE: Bryant y col. (2001).

4.2.- Composición química.

4.2.1- Contenido de Humedad:

Frazier y Westhoff (1978), establecen que la determinación de la cantidad de agua presente en los alimentos, expresada como porcentaje de humedad, es de gran importancia en productos como las harinas; debido a que éstas se caracterizan por tener una gran higroscopicidad o elevada capacidad de adsorción de agua, lo cual podría traer inconvenientes durante su almacenamiento, porque ligeros incrementos en el contenido de humedad de dichos productos, favorecería el desarrollo de ciertos microorganismos, como hongos y levaduras, los cuales son responsables de la aparición de procesos fermentativos indeseables en este tipo de productos. Además, algunos de ellos, como las especies de los géneros *Aspergillus*, *Penicillium* y *Fusarium*, frecuentes en productos derivados de cereales, pueden producir micotoxinas, representando un peligro sanitario potencial para el ser humano y para los animales, así como grandes pérdidas económicas.

Chen y col. (1999), indican que uno de los factores que determina la cantidad de agua presente en las harinas de arroz, expresada como porcentaje de humedad, es el tipo y método de molienda que se utiliza para elaborarlas. En el cuadro 11, se muestran los resultados obtenidos por los investigadores, al evaluar el efecto de la molienda sobre la composición química de las harinas, donde se

Cuadro 11. Efecto del tipo de molienda sobre la composición química de las harinas, obtenidas a partir de dos variedades de arroz (TCW70 y TCSW1)^{1,2}.

Arroz y método de molienda³	Humedad (%)	Proteína (%)	Cenizas (%)	Lípidos (%)
TCW70 ⁴				
A	12,69a	7,05a	0,89a	2,20a
B	11,27b	6,86a	0,76b	1,69b
C	12,45a	6,85a	0,72b	1,53bc
D	9,05d	6,35b	0,47cd	1,23c
E	10,50c	6,20b	0,50c	1,17c
F	11,58b	5,71c	0,42d	0,57d
TCSW1 ⁴				
A	12,62a	7,88b	0,62b	2,54a
B	10,91c	7,92b	0,68a	2,04b
C	12,56a	8,05a	0,61b	1,96b
D	8,92e	7,40c	0,39c	0,83c
E	9,42d	7,14d	0,31d	0,68c
F	12,21b	4,97e	0,19e	0,30d

1: Medias de triplicados

2: Medias dentro de una misma columna con letras diferentes son significativamente diferentes a $P < 0,05$.

3: Tipo de molino, A: turbo, B: ciclón, C: martillos, D: discos, E: semi-seca con molino de martillos, F: húmeda con molino de piedras.

4: TCW70: Taichung Waxy 70 (tipo japónica), TCSW1: Taichung Sen Waxy 1 (tipo indica).

FUENTE: Chen y col. (1999).

puede observar que el contenido de humedad varía según el método de molienda empleado en la elaboración de las diferentes muestras, obteniéndose el mayor porcentaje de humedad, para ambos tipos de harinas, al utilizar el molino tipo turbo y el molino de martillos.

Bryant y col. (2001), al evaluar harinas de arroz obtenidas comercialmente, establecieron que el contenido de humedad de las mismas, está determinado por la cantidad de amilosa presente en cada una de las muestras de harina evaluadas, ya que al observar los resultados obtenidos que se presentan en el cuadro 12, se puede apreciar que la harina de arroz ceroso, con el menor contenido de amilosa, presentó el porcentaje más bajo de humedad, debido posiblemente, a que la gran cantidad de amilopectina presente en este tipo de granos, posee una menor capacidad de absorción de agua que la fracción de amilosa.

Cuadro 12. Análisis proximal en base seca, de harinas obtenidas a partir de granos de arroz de origen comercial.

Harina de arroz	Humedad (%)	Proteína (%)	Lípidos (%)	Amilosa (%)
Ceroso	10,8	6,9	0,6	0,3
Grano largo	12,4	8,1	0,4	20,1
Parbolizado	11,9	8,6	0,5	21,0

FUENTE: Bryant y col., 2001.

Park y col. (2001), evaluaron el efecto del grado de molienda sobre el contenido de humedad, proteínas, grasa y cenizas, de harinas obtenidas a partir de granos de arroz pulidos, y establecieron que la cantidad de agua presente en las diferentes muestras de harinas, expresada como porcentaje de humedad, disminuyó al incrementar el grado de molienda (Cuadro 13).

Cuadro 13. Composición proximal de las harinas de arroz, obtenidas a partir de granos pulidos, con diferente grado de molienda¹.

GRADO DE MOLIENDA (%)	HUMEDAD (%)	PROTEÍNA CRUDA (%bs)²	GRASA CRUDA (%bs)	CENIZAS (%bs)
8,0	15,4	6,65	0,55	0,42
9,5	14,8	6,29	0,37	0,41
11,0	15,0	6,27	0,24	0,32
12,5	14,4	6,09	0,20	0,26
14,0	14,2	5,92	0,19	0,26

¹ : Medias de tres réplicas.

² : N x 5,95; bs = base seca.

FUENTE: Park y col. (2001).

Tablante (1989), manifiesta que la variedad de arroz con que se elabora una determinada harina, es uno de los factores que influye directamente sobre su

composición química, y específicamente sobre su contenido de humedad, tal como se puede observar en el cuadro 14, donde se observa que la harina de arroz de la variedad Araure I, presentó un mayor contenido de humedad que la harina de la variedad Araure IV, aún cuando fueron elaboradas bajo las mismas condiciones de procesamiento.

Cuadro 14. Composición química de harinas de arroz, obtenidas a partir de dos variedades diferentes, la variedad Araure I y la variedad Araure IV.

COMPONENTES	VAR. ARAURE I	VAR. ARAURE IV
Humedad (%)	14,57	11,35
Proteína cruda (% bs)	9,58	8,70
Grasa cruda (% bs)	2,10	2,10
Cenizas (% bs)	0,50	0,52
Almidón (% bs)	87,68	88,03

FUENTE: Tablante (1989).

4.2.2.- Cenizas:

Las cenizas se definen como la cantidad de residuo inorgánico o mineral, que queda una vez que la muestra alimenticia ha sido sometida a un proceso de

incineración, a una temperatura lo suficientemente elevada, como para eliminar toda la materia orgánica presente, sin que ocurra la descomposición de los componentes minerales. Dentro de la fracción de cenizas se incluyen compuestos como los óxidos de nitrógeno, los carbonatos, fosfatos, silicatos y cloruros (de potasio, calcio, sodio y magnesio, principalmente) (Desrosier, 1983).

Larrañaga (1985) indica que la evaluación del contenido de cenizas, es importante como índice de calidad en las harinas, ya que si éste sobrepasa los valores establecidos, disminuye la calidad del producto; por lo tanto su determinación, resulta muy útil para indicar posibles adulteraciones (principalmente por suciedad y compuestos extraños); además permite cuantificar el contenido de minerales, ya sea propios del producto alimenticio en estudio, o presentes como agentes contaminantes (por ejemplo, compuestos químicos residuales provenientes de insecticidas o fertilizantes).

Park y col. (2001), determinaron la cantidad de cenizas presentes en diferentes muestras de harina de arroz refinado (cuadro 13), y comprobaron que un alto grado de molienda o pulido de los granos, está asociado con un bajo contenido de cenizas en las harinas, ya que esta fracción se ubica hacia las partes externas del grano, es decir, en la cáscara y el salvado. Por lo tanto, la cantidad de cenizas presentes en las harinas de arroz pulido, es un indicativo de su riqueza en salvado y por ende, de su grado de contaminación.

Chen y col. (1999), también evaluaron el contenido de cenizas en harinas de arroz, obtenidas por diferentes métodos de molienda seca, semi-seca y húmeda (Cuadro 11), y establecieron que las muestras de harinas elaboradas por molienda seca, fueron las que presentaron el mayor porcentaje de cenizas, es decir, que la molienda semi-seca y húmeda son los métodos más eficientes para lograr la separación de las zonas estructurales del grano de arroz, ya que permiten obtener harinas con un menor contenido de cenizas y por lo tanto, un menor grado de contaminación.

4.2.3.- Proteínas:

Zhou y col. (2002), señalan que las harinas de arroz pulido, suelen tener un menor contenido de proteínas que las harinas elaboradas a partir de granos de arroz integrales o morenos, porque la fracción proteica disminuye al incrementar el grado de pulido, ya que ésta es más abundante en las capas externas del grano.

El contenido de proteínas en las harinas de arroz moreno se encuentra entre 6,6 y 7,3%, mientras que en las harinas de granos de arroz pulidos varía desde 6,2 hasta 6,9% (Basak y col. 2002).

Park y col. (2001), evaluaron el efecto de la intensidad del pulido de granos de arroz moreno, sobre la cantidad de proteínas presente en las harinas elaboradas a partir de los granos pulidos, con diferentes grados de molienda, tal como se

muestra en el cuadro 13, donde se puede observar que al incrementar el porcentaje de remoción de la cascarilla, del salvado y de las capas de aleurona y subaleurona, disminuye el contenido de proteínas en las muestras de harina analizadas.

Azhakanandam y col. (2000), indican, que a pesar de que el mayor contenido proteico se ubica hacia las capas más externas del grano, existe cierta cantidad de proteínas en el endospermo, que se corresponden con un 7 a 18% de albúminas y globulinas, 5 a 12% de prolaminas y el resto de glutelinas, las cuales forman una matriz proteica que contiene a los gránulos de almidón.

Houston y col. (1964), manifiestan que las harinas de arroz que presentan un elevado contenido de proteínas, son aquellas que se obtienen por incorporación de salvado del grano, ya que las capas más externas son las que contienen la mayor cantidad de proteínas. Así mismo, Houston y col. (1968), reportaron la obtención de harinas de arroz, enriquecidas con estas capas externas, las cuales presentaban un elevado contenido de proteínas y otros nutrientes importantes, tales como calcio, fósforo, lípidos, tiamina, niacina y riboflavina.

Chen y col. (1999), determinaron que el contenido de proteínas también varía de acuerdo al método de molienda empleado en su elaboración, ya que al obtener harinas a partir de dos variedades de arroz diferentes, haciendo uso de diversos métodos de molienda, determinaron que las harinas producidas por molienda

seca, fueron las que presentaron la mayor cantidad de proteínas (Cuadro 11), debido probablemente a que durante los procesos de molienda semi-seca y molienda húmeda, algunas de las proteínas solubles se pierden en el agua de lavado.

La cantidad de proteínas presente en las harinas de arroz, no solo está determinada por su grado y forma de procesamiento, ya que de acuerdo a lo reportado por Tablante (1989), el contenido de proteínas de muestras de harinas obtenidas a partir de dos variedades de arroz diferentes, Araure I y Araure IV, varía en función de las características de cada variedad (Cuadro 14). Por otra parte, el investigador señala que las prácticas de cultivo, el tipo de suelo y las condiciones climáticas también pueden modificar los valores de proteína en los granos de arroz, que se utilizan como materia prima para la elaboración de las harinas.

Kennedy y col. (1974), comprobaron que el contenido de proteínas en harinas de arroz varía de acuerdo a la variedad que se utilice, y además en función a la cantidad de amilosa presente en el grano. En el cuadro 15, se muestran los resultados obtenidos por los investigadores al realizar el análisis proximal de cuatro muestras de harina de arroz, obtenidas a partir de variedades cultivadas en California, Estados Unidos, en 1974; donde se puede apreciar que la mayor cantidad de proteínas, corresponde a la variedad de arroz con el mayor contenido de amilosa.

Cuadro 15. Análisis proximal de cuatro muestras de harina de arroz, obtenidas a partir de variedades cultivadas en California, Estados Unidos, en 1974.

VARIEDAD	GRANO	CENIZAS (%)	PROTEÍNA (%)	GRASA (%)	AMILOSA (%)
S-6	Corto	1,22b	6,50c	2,05a	19,0d
M-5	Medio	1,07c	6,60c	1,50c	22,5c
74-Y-52	Medio	1,55a	6,75b	1,82b	24,0b
72-3764	Largo	1,65a	7,07a	1,88b	27,8a

FUENTE: Kennedy y col. (1974).

Bryant y col. (2001), también determinaron que la cantidad de proteínas presentes en muestras de harina de arroz, está relacionada en forma directa con su contenido de amilosa, ya que al observar el cuadro 12, donde se muestran los resultados obtenidos por los investigadores, se puede notar que el menor contenido de proteínas corresponde a la harina obtenida a partir de la variedad de arroz ceroso, con una mayor cantidad de amilopectina y apenas un 0,3% de amilosa.

Zhou y col. (2002), indican que las harinas obtenidas a partir de variedades de arroz con un alto contenido de amilosa poseen una mayor cantidad de proteínas, ya que ambos componentes presentan un coeficiente de correlación igual a 0,95. Por otra parte, cuanto mayor es la fracción de amilosa, mayor será la capacidad de las proteínas presentes en el endospermo, y específicamente de la fracción de glutelinas, para formar enlaces disulfuro, los cuales hacen a los gránulos de almidón hinchados menos susceptibles al rompimiento. Cuando los enlaces disulfuro creados por las glutelinas se rompen, los gránulos del almidón de arroz aparentemente se hinchan hasta alcanzar una forma alargada, incrementando su grado de gelatinización y la fuerza del gel (Zhou y col., 2002).

Las propiedades hipoalergénicas y la gran calidad nutricional de las proteínas del arroz, debido a que su contenido en el aminoácido lisina es mayor que para el resto de los granos de cereales, hacen que los concentrados o asilados proteicos, obtenidos a partir de sus harinas, sean ampliamente utilizados como ingrediente en la elaboración de diversos productos alimenticios. Existen gran variedad de métodos desarrollados para la obtención de las proteínas del arroz, donde generalmente, las harinas de arroz son desgrasadas para poder proceder a la extracción (Chrastil, 1992).

Ju y col. (2001), realizaron la extracción de proteínas de harina desgrasada de arroz de grano largo, para determinar las propiedades térmicas de dichas proteínas, y además de la harina y del almidón de arroz, para obtener información

importante acerca de sus propiedades de cocción. Para ello, determinaron en primer lugar, la cantidad de proteínas presentes en la harina, tal como se muestra en el cuadro 16, donde se puede apreciar que el mayor contenido de proteínas corresponde a la fracción de glutelina, con un 79,74% del total de proteínas presentes en la harina.

Cuadro 16. Contenido de proteínas de la harina de arroz.

Muestras	Contenido de proteínas (%)	% del total de proteínas¹
Harina de arroz	8,75	-
Albúmina	0,38	4,45
Globulina	1,12	13,11
Glutelina	6,81	79,74
Prolamina	0,21	2,46

¹: Porcentaje del contenido total de proteínas, presentes en la harina de arroz.

FUENTE: Ju y col. (2001).

Para obtener información acerca de las propiedades de cocción y de la capacidad de cristalización y gelatinización de las proteínas, la harina y el almidón de arroz, estos investigadores realizaron una serie de termogramas que se muestran en la figura 6, donde se observan picos de entalpía que equivalen a la

temperatura de desnaturalización de las fracciones proteicas, y a la temperatura de gelatinización del almidón y de la harina.

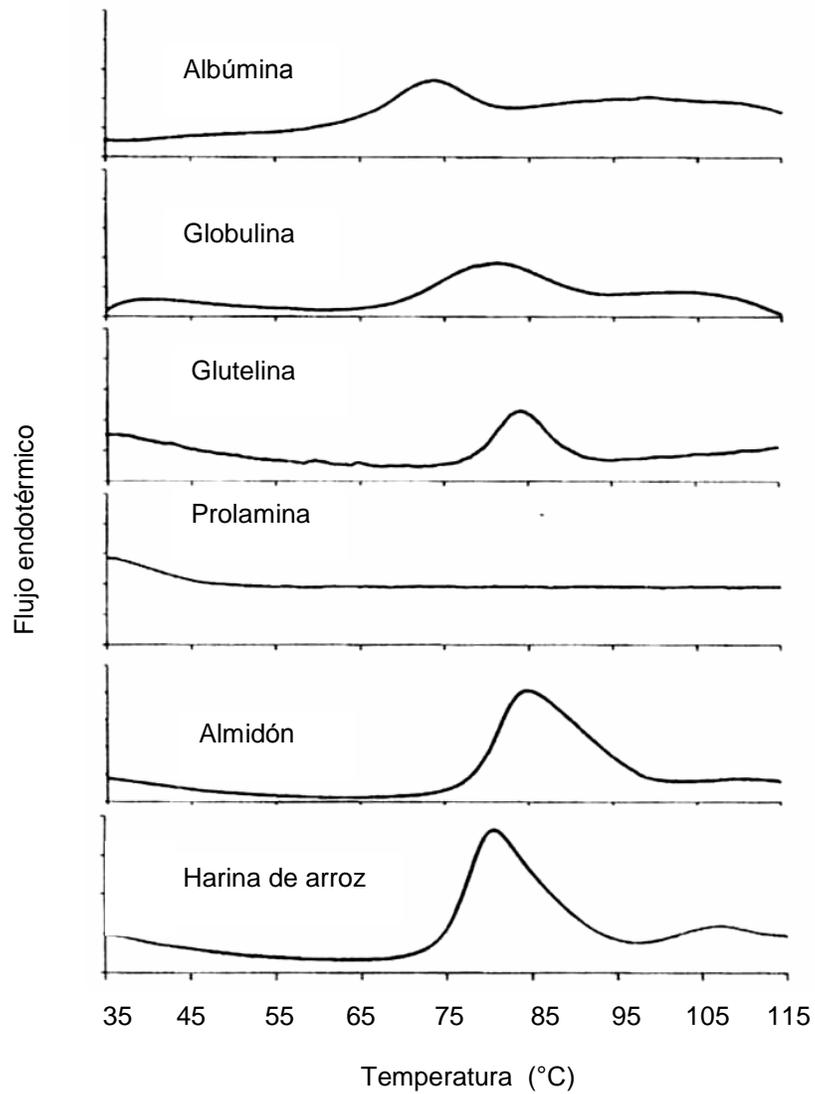


Figura 6. Termogramas de la proteína de arroz (albúmina, globulina, glutelina y prolamina), del almidón de arroz y de la harina de arroz (Ju y col., 2001).

Ju y col. (2001), encontraron que las temperaturas de desnaturalización de la albúmina, globulina y glutelina, fueron de 73,3; 78,9 y 82,2°C, respectivamente, mientras que la fracción de prolamina no presentó desnaturalización a las temperaturas evaluadas. En relación a la temperatura de gelatinización del almidón y de la harina de arroz, los resultados fueron de 84,7 y 80,5°C, respectivamente. La menor temperatura de gelatinización desarrollada por la harina de arroz, se debe a que ésta presenta además de un 80% de almidón, un 8,8% de proteínas, que influyen en el proceso de gelatinización de la misma. Los investigadores indican que estos resultados permiten deducir que el calentamiento desde 73 hasta 85°C afecta la calidad de cocción del arroz y las propiedades funcionales de sus proteínas.

4.2.4.- Lípidos.

La cantidad de lípidos presentes en cualquier producto alimenticio, así como en el arroz y en las harinas obtenidas a partir del mismo, se conocen bajo la denominación de grasa cruda, término que involucra a todas aquellas sustancias que pueden ser extraídas haciendo uso de un solvente orgánico, e incluye además, compuestos químicos como los pigmentos, fosfolípidos, ceras y ácidos grasos libres, entre otros.

En las harinas, es primordial su determinación, debido a que éstas son productos que se caracterizan por tener muy poca cantidad de grasa, y

principalmente si provienen de cereales como el arroz. La Norma COVENIN 2300-85, establece un máximo de 0,5% de grasa cruda en base seca, para la harina de arroz, ya que valores mayores a éste podrían provocar la aparición de procesos deteriorativos como la rancidez, la cual conlleva a la manifestación de olores y sabores indeseables, disminuyendo seriamente la calidad y aceptabilidad del producto.

La mayor cantidad de grasa o lípidos, está presente principalmente en la fracción de salvado, donde constituye más del 20% de la masa seca del mismo (Begum y Bhattacharya, 2000).

Houston y col. (1968), reportaron un contenido de 2,9% de grasa cruda en el arroz moreno, del cual 51% se encuentra en el germen, 32% en la cáscara y sólo 17% en el endospermo; además, indican que dentro del endospermo, los lípidos están irregularmente distribuidos, con mayor cantidad en las zonas externas, disminuyendo progresivamente hacia el centro del grano. Así mismo, al determinar el contenido de lípidos de diferentes variedades de arroz moreno y de diversas muestras de harina, encontraron valores entre 2.1 y 3.2% y 0.61 y 0.95%, respectivamente; sin embargo, estos valores también dependen de la variedad, de las condiciones de crecimiento del cultivo, del tipo de suelo, de las condiciones climáticas y del manejo post-cosecha.

Park y col. (2001), determinaron que el contenido de grasa en harinas provenientes de granos de arroz paddy pulidos, se ve afectado por el grado de molienda, ya que el porcentaje de lípidos presente en las diferentes muestras de harina disminuye a medida que se incrementa la intensidad del pulido de los granos (Cuadro 13), debido a que la mayor cantidad de lípidos se encuentra en la cascarilla y en el salvado del grano, que son removidos durante el proceso de molienda, por lo que es de esperarse, que las harinas integrales de arroz, presenten un mayor contenido de grasa que las harinas refinadas, siendo éstas últimas, menos susceptibles a los procesos de rancidez oxidativa.

El método de molienda empleado en la elaboración de harinas de arroz, también influye sobre su contenido de lípidos, pues al analizar harinas obtenidas a partir de dos variedades de arroz diferentes, empleando los métodos de molienda seca, semi-seca y húmeda, se determinó que su contenido de lípidos fue superior en las harinas elaboradas por molienda seca, tal como se puede apreciar en el cuadro 11, ya que este método evita que los azúcares y lípidos no enlazados al almidón se pierdan en el agua de lavado, que tradicionalmente se utiliza en los métodos de molienda semi-seca y húmeda (Chen y col., 1999).

Los lípidos del arroz, generalmente se clasifican como amiláceos (asociados con los gránulos de almidón), y no amiláceos (distribuidos en todo el grano, pero concentrados en el salvado). En la harina de arroz, generalmente los lípidos amiláceos constituyen del 0.5 a 1%, y son más abundantes que los lípidos no

amiláceos, aunque la proporción bajo la cual se encuentran ambas fracciones, también depende de la variedad de arroz en estudio. La existencia de lípidos que forman complejos con el almidón tiene ciertas consecuencias, ya que la formación del complejo influye directamente sobre su transformación en almidón resistente, debido a que los gránulos de almidón acomplejados con grasas no pueden ser absorbidos por el intestino delgado de individuos sanos; además estos complejos lípido-almidón influyen directamente en el proceso de “pasting”. La incorporación de ácidos grasos a las harinas de arroz incrementa su temperatura de gelatinización, su viscosidad máxima, su viscosidad a 95°C, su viscosidad a 50°C y su consistencia (Biliaderis y Tonogai, 1991).

Kennedy y col. (1974), establecieron que la cantidad de lípidos presentes en las harinas de arroz, está determinado por la variedad de grano empleado en la elaboración de las mismas y específicamente por su contenido de amilosa, ya que según los resultados obtenidos que se muestran en el cuadro 15, aquellas harinas elaboradas a partir de granos de arroz largos, con un mayor contenido de amilosa, presentan un menor porcentaje de lípidos, debido probablemente a que la fracción de amilosa forma complejos con los lípidos presentes en las harinas, por lo que éstos no pueden ser cuantificados en el momento del análisis.

Bryant y col. (2001), al determinar la cantidad de lípidos presentes en harinas de arroz obtenidas comercialmente, comprobaron que aquellas elaboradas a partir de granos de arroz cortos cerosos, con un bajo contenido de amilosa,

fueron las que mostraron el mayor porcentaje de grasa cruda; mientras que las harinas provenientes de granos de arroz largos y de arroz parbolizado, presentaron una menor cantidad de lípidos (Cuadro 12).

4.2.5.- Almidón.

El almidón está considerado como uno de los constituyentes más importantes en los productos derivados de cereales, y su composición está determinada por las fracciones de amilosa y amilopectina. El contenido de amilosa en los cereales varía según la variedad, y específicamente para el arroz, éste se encuentra entre 0-2% para los granos cerosos o “waxy”, y 25% para los granos de arroz no cerosos (Juliano, 1985).

Las características de cocción, la textura, la capacidad de absorción de agua, el grado de pegajosidad, la expansión de volumen, la dureza y hasta el color de las harinas de arroz, están afectadas por el contenido de amilosa. En este sentido, las harinas de variedades cerosas, que presentan gránulos de almidón con un mayor contenido de amilopectina, no son capaces de gelificar por falta de amilosa. En cambio, los almidones que tienen en promedio, cadenas muy cortas de amilopectina, desarrollan temperaturas de gelatinización muy bajas. La amilopectina de los cereales retrograda más lentamente que la de los granos, y de las raíces y tubérculos, y ésta diferencia es atribuida a la longitud de las

cadena de amilopectina, las cuales son más cortas en los granos de cereales (Zhou y col., 2000).

Luh (1980), indica que la harina de arroz ceroso, que contiene menos de 0,5% de amilosa en el almidón y una cantidad apreciable de α -amilasa, desarrolla una viscosidad similar a la de las harinas de maíz y sorgo cerosos. Este tipo de harina, alcanza una viscosidad máxima inferior a la que se logra con las harinas de arroz de grano corto, debido probablemente a su actividad amilolítica.

Hanson y col. (1963), al estudiar la estabilidad de suspensiones de harina de arroz ceroso y no cerosos, después de repetidos ciclos de congelamiento y descongelamiento, para determinar la estabilidad de salsas obtenidas a partir de dichas harinas, comúnmente utilizadas para aderezar vegetales y carnes precocidas y congeladas, observaron que la harina de arroz ceroso es diferente de las otras harinas de arroz, en su resistencia a la separación de líquido (sinéresis), durante el enfriamiento, congelamiento y descongelamiento.

La mayor estabilidad bajo congelación de las harinas de arroz cerosas, en comparación con otras obtenidas a partir de diferentes granos de cereales, se debe a la falta de amilosa en el almidón. Estas harinas, mezcladas con harina de trigo, a un nivel de 40 a 60%, estabilizan salsas o aderezos almacenadas a 0°C durante 5 a 6 meses; pero cuando las harinas de arroz ceroso son la única fuente

de almidón, la estabilidad de dichas salsas, puede ser mantenida por un año o más, sin experimentar sinéresis (Luh, 1980).

A continuación se describen tres fenómenos muy importantes asociados a las moléculas de almidón, que son la gelatinización, el pasting y la retrogradación:

a.- Gelatinización.

Atwell y col. (1988) definen a la gelatinización como el proceso en el cual ocurre la ruptura del orden molecular dentro del gránulo de almidón, que trae como consecuencia cambios irreversibles en las propiedades de hinchamiento granular, la pérdida de birrefringencia, el desarrollo de viscosidad y la solubilización de los gránulos de almidón.

La gelatinización se inicia cuando se aplica calor a una suspensión de almidón o harina en agua, para comenzar un proceso de cocción, que inicialmente se caracteriza por una lenta absorción de agua por parte de las zonas amorfas intermicelares de los gránulos de almidón. A medida que se incrementa la temperatura, el gránulo empieza a retener más agua, se hincha y aumenta de volumen. Una vez que la zonas amorfas del gránulo se han hidratado completamente, se inicia un proceso similar en las zonas cristalinas, con la diferencia que para el mismo proceso se requiere de una mayor cantidad de energía en forma de calor, lo que trae como consecuencia la desintegración y

rompimiento parcial de los gránulos de almidón, provocando la dispersión en solución de las fracciones de amilosa y amilopectina (Juliano, 1985).

Charley (1997) y Chatakanonda y col. (2000), indican que cuando las moléculas de agua poseen la suficiente energía cinética, por efecto del calentamiento, como para superar las fuerzas atractivas entre los puentes de hidrógeno de las moléculas de almidón dentro del gránulo, se produce la hidratación del mismo, ocurriendo el hinchamiento de las zonas amorfas y posteriormente, una vez que continua incrementándose la temperatura, el hinchamiento de las zonas cristalinas.

Leelavathi y col. (1987), señalan que la temperatura a la cual se inicia el hinchamiento irreversible de los gránulos se conoce como temperatura de gelatinización, y que ésta no es un valor puntual sino un intervalo de valores, ya que no todos los gránulos tienen la misma forma, tamaño y grado de asociación intramolecular, por lo que se requiere de diferentes niveles energéticos para poder desestabilizar la estructura interna de los gránulos. Por lo tanto, la temperatura de gelatinización es considerada como índice del orden intragranular, ya que cuanto mayor sea su valor, mayor será su grado de ordenamiento.

La temperatura de gelatinización es variable porque depende de la fuente de almidón, ya que el almidón de arroz así como el de trigo, a diferencia de los almidones de papa, maíz céreo y yuca, necesitan calentarse a una mayor

temperatura para absorber agua y posteriormente desarrollar viscosidad (Charley, 1997; Chatakanonda y col., 2002).

Zhou y col. (2002), señalan que muchos estudios han reportado la cinética de la gelatinización de sistemas almidón de arroz – agua; a partir de los cuales, han sido identificadas una serie de fases o etapas en el proceso de gelatinización del almidón de arroz, tales como, cambios de la suspensión a solución, transición de la solución a gel, destrucción de la red y fortalecimiento de dicha red.

Los gránulos de almidón gelatinizados pueden secarse, pero no regresan a su condición original; no obstante, estos gránulos secos empastados, presentan la capacidad de reabsorber grandes cantidades de agua, por lo que se utilizan para elaborar diferentes productos alimenticios, tales como: arroz instantáneo, puré de papas instantáneo y budines (Charley, 1997).

Whistler y Parchall (1985), citados por Requena (2003), señalan que el incremento de la viscosidad de las suspensiones agua-harina, conforme aumenta la temperatura, se produce debido a la existencia de enlaces covalentes y puentes de hidrógeno en el interior de la estructura micelar, al poder de hinchamiento de los gránulos, y a la lixiviación del material intragranular, principalmente de la fracción de amilosa. Este aumento en la viscosidad ocurre hasta un valor máximo, que corresponde al mayor tamaño que pueden alcanzar los gránulos sin romperse.

b.- Pasting.

El “pasting” es el fenómeno que sigue a la gelatinización, y consiste en el aumento del hinchamiento granular, que trae como consecuencia la destrucción del mismo, provocando la liberación de los componentes moleculares del gránulo, disminuyendo la viscosidad de la suspensión (Atwell y col., 1988).

b.- Retrogradación.

La retrogradación es un fenómeno en el cual la estructura ordenada de las moléculas de almidón, perdida durante el proceso de gelatinización, se restaura cuando ocurre el enfriamiento del almidón gelatinizado, y está acompañado por el endurecimiento del gel y la pérdida de agua a partir del gel de almidón, fenómeno que se conoce con el nombre de “sinéresis” (Qian y col., 1997).

Atwell y col. (1988), señalan que la retrogradación es un proceso que ocurre cuando las cadenas de almidón comienzan a reasociarse bajo la forma de estructuras ordenadas, una vez que ocurre el enfriamiento del almidón gelatinizado. En la fase inicial, dos o más cadenas de almidón forman un punto de enlace simple, que permite desarrollar regiones más ordenadas, que luego bajo condiciones favorables, permiten el reordenamiento molecular, originando un nuevo orden cristalino.

Chang y Liu (1991), establecen que la retrogradación no es mas que la “recristalización” del almidón gelatinizado una vez que éste se enfría, pero aclaran que no todas las mezclas de almidón o harina en agua, sometidas a calentamiento, exhiben este comportamiento. Los almidones de papa, maíz y yuca, muestran un gradual y ligero incremento de su viscosidad durante el enfriamiento, pero en cambio, los almidones de arroz y trigo, muestran un incremento repentino de la viscosidad, al disminuir la temperatura.

Miyazaki y col. (2000), indican que los almidones muestran diferentes patrones de retrogradación, en función de la fuente botánica que les dio origen, y esta diferencia aparentemente está relacionada con la proporción en la cual se encuentran las fracciones de amilosa y amilopectina en el gránulo, con el peso molecular de la amilosa y con la longitud de las cadenas laterales de las moléculas de amilopectina. La fracción de amilosa retrograda más fácilmente que la de amilopectina, debido a su mayor capacidad para reasociarse como estructura ordenada, mientras que las moléculas de amilopectina con cadenas ramificadas de gran longitud tienden a retrogradar más lentamente.

Los almidones céreos, con mayor cantidad de amilopectina, no son capaces de gelificar, solo aquellos con un mayor contenido de amilosa son agentes efectivos para lograr la inmovilización de un líquido; aunado a esto, las moléculas de amilosa de tamaño intermedio favorecen la formación del gel, ya que aquellas

que son muy cortas no tienen espacio para enlazarse, y las más largas, son muy pesadas para orientarse óptimamente (Qian y col., 1997).

4.3.- Características reológicas.

Las harinas de arroz pulido, exceptuando aquellas elaboradas a partir de arroz céreo, poseen patrones de viscosidad característicos durante el calentamiento y cocción de sus pastas. Los cambios en la viscosidad dependen principalmente de la composición del almidón, pero ésta también puede verse afectada por las proteínas y los lípidos. Generalmente el arroz de grano largo contiene almidón con un 22% de amilosa, de manera tal que la harina elaborada a partir del mismo desarrolla un pico de viscosidad relativamente bajo, formando geles rígidos cuando ocurre el enfriamiento. En cambio, las harinas obtenidas a partir de granos de arroz con menor cantidad de amilosa, desarrollan picos de viscosidad más elevados y menor retrogradación (Luh, 1980).

Juliano (1985), señala que las curvas amilográficas desarrolladas por las harinas de arroz, están determinadas por su contenido de amilosa, ya que las harinas de arroz ceroso, muestran curvas amilográficas donde la viscosidad máxima se alcanza a temperaturas más bajas que para las harinas de arroz no ceroso. Sin embargo, las harinas de arroz ceroso requieren el doble de concentración de la pasta para poder desarrollar una curva similar a la de las harinas de arroz no ceroso (Figura 7), debido a que los gránulos de almidón con

un mayor contenido de amilosa presentan una mayor capacidad de absorción de agua, gracias a la facilidad que muestra la molécula de amilosa para formar puentes de hidrógeno con las moléculas de agua, es decir, que la estructura física del almidón determina el comportamiento reológico de las suspensiones de almidón o harina en agua.

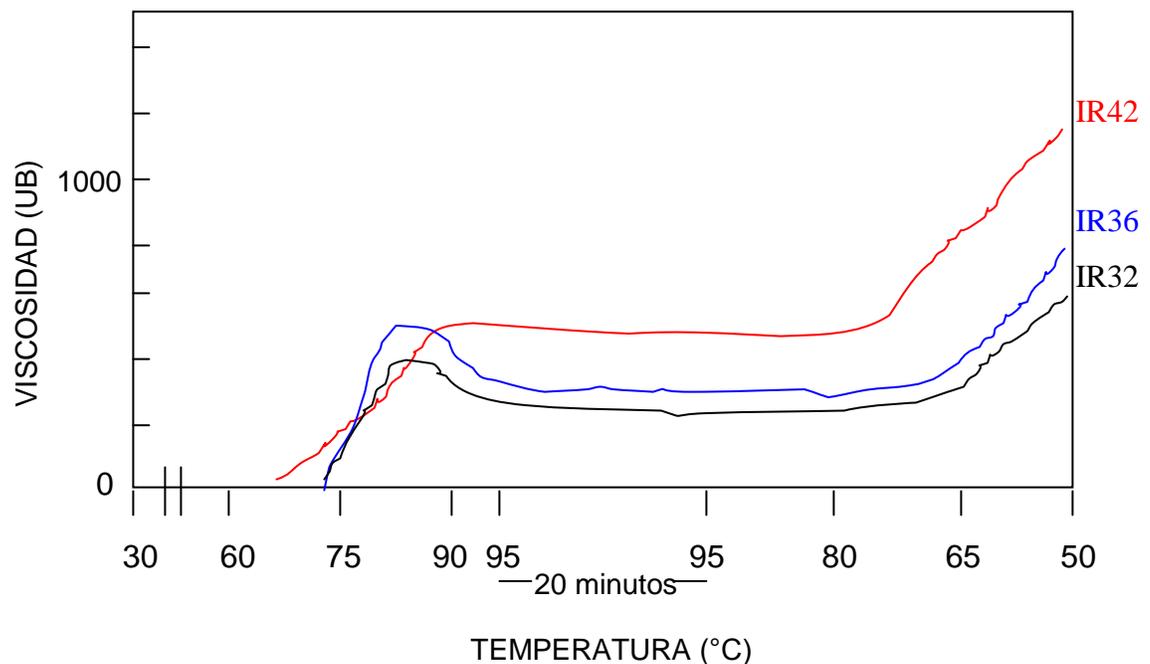
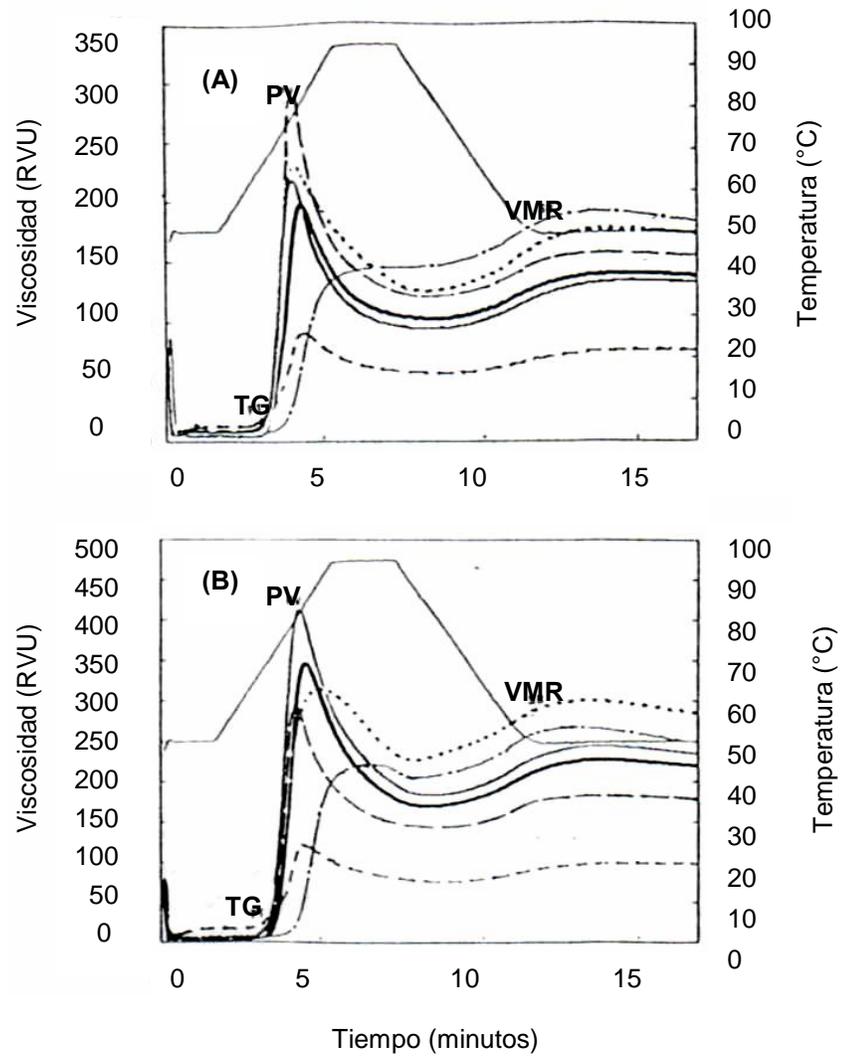


Figura 7. Perfil amilográfico de almidones de variedades de arroz con alto contenido de amilosa (IR32, IR36 e IR42), (Juliano, 1985).

Pérez (1984), evaluó las características reológicas de diferentes harinas obtenidas a partir de arroz, maíz y yuca, sometidas a tratamientos de pre-gelatinización y dextrinización, con la incorporación de agentes surfactantes, y

determinó que las propiedades reológicas de estas harinas variaron en función de la materia prima, la adición de surfactante y tratamiento aplicado. Los resultados obtenidos indican que el tratamiento de pre-gelatinización indujo al desarrollo de una viscosidad inicial a 30°C en suspensión acuosa, y además disminuyó la estabilidad de los gránulos de almidón remanentes en las harinas. En cambio, la incorporación del agente surfactante disminuyó la viscosidad inicial y la tendencia a retrogradar, la tolerancia y la estabilidad en el mezclado; mientras que el tratamiento de dextrinización produjo curvas más estables durante el mezclado.

Chen y col. (1999), evaluaron las propiedades de pasting de harinas de arroz, obtenidas de dos variedades diferentes, utilizando diferentes métodos de molienda, y los resultados obtenidos se muestran en la figura 8, donde se puede apreciar que las harinas obtenidas por molienda seca con molino de martillo, desarrollaron la mayor temperatura de gelatinización; mientras que aquellas obtenidas por molienda semi-seca, fueron las que presentaron una menor temperatura de gelatinización y una menor viscosidad en la retrogradación. En general, se puede notar que tanto el método de molienda como el cultivar afectaron todos los parámetros, incluyendo el pico de viscosidad (PV), la viscosidad máxima de retrogradación (VMR) y la temperatura de gelatinización (TG).



— Molino turbo — . — . Molino de martillos Molino de martillos (semi-seca)
 — Molino de ciclón Molino de discos — — Molino de piedras

Figura 8. Efecto del método de molienda sobre las características de pasting de las harinas de arroz TCW70 (A) y TCSW1 (B), (Chen y col., 1999).

Perdon y col. (2001), determinaron la relación existente entre el grado de molienda y las propiedades reológicas de harinas de arroz, elaboradas a partir de dos cultivares de arroz de grano medio ("Bengal" y "Orion"), y de dos cultivares de grano largo ("Cypress" y "Kaybonnet"), cosechados en los años 1995 y 1996. Para la obtención de las harinas, los granos de arroz fueron sometidos a procesos de limpieza y descascarado, para posteriormente ser molidos, haciendo uso de un molino Mc. Gill N°2, durante 15, 30, 45 y 60 segundos. Al evaluar las propiedades reológicas de las mismas, y específicamente la viscosidad de la pasta, los investigadores observaron que la viscosidad máxima, medida utilizando el amilógrafo y el Visco analizador rápido (RVA) (Figuras 9, 10, 11 y 12), se incrementaba al aumentar el grado de molienda, ya que según los investigadores, las harinas con mayor grado de reducción, presentaban una menor actividad de enzimas amilasas, lo cual se traduce en una mayor viscosidad, debido que la molécula de almidón es apenas hidrolizada.

Bryant y col. (2001), evaluaron una muestra de harina de arroz de grano largo, haciendo uso de Visco Analizador Rápido (RVA) modelo 3CR, y la compararon con otras muestras de harina de arroz, extruídas a una temperatura de 100°C, haciendo uso de un extrusor de doble tornillo, incorporando diferentes cantidades de agua. Los resultados obtenidos se presentan en la figura 13, donde se puede apreciar que la harina de arroz cruda, sin extruir, exhibe un comportamiento totalmente diferente; ya que requiere de mayor tiempo y temperatura para poder desarrollar viscosidad, aunque su viscosidad máxima,

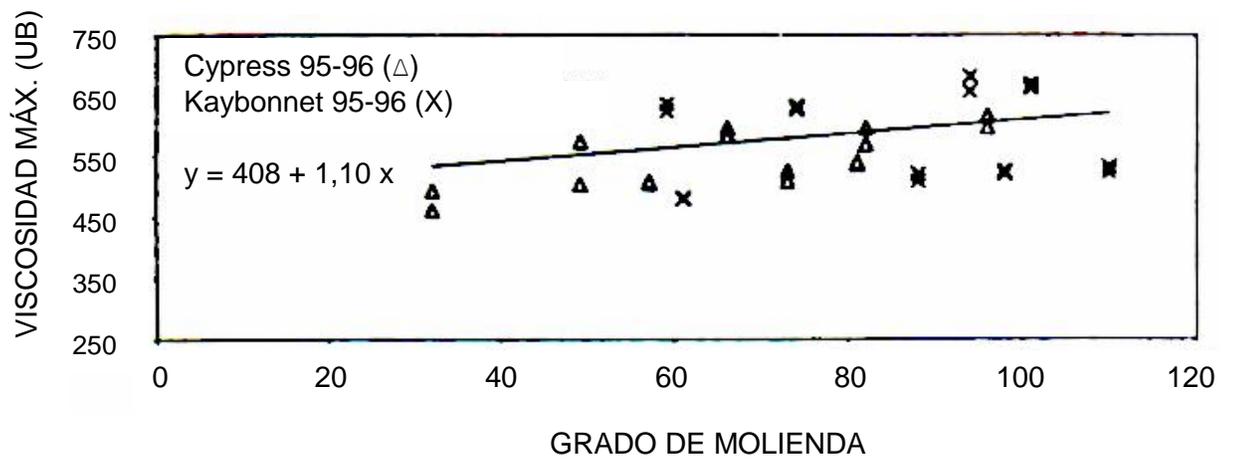


Figura 9. Efecto del grado de molienda sobre la viscosidad máxima de harinas provenientes de cultivares de arroz de grano largo, cosechados en 1995 y 1996 (Perdon y col., 2001).

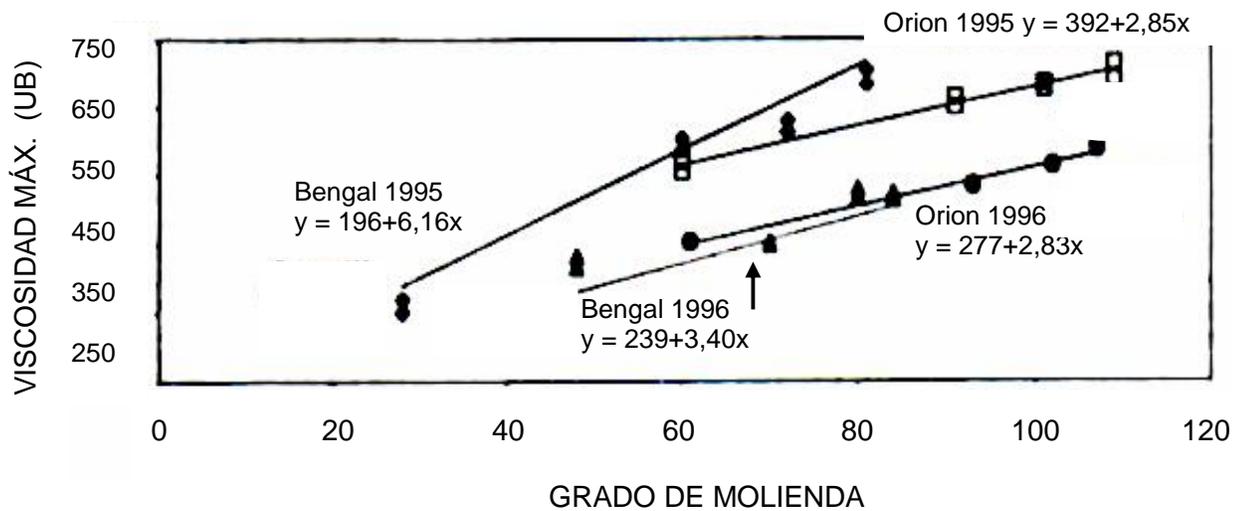


Figura 10. Efecto del grado de molienda sobre la viscosidad máxima de harinas provenientes de cultivares de arroz de grano medio, cosechados en 1995 y 1996 (Perdon y col., 2001).

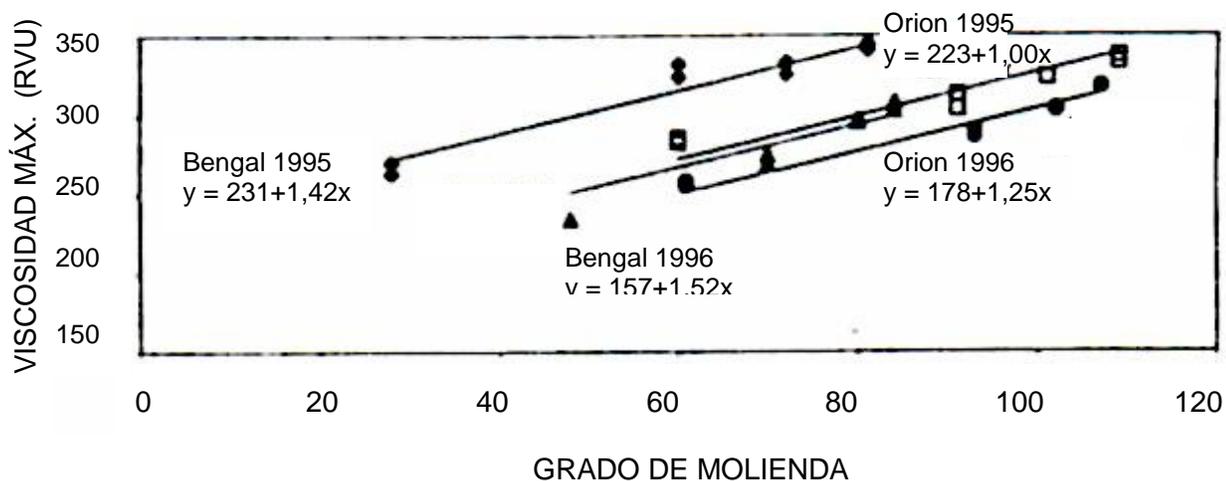


Figura 11. Efecto del grado de molienda sobre la viscosidad máxima de harinas de cultivares de arroz de grano medio, cosechados en 1995 y 1996, medida haciendo uso del RVA (Perdon y col., 2001).

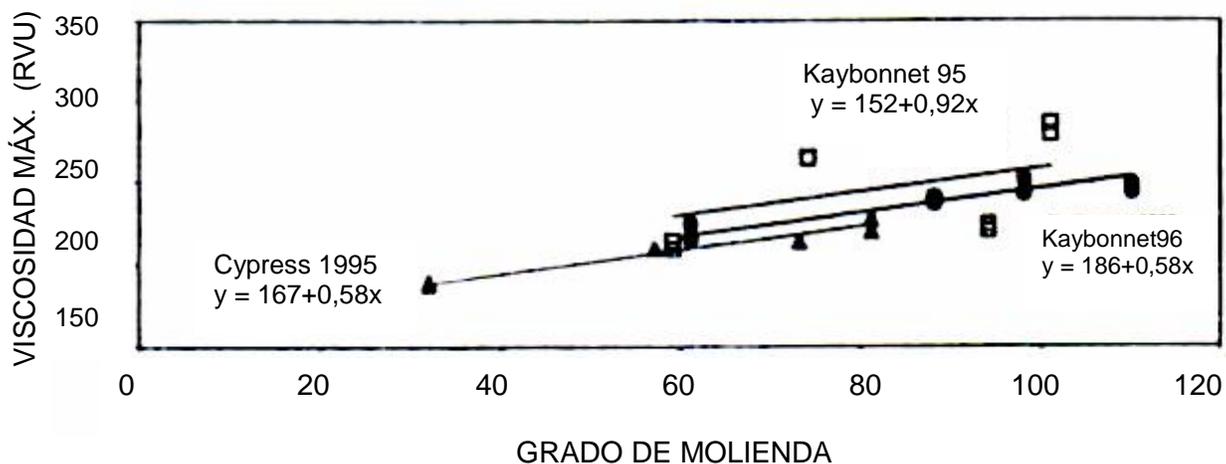


Figura 12. Efecto del grado de molienda sobre la viscosidad máxima de harinas de cultivares de arroz de grano largo, cosechados en 1995 y 1996, medida haciendo uso del RVA (Perdon y col., 2001).

resultó ser más elevada que las correspondientes a las harinas de arroz extruídas, porque éstas presentan, posiblemente, mayor cantidad de gránulos de almidón dañados.

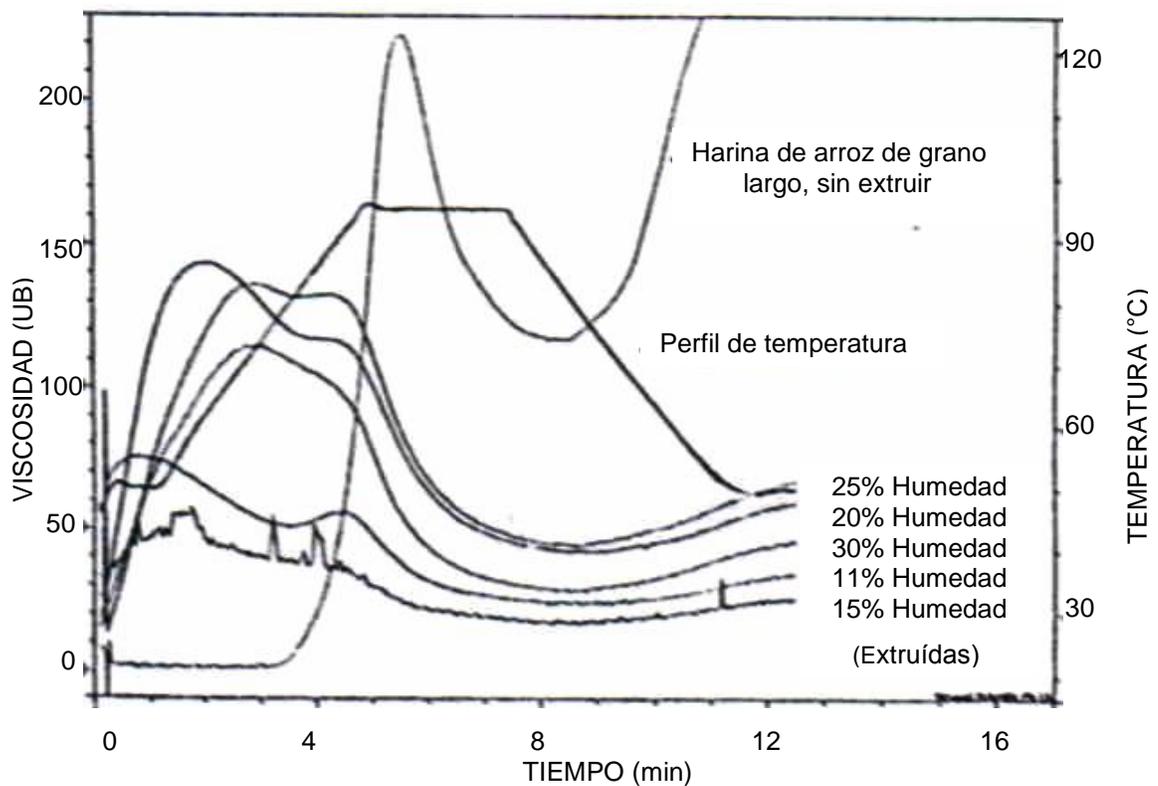


Figura 13. Perfiles de RVA para harina de arroz de grano largo sin extruir, y harinas de arroz de grano largo modificadas, extruídas a 100°C con diferentes contenido de humedad (Bryant y col., 2001).

Zhou y col. (2002), estudiaron las propiedades reológicas de harinas provenientes de cuatro variedades diferentes de arroz, haciendo uso de las curvas amilográficas que se muestran en la figura 14, donde se observa que la harina obtenida de la variedad de arroz con el mayor contenido de amilosa (IR-8), fue la que desarrolló el menor “breakdown” y la viscosidad final más elevada durante el enfriamiento, debido a su gran capacidad para retrogradar. Además, cabe destacar que las temperaturas de gelatinización para todas las harinas estudiadas, se encontraban cerca de los 90°C. Los investigadores señalan que los almidones con temperaturas de gelatinización tan elevadas, comienzan la absorción de agua a altas temperaturas, y por lo tanto, requieren de mayor tiempo de cocción que los almidones con bajas temperaturas de gelatinización.

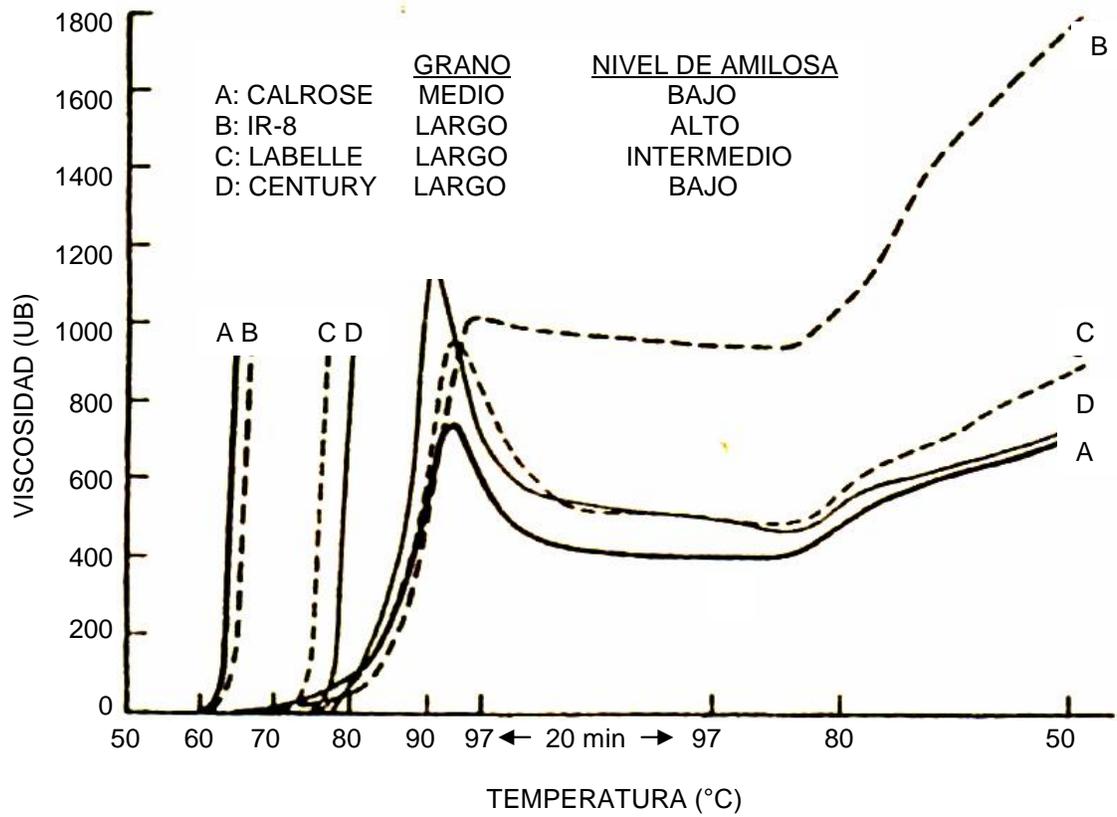


Figura 14. Curvas amilográficas de harinas de arroz, obtenidas a partir de diferentes variedades (Zhou y col., 2002).

B.- MATERIALES Y MÉTODOS

1.- Selección de la materia prima a utilizar en la elaboración de las harinas.

La materia prima seleccionada, corresponde a muestras de arroz de cuatro marcas comerciales diferentes, dos de ellas correspondientes a granos de arroz blanco entero, una a arroz parbolizado y la otra a arroz blanco entero enriquecido, las cuales son mezclas de variedades en proporciones no definidas.

Las marcas seleccionadas, corresponden a las empresas agroindustriales encargadas de adquirir el arroz cultivado por los productores de los estados Guárico y Portuguesa, cuyas variedades han sido estudiadas en el Proyecto “Selección de las variedades de arroz cultivadas en el país, más idóneas para la preparación de diversos productos” de la Agenda Arroz, financiado por el Fondo Nacional de Investigaciones Tecnológicas (FONACIT) (Mosqueda y col., 2004), en el cual está incluido el presente trabajo de investigación.

2.- Elaboración de las harinas a partir de los granos de arroz enteros.

Las harinas se obtuvieron por molienda o trituración directa del grano de arroz, ya limpio, descascarillado y pulido, provenientes de las diferentes marcas comerciales; haciendo uso de un molino de martillo “Fitzpatrick Comminuting

Machine”, modelo D, con una capacidad de 50 Kg., que trabaja a una velocidad de 1500 rpm.

Posteriormente, se realizó una segunda reducción del tamaño de las partículas de las harinas, utilizando un molino de discos “Kitchen Aid” modelo GMA, para lograr obtener una fracción de alto rendimiento, una vez que las harinas pasaran a través del tamiz ASTM, correspondiente a los 60 mesh, ya que según Sabino (2003), para obtener una harina de arroz con un tamaño de partícula apropiado, su mayor rendimiento en peso, debe corresponder al número de tamiz especificado anteriormente.

Esta fracción de mayor rendimiento, retenida en el tamiz de 60 mesh, fue la que se utilizó para los diferentes análisis físicos, físico-químicos, químicos, reológicos y microbiológicos.

Las harinas, fueron elaboradas a partir de las diferentes marcas comerciales de arroz, de la siguiente manera:

- 1.- Harina proveniente de granos de arroz blanco entero (1% de granos partidos) de la marca comercial “A” (muestra A).

- 2.- Harina proveniente de granos de arroz blanco entero (1% de granos partidos) de la marca comercial “B” (muestra B).

3.- Harina proveniente de granos de arroz parbolizados de la marca comercial "C" (muestra C).

4.- Harina proveniente de granos de arroz blanco entero enriquecido, de la marca comercial "A", recubiertos con las siguientes vitaminas y minerales: vitamina A, vitamina D, niacina, tiamina, riboflavina, ácido fólico, calcio, hierro y zinc (muestra D).

Posteriormente las muestras de harinas obtenidas fueron envasadas en recipientes plásticos y almacenadas a temperatura ambiente.

3.- Caracterización física, química, físico-química y reológica, de las harinas obtenidas a partir de cuatro muestras de granos de arroz entero, de origen comercial.

Los análisis se efectuaron a cada una de la cuatro (4) muestras de harinas anteriormente mencionadas (A, B, C y D).

3.1.- Análisis físicos y físico-químicos

3.1.1.- Granulometría.

Las harinas, son productos alimenticios que se definen y clasifican, en función del diámetro o tamaño de sus partículas, por lo que resulta conveniente determinar la proporción en la cual se encuentran estas partículas, en las muestras de harina de arroz en estudio.

Para determinar el tamaño de partícula predominante, se tomaron 100 gramos de muestra de harina y se colocaron en la parte superior de un juego de tamices ASTM de 40, 50, 60 y 80 mesh. Los tamices se agitaron por 15 minutos y el peso de la muestra retenida en cada tamiz, se expresó como rendimiento en porcentaje.

Esta operación se repitió hasta que la mayor cantidad en peso de las cuatro muestras de harinas de arroz, quedara retenida en el tamiz BICASA de 60 mesh.

3.1.2.- Color.

El color se determinó según metodología descrita en Giese (1995) y Hunter Lab Manual (2001), haciendo uso del colorímetro Macbeth Color Eye 2445, con

escala CIE LAB y estandarizado con una placa blanca con valores de $L = 94,68$, $a = -1,24$ y $b = 2,27$.

En la escala de luminosidad “L”, dicho valor representa una mayor o menor reflectancia de luz; mientras que los parámetros a y b, son considerados como coordenadas de cromaticidad.

En el diagrama de cromaticidad, a y b indican entonces, direcciones de colores: +a es la dirección del rojo, -a es la dirección del verde, +b es la dirección del amarillo y -b es la dirección del azul. El centro es acromático, y a medida que los valores de a^* y b^* aumentan y el punto se separa del centro, la saturación del color se incrementa.

En el espacio de color $L^* a^* b^*$, la diferencia de color puede expresarse como un valor numérico sencillo: ΔE , que indica el tamaño de la diferencia de color pero no en qué sentido son diferentes los colores. ΔE se define mediante la siguiente ecuación:

$$\Delta E: \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$$

3.1.3.- pH.

Los valores de pH, para cada una de las harinas de arroz elaboradas, se determinaron según el método oficial de la AACC (1997), N° 02-52.

3.1.4.- Acidez titulable.

Se realizó según método oficial N° 02-31 de la AACC (1997). Los resultados se expresaron como ml. de hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N, por cada 100 gramos de muestra de harina de arroz analizada.

3.1.5.- Índice de absorción de agua e índice de solubilidad.

Se determinaron de acuerdo a la metodología descrita por Anderson (1982):

Se colocaron 2,5 g de cada harina en un tubo de centrifuga previamente tarado, al cual se añadieron 3 ml de agua destilada a 30°C. Posteriormente, la mezcla se centrifugó por 10 minutos a 3000 rpm. El sobrenadante se transfirió a una cápsula de porcelana, previamente tarada, y se evaporó a vacío hasta sequedad; luego se enfrió en un desecador y se pesó.

El índice de absorción de agua (IAA), expresado como g. de gel por g. de muestra, se calculó de la siguiente manera:

$$\text{IAA} = \frac{\text{Peso del gel remanente en el tubo}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

El índice de solubilidad en agua (ISA), expresado en porcentaje, se calculó a partir de la siguiente ecuación:

$$\text{ISA} = \frac{\text{Peso de sólidos secos recuperados por evaporación}}{\text{Peso de la muestra}} \times 100$$

3.2.- Análisis químicos.

3.2.1.- Humedad.

El contenido de agua, expresado como porcentaje de humedad, se determinó de acuerdo al método oficial de la AOAC (1990), N° 925.09.

3.2.2.- Cenizas.

La determinación del contenido de cenizas presente en cada una de las muestras de harina analizadas, expresado como porcentaje de cenizas en base seca, se realizó según metodología oficial de la AOAC (1990), de acuerdo al método N° 923.03.

3.2.3.- Grasa cruda.

Se realizó según el método oficial N° 920.85 de la AOAC (1990), y el resultado se expresó como porcentaje de grasa cruda en base seca.

3.2.4.- Fibra cruda.

La cantidad de fibra cruda presente en las harinas de arroz en estudio fue determinada de acuerdo a la metodología oficial de la AOAC (1990), según el método N° 962.09. Los resultados se expresaron como porcentaje de fibra cruda en base seca.

3.2.5.- Proteína cruda (Nitrógeno total).

Se determinó haciendo uso del método de Micro Kjeldhal, N° 920.152 indicado en la AOAC (1990), utilizando un factor de conversión igual a 5,95. Los resultados se expresaron como porcentaje de proteína cruda en base seca.

3.2.6.- Carbohidratos totales.

Los resultados se expresaron en porcentaje base seca, y fueron calculados por diferencia al restar del 100%, la proporción calculada de humedad, cenizas, fibra cruda, proteína cruda y grasa cruda.

3.2.7.- Almidón.

El contenido de almidón presente en las harinas de arroz en estudio, fue determinado de acuerdo al método oficial de la AOAC (1990), el cual se describe a continuación:

Se tomaron 0,5 gramos de muestra seca y desgrasada y se colocaron en un beaker de 200 ml., se incorporaron 150 ml. de etanol al 10% (v/v); se agitó y posteriormente se filtró. Una vez obtenido el residuo, éste se lavó tres veces con 10 ml. de etanol al 95% y se secó al aire. El residuo seco se colocó en un beaker de 250 ml. con 100 ml. de agua destilada, y se llevó a ebullición por 5 minutos con agitación constante, se enfrió y posteriormente se llevó a volumen con agua destilada. Se transfirieron 200 ml. a un beaker de extracción de fibra con 20 ml. de ácido clorhídrico de gravedad específica 1,125, y se calentó a reflujo por 2,5 horas. Se enfrió y neutralizó con NaOH al 10% (p/v), se filtró y se llevó a volumen nuevamente (Solución 1). Se tomaron 0,5 ml. de la solución 1 y se colocaron en un tubo de ensayo más 4,5 ml. de solución de ortotoluidina (1,5 gramos de tiourea en 940 ml. de ácido acético glacial + 60 ml. de ortotoluidina), se llevó a baño María por 10 minutos, se enfrió y se incorporaron 5 ml. de ácido acético glacial, posteriormente se leyó la absorbancia de la solución a 630 nm contra blanco. Se determinó la cantidad de glucosa presente haciendo uso de la curva patrón (de fuente propia). El contenido de almidón, fue calculado multiplicando la concentración de glucosa, obtenida por interpolación gráfica para cada una de las

muestras de harinas, por el factor 0,9. Los resultados obtenidos se expresaron como porcentaje de almidón en base seca.

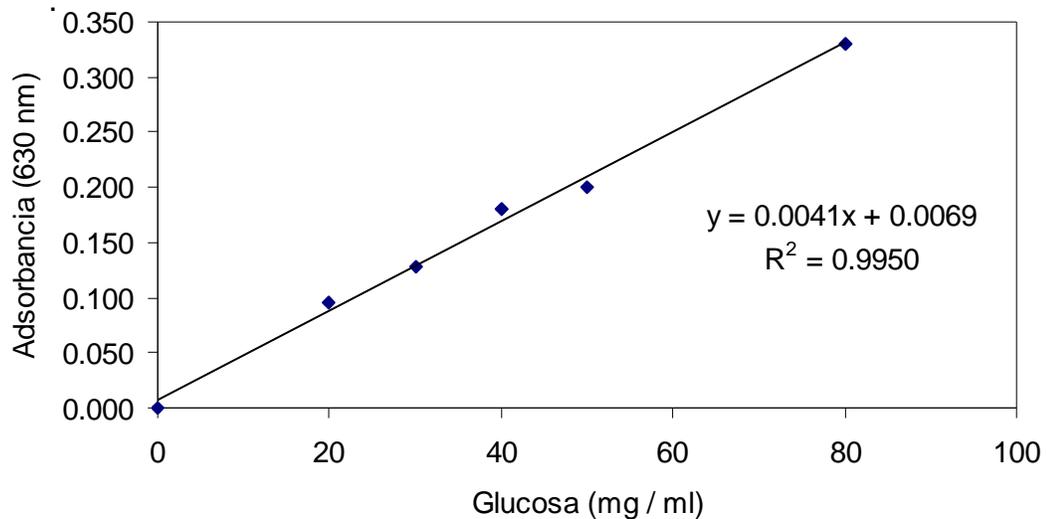


Figura 15. Curva patrón de almidón de arroz de la variedad “cimarrón”.

3.2.8.- Amilosa:

La cantidad de amilosa presente en las cuatro muestras de harinas de arroz, se realizó siguiendo la metodología de Juliano (1971):

Se tomaron 100 mg. de muestra y se colocaron en un beaker de 50 ml. más 1 ml. de etanol al 95% v/v y 9 ml. de NaOH 1N; posteriormente, se llevó a baño María durante 10 minutos y se transfirió cuantitativamente a un balón aforado de 100 ml., llevándolo a volumen con agua destilada. Se tomaron 5 ml. de esa

solución y se llevaron a un balón aforado más 1 ml. de ácido acético 1 N y 2 ml. de solución yodo-ioduro (0,2 gramos de yodo + 2 gramos de ioduro de potasio). La mezcla se llevó a volumen, se agitó y se dejó en reposo por 20 minutos. Se leyó el % de absorbancia a 630 nm, y se determinó el % de amilosa por interpolación de la curva patrón. Este resultado se expresó en función al porcentaje de almidón.

Para obtener la curva patrón o estándar de amilosa, que se presenta en la figura 16, se tomaron 0, 10, 20, 30, 40 y 50 μg . de amilosa de arroz de la variedad "cimarrón", que fue suministrada por el Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Facultad de Agronomía de la UCV, a los cuales, una vez sometidos al procedimiento de Juliano (1971) indicado anteriormente, se les determinó su absorbancia a una longitud de onda de 640 nm.

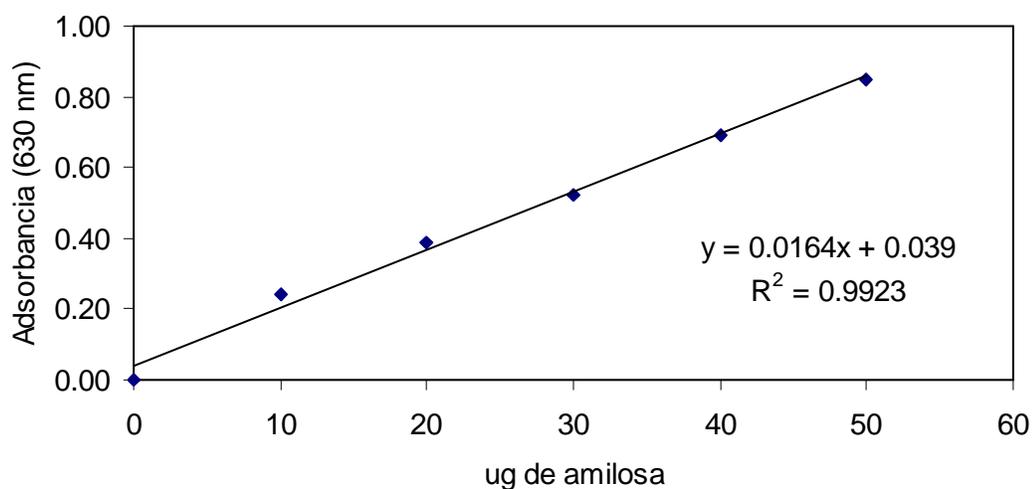


Figura 16.- Curva patrón de amilosa de arroz de la variedad "cimarrón".

3.2.9.- Amilopectina:

Para conocer la cantidad de amilopectina presente en las diferentes muestras de harinas, ésta se calculó por diferencia del valor de amilosa, partir del contenido de almidón.

$$100\% = \% \text{ Amilosa} + \% \text{ Amilopectina}$$

$$\% \text{ Amilopectina} = 100\% - \% \text{ Amilosa}$$

3.2.10.- Azúcares reductores y no reductores:

Se determinaron de acuerdo a la metodología descrita por la AOAC 939.03 (1995), que se describe a continuación:

a.- Preparación del Extracto.

Se pesaron 5,675 g. de harina y se colocaron en un Erlenmeyer de 100 ml. Se inclinó el recipiente para que toda la harina se depositara hacia un solo lado, luego se humedeció la muestra con 5 ml. de alcohol. Se inclinó nuevamente el recipiente para que ahora la harina húmeda se ubicara hacia la parte superior, y se agregaron 50 ml. de una solución buffer acetato, procurando que la muestra no entrara en contacto con el buffer hasta que éste se hubiera incorporado

completamente. Luego se agitó el frasco para llevar a la harina al interior de la solución. Se agregaron 2 ml. de una solución de sodio tungstato y se mezcló, luego se filtró, descartándose las 8 o 10 primeras gotas del filtrado.

b.- Azúcares Reductores.

Se pipetearon 5 ml. del extracto de harina dentro de un tubo de ensayo de 75 ml. Se incorporaron 10 ml. de una solución alcalina ferrocianida, se homogeneizó y se sumergió el tubo en un baño de agua en ebullición, procurando que el líquido contenido en el tubo estuviera 3 o 4 cm. por debajo de la superficie del agua hirviendo. Luego de 20 minutos en el baño de agua, se retiró el tubo de ensayo y se enfrió, para luego verter su contenido en un Erlenmeyer de 100 ml. Se lavó el tubo con una solución salada de ácido acético, se agregó al Erlenmeyer y se homogeneizó. Luego, se incorporó 1 ml. de una solución iodada de potasio en almidón. Se analizó volumétricamente con una solución estándar de tiosulfato 0,1 N a partir de 10. Esta diferencia representó la cantidad definitiva de azúcares reductores en 10 g. de harina, calculados como maltosa a partir de la tabla de conversión indicada en la AOAC (1995).

c.- Azúcares No Reductores.

Se pipetearon 5 ml. del extracto de harina dentro de un tubo de ensayo de 75 ml. y se sumergió en un baño de agua en ebullición. Luego de 15 minutos se

retiró y enfrió el tubo, y se incorporaron 10 ml. de una solución alcalina de ferrocianida. Se procedió igual que en “b”, y los azúcares no reductores fueron calculados como sucrosa a partir de la tabla de conversión presentada en la AOAC (1995).

3.3.- Análisis reológicos.

3.3.1.- Perfil amilográfico:

Las características reológicas de las diferentes muestras de harinas de arroz, se determinaron mediante la interpretación de las curva amilográficas obtenidas de un Rapid - Viscoanalyser Brabender (RVA), modelo Micro – Visco Amilo Graph, elaborado en Duisbur, Alemania, ubicado en el Laboratorio de Bromatología de la Facultad de Farmacia de la Universidad Central de Venezuela.

Para llevar a cabo esta determinación se prepararon suspensiones de harina en agua al 7% de sólidos para las muestras A, B y D, y al 10% de sólidos para la muestra D, proveniente de granos de arroz parbolizados, ya que ésta última no logró desarrollar viscosidad cuando se trabajaba a un 7% de sólidos en suspensión.

Posteriormente, las cuatro suspensiones harinosas preparadas según la metodología indicada anteriormente, se colocaron, de una en una, en el bol del

amilógrafo. El recipiente que contenía inicialmente la harina, se lavó con pequeñas cantidades de agua que se incorporaron al recipiente del amilógrafo. Se introdujo el eje en el bol del amilógrafo, y se colocó la cabeza del equipo en la posición adecuada. Se aplicó calentamiento desde 30°C hasta 95°C, a una velocidad de calentamiento constante, se mantuvo a 95°C durante 5 minutos, y luego la suspensión se enfrió hasta 50°C, y finalmente permaneció un minuto a esta temperatura.

El software instalado al equipo permitió obtener el registro de los siguientes parámetros:

- Temperatura inicial de gelatinización (°C): TG
- Inicio de la gelatinización: A
- Viscosidad Máxima: B
- Viscosidad al inicio del calentamiento constante a 95°C: C.
- Viscosidad al final del calentamiento a 95°C después de 5 minutos: D
- Viscosidad al inicio del período de enfriamiento a 50°C: E
- Viscosidad después del enfriamiento a 50°C por 1 minuto: F
- Estabilidad o “Breakdown” (diferencia entre la viscosidad máxima y la viscosidad al final del calentamiento a 95°C): B-D
- Retrogradación o “Setback” (diferencia entre la viscosidad a 50°C y la viscosidad máxima): E-B

- Consistencia (diferencia entre la viscosidad a 50°C y la viscosidad al final del calentamiento a 95°C): E-D

4.- Caracterización microbiológica

4.1.- Aerobios mesófilos totales:

La determinación de aerobios mesófilos totales, presentes en las diferentes muestras harinas, se realizó de acuerdo a la metodología descrita en la Norma COVENIN N° 902 (1990).

4.2- Hongos y levaduras:

La determinación de la cantidad de hongos y levaduras presentes en las cuatro muestras analizadas, se realizó mediante la técnica de siembra en profundidad, utilizando como medio de cultivo agar extracto de levadura, de acuerdo a la metodología descrita en la Norma COVENIN N° 1337 (1990).

4.3.- Coliformes fecales:

Los coliformes totales se determinaron de acuerdo a la Norma COVENIN N° 1086-77, haciendo uso del caldo lauril sulfato y del caldo lactosa bilis brillante.

5.- Análisis estadístico

Los análisis físicos, físico-químicos, químicos y reológicos, efectuados a cada una de las muestras de harinas de arroz, obtenidas a partir de granos enteros de origen comercial, fueron realizados por triplicado.

Los resultados obtenidos se analizaron estadísticamente, utilizando el programa STATGRAPHICS (Statistical Graphics System Educational, versión 6.0, 1992, serial N° 3611182), mediante un Análisis de Varianza de una sola vía, en función de las diferentes muestras evaluadas, donde los resultados promedio fueron evaluados usando la prueba de comparación de Tukey.

Para la expresión de los resultados se estableció un sistema de letras, aquellos valores con al menos una letra en común, para una misma fila o columna en los cuadros, son estadísticamente iguales a un nivel de significancia del 5%.

C.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1.- Granulometría.

Las muestras de harinas, elaboradas a partir de granos de arroz entero de diferentes marcas comerciales, fueron evaluadas para conocer la distribución del tamaño de sus partículas o grado de subdivisión de las mismas.

Los resultados obtenidos se muestran en el cuadro 17, donde se puede apreciar que el mayor rendimiento en peso promedio, para cada una de las diferentes muestras de harina, se obtuvo en el tamiz de 60 mesh, luego de haber sometido dichas muestras a tres pases de molienda, haciendo uso del molino de discos "Kitchen Aid", modelo GMA.

Al comparar los valores del rendimiento en peso, obtenidos para cada muestra de harina evaluada, se observa que existen diferencias estadísticamente significativas a un 95% de confianza, para los tamices de 50, 60 y 80 mesh. La harina de arroz "Premium" de la marca comercial "A" (muestra A), fue la que presentó el mayor rendimiento en los tamices de 50 y 80 mesh, con valores de 23,5 y 5,1%, respectivamente; mientras que la harina de arroz "Premium" de la marca comercial "B" (muestra B), fue la que obtuvo el mayor valor de rendimiento en peso para el tamiz de 60mesh, el cual fue de 70,1%.

Cuadro 17. Valores para el rendimiento en peso promedio de las harinas provenientes de granos de arroz entero de las marcas comerciales A, B, C y D, una vez cernidas, haciendo uso de un juego de tamices de 40, 50, 60 y 80 mesh.

MUESTRA*	N° de TAMIZ			
	40 mesh (420 µm)	50 mesh (297 µm)	60 mesh (250 µm)	80 mesh (177 µm)
A	4,5% ± 1,53a	23,5% ± 1,03a	66,4% ± 2,43b	5,1% ± 0,3a
B	4,3% ± 0,7a	22% ± 0,8b	70,1% ± 1,1a	3,3% ± 0,43b
C	4,6% ± 1,1a	21,1% ± 0,93b	68% ± 1,47a	5,5% ± 0,47a
D	4,2% ± 1,53a	21,2% ± 1,1b	68,9% ± 1,73a	5,6% ± 1,57a

Los valores promedio con la misma letra en una misma fila, no son significativamente diferentes ($\alpha \leq 0,05$; $n = 3$).

*: Muestra A = harina de granos de arroz entero "Premium" de la marca comercial "A"; Muestra B = harina de granos de arroz entero "Premium" de la marca comercial "B"; Muestra C = harina de granos de arroz entero parbolizado de la marca comercial "C"; Muestra D = harina de granos de arroz entero enriquecido de la marca comercial "A".

Los distintos valores observados entre muestras, en cuanto al rendimiento en peso para un mismo número de tamiz, se deben posiblemente a diferencias en la dureza de los granos utilizados para la elaboración de las harinas, y a discrepancias en el porcentaje de granos partidos y de granos yesosos, ya que dichas harinas fueron obtenidas a partir de diferentes marcas comerciales, las cuales eran mezclas de variedades de arroz en proporciones no definidas.

Las posibles diferencias existentes en los valores de granulometría, también podrían estar determinadas por los procesos de parbolización o enriquecimiento, ya que según Juliano (1985), los granos de arroz parbolizado y enriquecido se hacen más resistentes a los procesos de trituración; sin embargo, de acuerdo a los resultados obtenidos, los granos de arroz más resistentes al proceso de molienda fueron aquellos empleados para la elaboración de harina de arroz "Premium" de la marca comercial "A" (muestra "A").

2.- Caracterización física y físico-química.

2.1.- Color.

Al observar los resultados del cuadro 18, se puede apreciar que los valores obtenidos para los parámetros L, a y b, fueron estadísticamente diferentes para todas las muestra de harina de arroz evaluadas.

Los resultados obtenidos, indican que la harina de arroz enriquecido (muestra D), fue la que presentó el mayor grado de luminosidad o blancura, con un valor de "L" igual a 90,65; mientras que la harina de arroz parbolizado (muestra C) presentó, por el contrario, el valor más bajo de luminosidad, igual a 85,70.

Cuadro 18. Valores promedio para el índice de luminosidad (L), y de cromaticidad (a y b), obtenidos para las harinas provenientes de granos de arroz entero de las marcas comerciales evaluadas.

PARÁMETROS COLOR	MUESTRAS			
	A (Prem)	B (Prem)	C (Parb)	D (Enriq)
L*	90,42b	90,41b	85,70a	90,65c
a*	-1,01a	-1,04a	-0,36b	-1,14a
b*	8,32b	8,19b	13,39c	7,32a
ΔE	7,40	7,30	14,32	6,46

Los valores promedio con la misma letra en una misma fila, no son significativamente diferentes ($\alpha \leq 0,05$; $n = 3$).

Muestra A =harina de granos de arroz entero “Premium” de la marca comercial “A”;
Muestra B = harina de granos de arroz entero “Premium” de la marca comercial “B”;
Muestra C = harina de granos de arroz entero parbolizado de la marca comercial “C”;
Muestra D =harina de granos de arroz entero enriquecido de la marca comercial “A”.

Al calcular el valor de ΔE , indicado en el cuadro 18, se determinó la magnitud de la diferencia de color existente entre cada una de las muestras de harinas de arroz analizadas y la placa estándar, siendo mayor dicha diferencia para la harina de arroz parbolizado, con un valor de ΔE igual a 14,32; mientras que la menor diferencia de color, respecto a la placa estándar, se obtuvo para la harina de arroz enriquecido, que presentó un ΔE igual a 6,46.

La diferencia de color también fue determinada entre muestras de harinas de arroz, y los resultados obtenidos se presentan en el cuadro 19, donde se puede apreciar que la mayor diferencia en el color se presenta entre la harina de arroz parbolizado y el resto de las muestras de harinas de arroz analizadas.

Cuadro 19. Valores de ΔE calculados entre las muestras de harinas de arroz evaluadas.

PARÁMETROS	MUESTRAS					
	A-B	A-C	A-D	B-C	B-D	C-D
ΔL^*	0,01	4,72	0,23	4,71	0,24	4,95
Δa^*	0,03	0,65	0,13	0,68	0,10	0,78
Δb^*	0,13	5,07	1,00	5,20	0,87	6,07
ΔE	0,13	6,95	1,03	7,05	0,90	7,87

Muestra A =harina de granos de arroz entero “Premium” de la marca comercial “A”;
Muestra B = harina de granos de arroz entero “Premium” de la marca comercial “B”;
Muestra C = harina de granos de arroz entero parbolizado de la marca comercial “C”;
Muestra D =harina de granos de arroz entero enriquecido de la marca comercial “A”.

La mayor diferencia en el color, observada para la harina de arroz parbolizado, se debe posiblemente a la presencia de compuestos coloreados, los cuales se producen por efecto de las reacciones de oscurecimiento no enzimático,

que pueden ocurrir durante el calentamiento del grano en el proceso de parbolización, y que tienen lugar entre los azúcares reductores y los aminoácidos presentes en el grano de arroz (Juliano, 1985); o por efecto de la difusión de pigmentos del salvado, hacia el endospermo del grano (Luh, 1980).

2.2.- pH y Acidez titulable.

En el cuadro 20, se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los análisis físicos y físico-químicos realizados a las diferentes muestras de harina de arroz evaluadas, entre los cuales se incluyen, la determinación de pH, acidez titulable, índice de adsorción de agua e índice de solubilidad en agua.

En cuanto a los valores de pH obtenidos para cada una de las harinas evaluadas (Cuadro 20), se puede apreciar que existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras, observándose el menor valor de pH para la harina del tipo "Premium" de la marca comercial "A" (muestra A), el cual fue de 6,33, y el mayor valor, de 6,55 para la harina de arroz enriquecido de la misma marca comercial (muestra D). Sin embargo, cabe destacar que todos los valores de pH, determinados para las muestras de harinas estudiadas, fueron superiores al límite establecido por la Norma COVENIN N° 2300 (1985), la cual indica que las harinas de arroz deben presentar un pH mayor o igual a 6,0; para garantizar que no se generen procesos fermentativos por acción de hongos y levaduras, que alteren la calidad microbiológica del producto.

Cuadro 20. Valores promedio para las propiedades físicas y físico-químicas de las diferentes muestras de harina de granos de arroz entero provenientes de diferentes marcas comerciales.

PARÁMETROS	MUESTRAS ¹			
	A	B	C	D
pH	6,33 ± 0,00a	6,36 ± 0,00b	6,38 ± 0,00b	6,55 ± 0,00c
ACIDEZ TITULABLE (ml NaOH/100 g muestra)	2,0 ± 0,00a	3,0 ± 0,00b	3,0 ± 0,00b	2,0 ± 0,00a
IAA² (%)	2,26 ± 0,01b	2,05 ± 0,01a	3,12 ± 0,00d	2,31 ± 0,00c
ISA³ (%)	2,23 ± 0,13ab	2,66 ± 0,55ab	1,21 ± 0,54a	3,6 ± 0,67b

Los valores promedio con la misma letra en una misma fila, no son estadísticamente diferentes ($p \leq 0,05$; $n = 3$).

¹: Muestra A =harina de granos de arroz entero “Premium” de la marca comercial “A”; Muestra B = harina de granos de arroz entero “Premium” de la marca comercial “B”; Muestra C = harina de granos de arroz entero parbolizado de la marca comercial “C”; Muestra D =harina de granos de arroz entero enriquecido de la marca comercial “A”.

²: Índice de adsorción de agua

³: Índice de solubilidad en agua.

Las diferencias existentes para los valores de pH entre las muestras de harinas evaluadas, pueden atribuirse al efecto del tipo de procesamiento al cual fueron sometidos los granos de arroz, empleados como materia prima, ya que específicamente en el caso del enriquecido, éste fue recubierto con vitaminas y minerales, compuestos químicos que probablemente modificaron el pH de los

granos, y por consiguiente, el pH de la harina. Además, las diferencias existentes en cuanto a los valores de pH, pueden ser consecuencia del uso de distintas variedades de arroz, las cuales se desconocen por tratarse de muestras obtenidas comercialmente.

Al determinar la acidez total o titulable de las muestras de harina estudiadas, se comprobó que los resultados obtenidos (Cuadro 20), fueron estadísticamente diferentes a un nivel de significancia del 5%, siendo las muestras de harina de arroz "Premium" de la marca comercial "B" y la de arroz parbolizado, las que presentaron un mayor grado de acidez (3,0 ml. de NaOH / 100 g. de muestra), mientras que las harinas de arroz "Premium" y de arroz enriquecido de la marca comercial "A", reportaron los valores más bajos (2,0 ml de NaOH / 100 g. de muestra). Estas diferencias, podrían atribuirse a la utilización de diferentes variedades de arroz, o bien al efecto del tipo de procesamiento al cual fueron sometidos los granos, empleados para la elaboración de las cuatro muestras de harina en estudio, como por ejemplo la parbolización y el enriquecimiento.

Al comparar los valores de acidez, determinados para cada una de las harinas de arroz analizadas, con el valor máximo permitido por COVENIN (1985), de 3,0 ml. de NaOH por cada 100 gramos de muestra, se observa que todas las harinas evaluadas se encuentran por debajo del límite exigido por esta norma, lo cual indica que el producto no sufrió ningún tipo de proceso fermentativo, tal y como lo reflejaron sus valores de pH.

2.3.- Índice de Absorción de agua.

En cuanto al índice de absorción de agua (IAA), las muestras analizadas presentaron resultados estadísticamente diferentes, ya que los valores más bajos se obtuvieron para las harinas de arroz "Premium" de las marcas comerciales "A" y "B", los cuales fueron de 2,26 y 2,05%, respectivamente; mientras que los valores más altos correspondieron a las muestras de harinas de arroz enriquecido y de arroz parbolizado, los cuales fueron de 2,31 y 3,12%, respectivamente, tal como se presentan en el cuadro 20 y en la figura 17.

Cabe destacar, que la harina proveniente del arroz parbolizado, presentó un mayor índice de absorción de agua que las demás, ya que ésta es esencialmente una harina precocida, donde el almidón ha sufrido un proceso de pre-gelatinización que le confiere una mayor capacidad de absorción de agua, debido al menor grado de asociación u ordenamiento intragranular, ya que las fuerzas asociativas que mantienen unidas a las moléculas de amilosa y amilopectina en el interior del gránulo, se rompieron por efecto del calentamiento al cual fueron sometidas durante el proceso de parbolización, favoreciendo así el ingreso de las moléculas de agua (Charley, 1997 y Chatakonda y col., 2000).

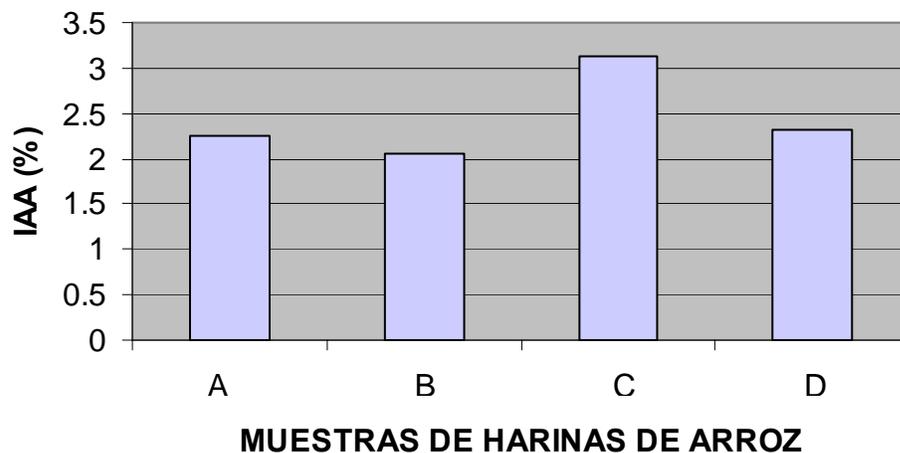


Figura 17. Valores del índice de absorción de agua para cada una de las muestras de harinas de arroz analizadas (Muestra A =harina de granos de arroz entero “Premium” de la marca comercial “A”; Muestra B = harina de granos de arroz entero “Premium” de la marca comercial “B”; Muestra C = harina de granos de arroz entero parbolizado de la marca comercial “C”; Muestra D =harina de granos de arroz entero enriquecido de la marca comercial “A”).

Además, es posible que el mayor contenido de amilosa, presente tanto en los granos de arroz enriquecidos como en los parbolizados, haya favorecido el incremento en el IAA, ya que según Tester y Morrison (1990), la fracción de amilosa tiene una mayor capacidad de absorción de agua que la fracción de amilopectina, por estar constituida por cadenas lineales de glucosa, que favorecen la formación de puentes de hidrógeno con las moléculas de agua. Sin embargo, las moléculas de amilopectina están constituidas por cadenas lineales con

numerosas ramificaciones, que disminuyen su capacidad para formar puentes de hidrógeno que permitan la retención de agua.

2.4.- Índice de Solubilidad en agua.

Al observar los resultados obtenidos para el índice de solubilidad en agua (ISA), que se muestran en el cuadro 20 y en la figura 18, se puede apreciar que existen diferencias estadísticamente significativas solamente entre la muestra C (de harina de arroz parbolizado) y la muestra D (de harina de arroz enriquecido), siendo ésta última la que presentó el mayor índice de solubilidad, el cual fue de 3,6%; mientras que la muestra C, desarrolló el menor ISA, que fue de 1,21%.

El mayor índice de solubilidad en agua desarrollado por la harina de arroz enriquecido, podría atribuirse a la presencia de una mayor cantidad de gránulos de almidón dañados, debido quizás al proceso de enriquecimiento, ya que cuando los gránulos de almidón están dañados, la lixiviación de los constituyentes del mismo, es decir, de las moléculas de amilosa y de amilopectina contenidas en el interior de los gránulos, y principalmente de la fracción de amilosa de bajo peso molecular, se hace más fácilmente, incrementando la solubilidad del almidón en solución.

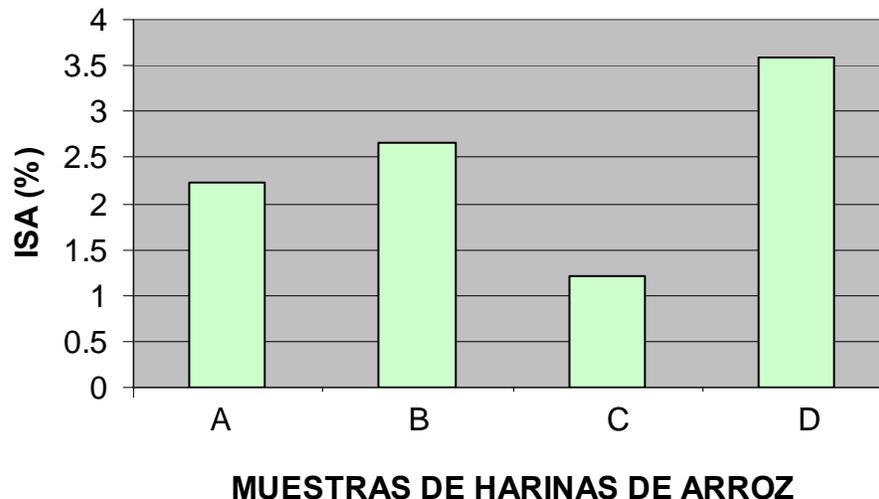


Figura 18. Valores del índice de solubilidad en agua para cada una de las muestras de harinas de arroz analizadas (Muestra A =harina de granos de arroz entero “Premium” de la marca comercial “A”; Muestra B = harina de granos de arroz entero “Premium” de la marca comercial “B”; Muestra C = harina de granos de arroz entero parbolizado de la marca comercial “C”; Muestra D =harina de granos de arroz entero enriquecido de la marca comercial “A”).

Sin embargo, el menor índice de solubilidad en agua desarrollado por la harina de arroz parbolizado, posiblemente se debe a que los granos de arroz utilizados como materia prima para la elaboración de esta harina presentan gránulos de almidón más resistentes al calentamiento y al esfuerzo mecánico, producto del proceso de parbolización, lo cual probablemente dificultó la liberación

de las fracciones de amilosa y amilopectina, disminuyendo así su capacidad de solubilizarse en agua (Luh, 1980; Juliano, 1985).

3.- Caracterización química:

El análisis proximal de las harinas de arroz en estudio, se presenta en el cuadro 21, donde se observan los valores obtenidos para la composición química en base seca de las diferentes muestras de harina de arroz analizadas.

3.1.- Humedad.

Al determinar el porcentaje de humedad de las diferentes harinas de arroz en estudio, se encontró que los valores obtenidos para las muestras A y D, de 10,69 y 10,6%, respectivamente, fueron similares entre sí, pero estadísticamente diferentes de los correspondientes a las muestras B y C, con 11,4 y 11,77%, respectivamente, las cuales presentaron un mayor contenido de humedad.

Cabe destacar, que ninguna de las cuatro muestras consideradas, presentó contenidos de humedad superiores a los niveles permitidos por la Norma Covenin N° 2300-85, la cual establece un máximo de 13% para la harina de arroz, dada la importancia de controlar el contenido de humedad del producto, para evitar la proliferación de microorganismos que provocarían su deterioro .

Cuadro 21. Valores para la composición química en base seca de las harinas obtenidas a partir de granos de arroz entero de diferentes marcas comerciales.

COMPONENTE	MUESTRAS ¹			
	A	B	C	D
Humedad (%)	10,69 ± 0,16a	11,40 ± 0,28b	11,77 ± 0,04b	10,60 ± 0,1a
Cenizas (%)	0,80 ± 0,2a	0,83 ± 0,05a	0,79 ± 0,04a	0,83 ± 0,05a
Proteína cruda (%)	9,85 ± 0,22a	9,66 ± 0,4a	10,29 ± 0,01b	10,06 ± 0,15a
Grasa cruda (%)	0,56 ± 0,03a	0,64 ± 0,03a	0,59 ± 0,03a	1,04 ± 0,08b
Fibra cruda (%)	0,14 ± 0,01bc	0,19 ± 0,03b	0,27 ± 0,02c	0,07 ± 0,01a
Carbohidratos totales (%)	77,96	77,28	76,29	77,40

Los valores promedio con la misma letra en una misma fila, no son significativamente diferentes ($\alpha \leq 0,05$; $n = 3$).

¹: Muestra A =harina de granos de arroz entero “Premium” de la marca comercial “A”; Muestra B = harina de granos de arroz entero “Premium” de la marca comercial “B”; Muestra C = harina de granos de arroz entero parbolizado de la marca comercial “C”; Muestra D =harina de granos de arroz entero enriquecido de la marca comercial “A”.

La similitud en el contenido de humedad, presente en las muestras A y D, podría atribuirse a que éstas, por pertenecer a una misma marca comercial, podrían provenir de una mezcla de las mismas variedades de arroz, en similares proporciones, mientras que las diferencias existentes con las muestras B y C,

podrían responder al uso de otras variedades diferentes, las cuales se desconocen por tratarse de granos de arroz obtenidos de manera comercial.

Cabe destacar, que las diferencias encontradas para el contenido de humedad entre muestras, no pueden ser atribuidas a diferencias en el proceso de trituración de los granos o en el almacenamiento de las harinas, porque todas las muestras fueron tratadas bajo las mismas condiciones.

Los resultados obtenidos para el contenido de humedad de todas las muestras de harinas analizadas, fueron similares a los reportados por Mosqueda y col. (2004), quienes obtuvieron valores comprendidos entre 9,99 y 13,02% al evaluar harinas de arroz de diferentes variedades comerciales.

Sin embargo, los valores encontrados para el contenido de humedad para las harinas de arroz estudiadas fueron inferiores a los resultados presentados por Celaya (2003), quien obtuvo valores desde 12,96 hasta 16,11%, al evaluar harinas obtenidas a partir de diferentes variedades de arroz nacionales, cosechadas en diferentes épocas del año.

Las diferencias existentes entre el contenido de humedad determinado para las muestras analizadas, en comparación con los valores obtenidos por otros investigadores, se deben posiblemente al uso de distintas variedades de arroz, o bien a las condiciones de procesamiento y/o almacenamiento de las harinas.

3.2.- Cenizas.

En cuanto a los valores de cenizas, determinados para las harinas en estudio, se puede apreciar que no hubo diferencias significativas entre muestras, tal como se puede observar en el cuadro 21, lo cual indica que posiblemente todas las harinas presentan el mismo grado de pureza. Al respecto, Park y col. (2001), señalan que la cantidad de cenizas presentes en harinas obtenidas a partir de granos de arroz pulido, es considerada como un índice de su riqueza en salvado y por ende, de su grado de contaminación.

Los resultados obtenidos para el contenido de cenizas, con valores promedio desde 0,79 hasta 0,83%, fueron ligeramente superiores al valor máximo permitido por la Norma COVENIN N° 2300-85, de 0,7%, lo cual indica que todas las muestras de harinas analizadas, posiblemente presentan una mayor riqueza en salvado o un mayor grado de contaminación.

En otro estudio, Mosqueda y col. (2004), obtuvieron valores para el contenido de cenizas desde 0,44 hasta 1,41 %, para las variedades de arroz suministradas por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA); mientras que para variedades comerciales obtuvieron valores promedio desde 0,33 hasta 0,71%.

3.3.- Proteína cruda.

Al comparar los resultados obtenidos para el porcentaje de proteína cruda (Cuadro 21), se evidenció que existían diferencias estadísticamente significativas entre las muestras estudiadas, siendo la harina de arroz parbolizado, la que presentó la mayor cantidad de proteínas (10,29%); debido posiblemente, a que en el proceso de parbolización ocurrió la migración desde la cáscara hacia el endospermo, de componentes solubles en agua, dentro de los cuales se encuentra la fracción proteica, la cual probablemente permitió obtener harinas de granos de arroz pulidos con un mayor contenido de proteínas.

Los valores promedio, correspondientes al contenido de proteínas obtenidos para cada una de las muestras analizadas, fueron superiores al valor mínimo exigido por la Norma COVENIN 2300-85, el cual es de 7% de proteína cruda.

Los resultados obtenidos para el contenido de proteínas de las cuatro muestras de harinas de arroz evaluadas en el presente estudio, fueron similares a los reportados por Celaya (2003) y Mosqueda y col. (2004).

3.4.- Grasa cruda.

En el cuadro 21, se muestra el contenido de grasa cruda expresado en porcentaje base seca, obtenido para cada una de las harinas analizadas; donde se puede apreciar que las muestras A, B y C, con valores de grasa cruda promedio iguales a 0,56; 0,64 y 0,59%, respectivamente, no presentaron diferencias estadísticamente significativas entre sí, mientras que para la muestra D, si se observaron diferencias estadísticamente significativas a un 95% de confianza, ya que esta presentó un valor de grasa cruda promedio, superior al resto de las harinas estudiadas, el cual fue de 1,04%.

Las diferencias existentes entre las muestras para el contenido de grasa, se deben posiblemente, a que en el caso de la muestra D, la harina se obtuvo a partir de granos de arroz enriquecidos, a los cuales les fueron añadidos compuestos químicos de carácter liposoluble, tales como las vitaminas A y D, las cuales contribuyeron probablemente a incrementar la cantidad de grasa cruda; además de que las muestras analizadas no son más que mezclas de variedades en diferentes proporciones.

Los resultados obtenidos para el contenido de grasa cruda, de las cuatro muestras de harinas de arroz analizadas, fueron superiores al valor máximo permitido por la Norma COVENIN 2300-85 (de 0,5% en base seca), y a los

resultados presentados por Celaya (2003), quien obtuvo valores desde 0,33 hasta 0,48%, al evaluar harinas obtenidas a partir de diferentes variedades de arroz

El contenido en grasa cruda, determinado para las muestras A, B y C (0,56; 0,64 y 0,59%, respectivamente), fue similar a los resultados presentados por Mosqueda y col. (2004), quienes obtuvieron valores de 0,13 hasta 0,54%, para variedades de arroz comerciales; mientras que el valor obtenido para la harina de arroz enriquecido, resultó similar a los valores de grasa cruda determinados por dichos investigadores, al evaluar harinas obtenidas a partir de granos de arroz pulidos suministrados por el INIA, con un valor promedio igual a 1,04%.

3.5.- Fibra cruda.

Al observar los resultados para el porcentaje de fibra cruda (Cuadro 21), obtenido para cada una de las harinas estudiadas, se puede apreciar que existen diferencias significativas entre muestras, siendo la muestra C (de harina de arroz parbolizado), la que reveló un mayor contenido de fibra cruda (0,27%); mientras que la harina obtenida a partir de arroz enriquecido (muestra D), fue la que reportó el menor valor de fibra cruda, el cual fue de 0,07%. Las muestras A y B presentaron valores intermedios para el contenido de fibra, siendo éste de 0,14 y 0,19%, respectivamente.

Cabe destacar, que ninguno de los valores obtenidos para las muestras de harinas analizadas, sobrepasa el valor máximo permitido por la Norma COVENIN 2300-85, el cual es de 0,5%.

El mayor porcentaje de fibra cruda obtenido para la muestra C, se debe probablemente al proceso de parbolización, el cual posiblemente favoreció el ingreso de la fracción de fibra soluble en agua, al endospermo del grano; o bien, porque el proceso de pulido de los granos de arroz parbolizados es una operación difícil, ya que se requiere de un gran esfuerzo mecánico para separar las capas externas del endospermo de los granos, lo que se traduciría en un mayor contenido de fibra cruda, porque ésta se encuentra en grandes cantidades en las capas externas de los granos de cereales (Juliano, 1985; Matissek y col., 1998).

No obstante, las diferencias en cuanto al contenido de fibra cruda, existentes entre muestras de harinas, podrían atribuirse también a diferencias varietales, las cuales se desconocen por tratarse de granos de arroz obtenidos comercialmente.

3.6.- Azúcares reductores y no reductores.

En el cuadro 22, se muestran los valores promedio para el contenido en azúcares reductores y no reductores, determinados para cada una de las muestras de harina de arroz analizadas. Al observar los resultados obtenidos, se puede apreciar que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre

muestras, con excepción de la harina de arroz parbolizado, la cual presentó un valor promedio inferior a las demás, tanto para los azúcares reductores como para los no reductores, los cuales fueron de 0,13 y 0,07%, respectivamente.

Cuadro 22. Valores promedio obtenidos para el contenido de azúcares reductores y no reductores, de almidón, amilosa y amilopectina, expresados en porcentaje base seca, para las diferentes muestras de harina de granos de arroz entero provenientes de diferentes marcas comerciales.

ANÁLISIS	MUESTRAS ¹			
	A	B	C	D
Azúcares reductores (%)	0,25 ± 0,00b	0,23 ± 0,00b	0,13 ± 0,00a	0,24 ± 0,01b
Azúcares no reductores(%)	0,12 ± 0,00b	0,10 ± 0,00b	0,07 ± 0,00a	0,10 ± 0,00b
Almidón (%)	81,86 ± 0,09c	71,51 ± 0,17b	49,96 ± 0,00a	85,63 ± 0,08c
Amilosa (%)	19,75 ± 0,38b	18,08 ± 0,38a	18,67 ± 0,4a	21,00 ± 0,00c
Amilopectina (%)	85,69 ± 0,38c	81,92 ± 0,38b	81,33 ± 0,4b	79,0 ± 0,00a

Los valores promedio con la misma letra en una misma fila, no son significativamente diferentes ($\alpha \leq 0,05$; $n = 3$).

¹: Muestra A =harina de granos de arroz entero “Premium” de la marca comercial “A”; Muestra B = harina de granos de arroz entero “Premium” de la marca comercial “B”; Muestra C = harina de granos de arroz entero parbolizado de la marca comercial “C”; Muestra D =harina de granos de arroz entero enriquecido de la marca comercial “A”.

La harina de arroz parbolizado muestra diferencias significativas con respecto a las otras muestras de harinas estudiadas, debido probablemente a que en el proceso de parbolización, y específicamente en la fase de remojo, disminuye la cantidad de azúcares no reductores presentes en el grano, ya que se convierten en azúcares reductores por efecto de la conversión enzimática. No obstante, la cantidad de azúcares reductores también disminuye, porque éstos a su vez, se transforman en compuestos coloreados durante las fases de vaporización y secado, producto de la Reacción de Maillard, que ocurre entre los azúcares reductores formados en la fase de remojo y los aminoácidos presentes en el grano, por efecto del calentamiento (Luh, 1980; Juliano, 1985).

3.7.- Almidón.

Al analizar la cantidad de almidón presente en cada una de las harinas estudiadas (Cuadro 22), se observaron diferencias estadísticamente significativas entre muestras, ya que las harinas obtenidas a partir de granos de arroz "Premium" de la marca comercial "A" (muestra A), y de granos enriquecidos (muestra D), fueron las que reportaron un mayor contenido de almidón, con valores promedio de 81,86 y 85,63%, respectivamente; mientras que la muestra de harina proveniente del arroz parbolizado (muestra C), fue la que presentó el valor más bajo, el cual fue de 49,96%.

Las diferencias existentes para el contenido de almidón, entre las muestras de harinas analizadas, se deben posiblemente al efecto de la mezcla de variedades; no obstante, el valor tan bajo observado para la muestra de harina de arroz parbolizado se debe posiblemente a causas metodológicas. Probablemente, este tipo de harina requiere de un método de determinación de almidón más adecuado, como son los métodos enzimáticos, donde la hidrólisis del almidón se realiza de una manera mucho más eficiente, permitiendo una mejor cuantificación del mismo.

Los valores para el contenido en almidón, determinados para las muestras de harina de arroz "Premium" de la marca comercial "A" (muestra A) y de harina de arroz enriquecido (muestra D), fueron superiores a los resultados obtenidos por Sabino (2003) y Bracho (2004), quienes al evaluar harinas de arroz comerciales, obtuvieron valores promedio de 83,26 y de 81%, respectivamente.

Sin embargo, el contenido en almidón determinado para todas las muestras de harinas estudiadas, fue inferior a los resultados presentados por Tablante (1989), quien obtuvo valores para el contenido de almidón de 87,68 y 88,03%, al analizar muestras de harinas elaboradas a partir de dos variedades de arroz, la Araure I y la Araure IV, respectivamente.

3.8.- Amilosa y Amilopectina.

Los valores correspondientes a la proporción en la cual se encuentran las fracciones de amilosa y de amilopectina en el gránulo de almidón, determinados para cada una de las harinas de arroz analizadas, se presentan en el cuadro 22, donde se puede apreciar que también existen diferencias estadísticamente significativas entre muestras, obteniéndose el mayor valor de amilosa para la harina de arroz enriquecido (D), y el menor para la harina de arroz "Premium" de la marca comercial "B" (B), los cuales fueron de 21 y 18,08%, respectivamente. Estos resultados permiten concluir que la harina de arroz enriquecido probablemente presentará una mayor capacidad de absorción de agua, y una mayor tendencia a la retrogradación.

Las diferencias existentes entre muestras, en cuanto al contenido de amilosa y amilopectina, se deben posiblemente al uso de mezclas en proporciones no definidas de diferentes variedades de arroz. En este sentido, Juliano (1985), refiere que en el arroz, la variedad influye en la composición química del gránulo de almidón, es decir, en la proporción bajo la cual se encuentran las fracciones de amilosa y amilopectina.

Los resultados obtenidos para las muestras de harinas de arroz analizadas fueron similares a los presentados por Mosqueda y col. (2004) quienes obtuvieron valores promedio desde 13,53 hasta 20,67% al determinar la cantidad de amilosa

presente, en harinas obtenidas a partir de variedades de arroz comerciales nacionales.

4.- Caracterización reológica.

4.1.- Perfil amilográfico:

En el cuadro 23, se presentan los valores de los parámetros reológicos obtenidos para cada una de las harinas estudiadas, haciendo uso de un Viscoamilógrafo Rápido (RVA); mientras que en las figuras 19, 20, 21 y 22, se pueden apreciar los amilogramas correspondientes a dichas muestras de harinas.

4.1.- Temperatura inicial de gelatinización (TIG).

Al observar los resultados que se presentan en el cuadro 23, se puede apreciar que la muestra de harina de arroz enriquecido (D), fue la que presentó el menor valor de TIG (78,6 °C), mientras la muestra de harina de arroz "Premium" de la marca comercial "B" (B), fue la que obtuvo la mayor TIG (87,7°C). Las muestras de harina de arroz parbolizado (C) y de arroz "Premium" de la marca comercial "A" (A) presentaron valores de TIG intermedios, los cuales fueron de 81,6 y 82,2°C, respectivamente.

Cuadro 23. Perfiles de gelatinización, medidos con el viscoamilógrafo Brabender, expresados en unidades Brabender, de las harinas crudas obtenidas a partir de granos de arroz entero, de diferentes marcas comerciales.

Parámetros	HARINA “A”	Harina “B”	Harina ”C”	Harina “D”
Viscosidad inicial (UB)	0	0	0	0
Temperatura inicial gel (°C) (A)	82,2	87,7	81,6	78,6
Viscosidad máxima (UB) (B)	366	229	165	436
Viscosidad a 95°C (UB) (C)	224	98	49	342
Viscosidad a 95°C; 5 min. (UB) (D)	366	229	164	433
Viscosidad a 50°C (UB) (E)	565	301	213	723
Viscosidad a 50°C; 1 min. (UB) (F)	584	309	221	740
Breakdown (B-D)	0	0	1	3
Setback (E-B)	199	72	48	287
Consistencia (E-D)	199	72	49	290

A: harina de granos de arroz “Premium” de la marca comercial “A”; B: harina de granos de arroz “Premium” de la marca comercial “B”; C: harina de arroz parbolizado de la marca comercial “C”; D: harina de arroz enriquecido de la marca comercial “A”.

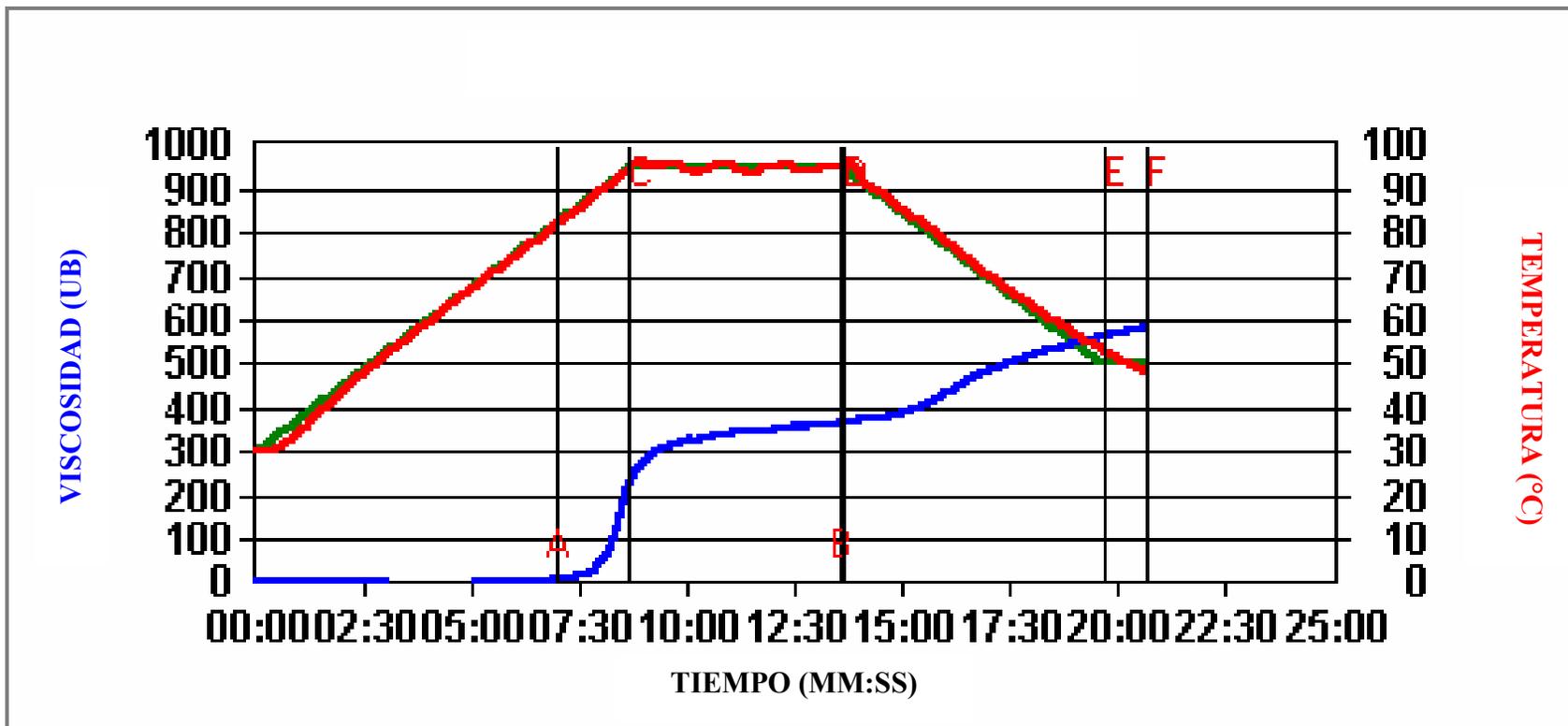


Figura 19. Curva amilográfica para la harina de arroz "Premium" de la marca comercial "A", a una concentración de 7%.

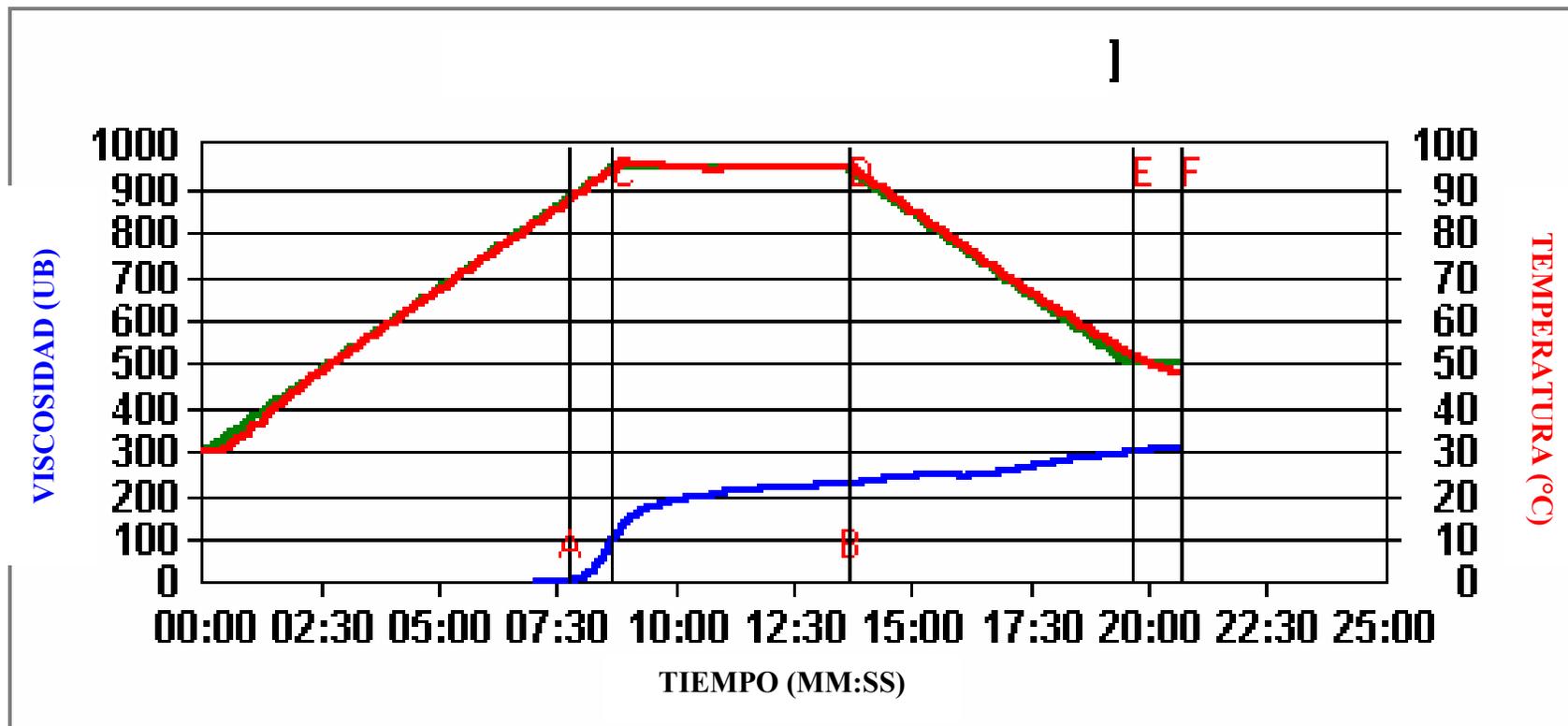


Figura 20. Curva amilográfica para la harina de arroz “Premium” de la marca comercial “B”, a una concentración de 7%.

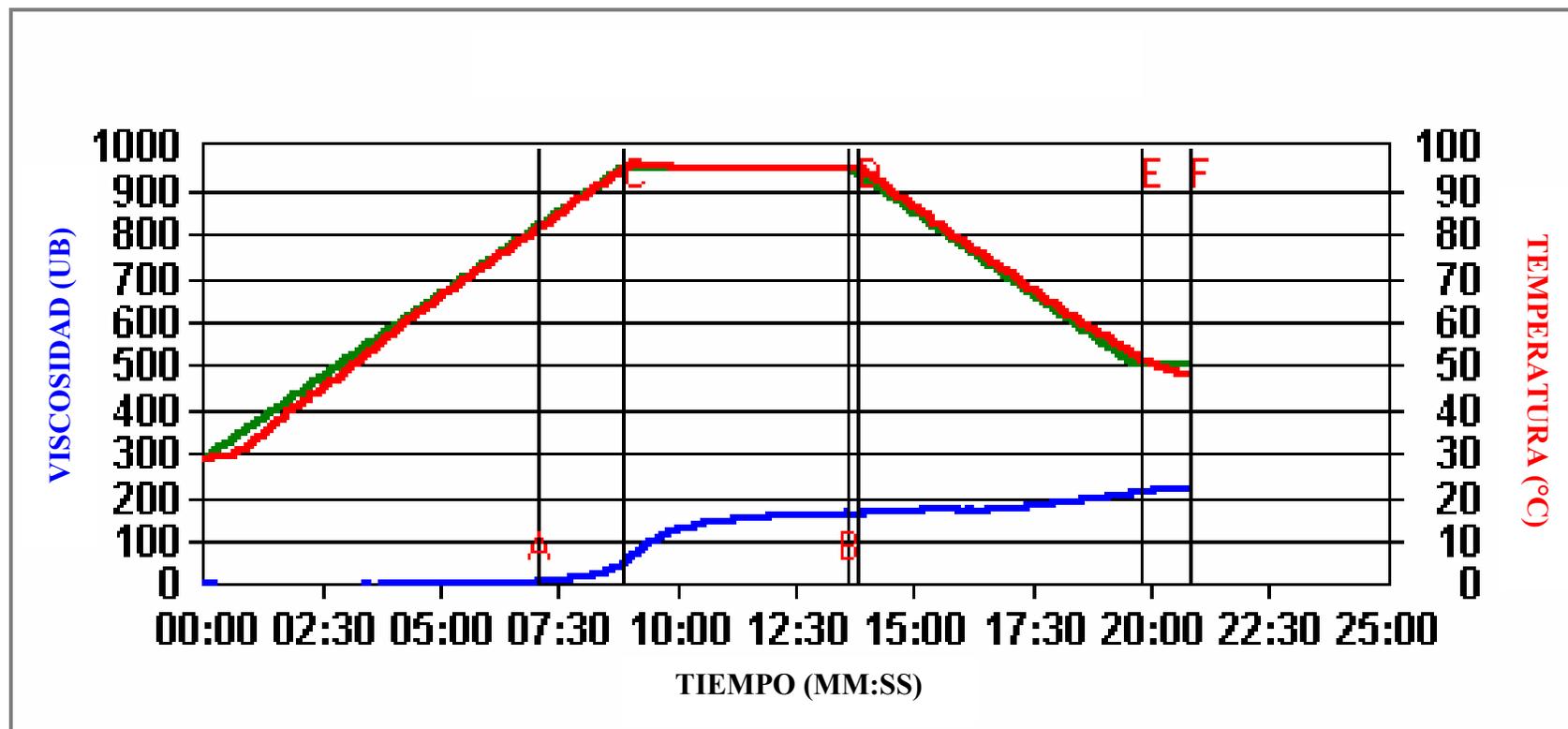


Figura 21. Curva amilográfica para la harina de arroz parbolizado de la marca comercial “C”, a una concentración de 10%.

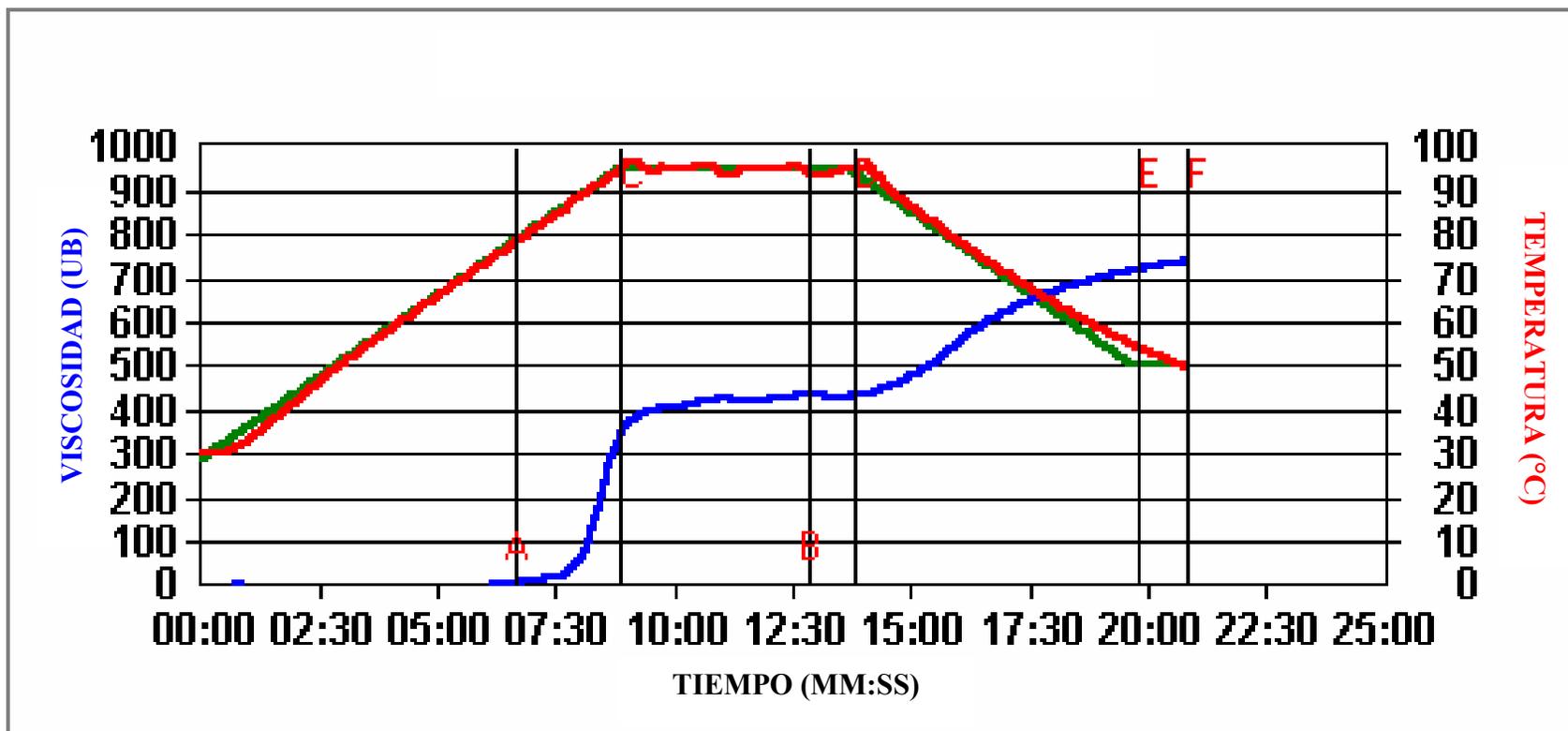


Figura 22. Curva amilográfica para la harina de arroz enriquecido de la marca comercial "A", a una concentración de 7%.

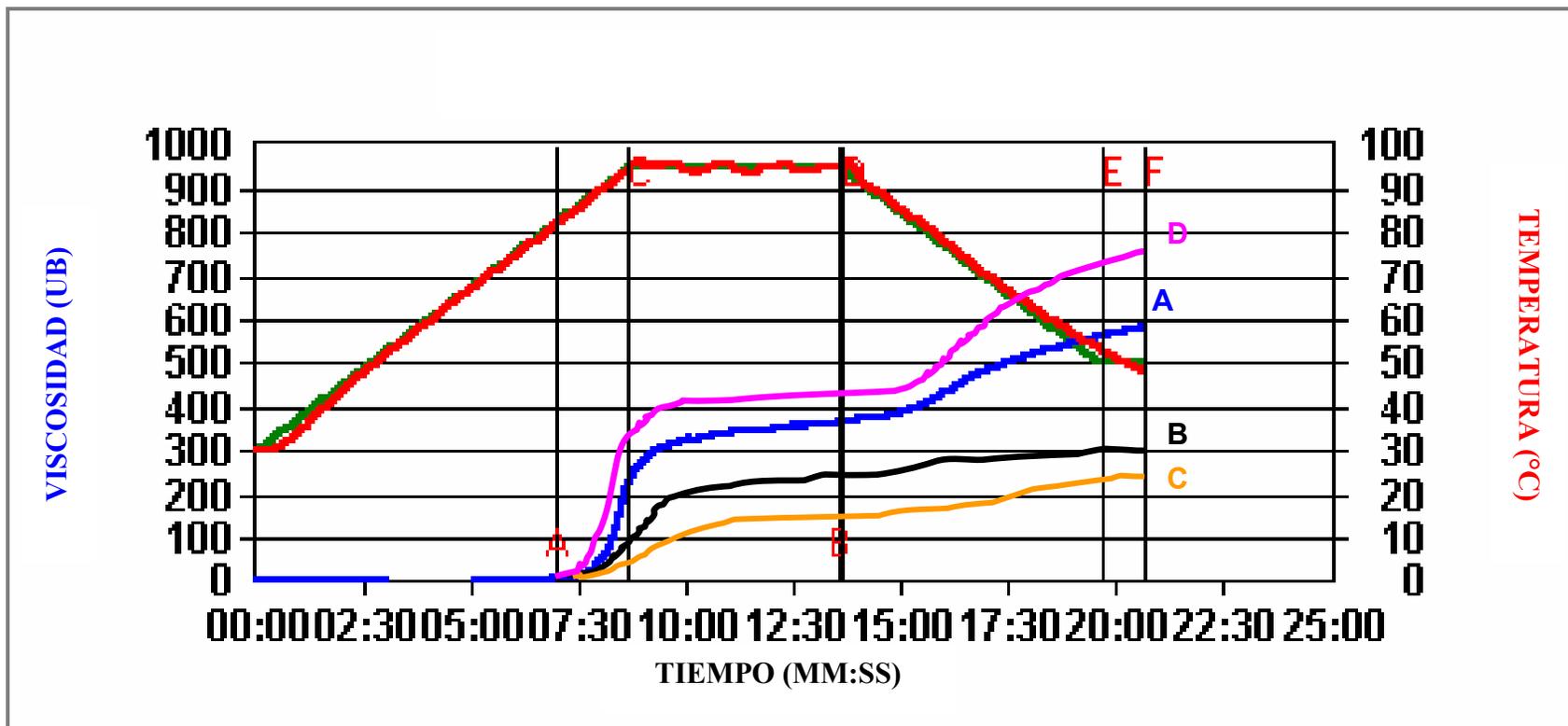


Figura 23. Curvas amilográficas obtenidas para las cuatro muestras de harinas de arroz analizadas: harina de arroz “Premium” de la marca comercial “A” (**A**); harina de arroz “Premium” de la marca comercial “B” (**B**); harina de arroz parbolizado de la marca comercial “C” (**C**) y harina de arroz enriquecido de la marca comercial “A” (**D**).

En harinas crudas elaboradas a partir de diferentes variedades de arroz, algunos autores han reportado valores de TIG similares a los obtenidos para las cuatro muestras de harinas estudiadas; en este sentido Zhou y col. (2002), obtuvieron valores de TIG en un rango de 73 a 86°C, mientras que Celaya (2003), presentó valores comprendidos entre 82,9 y 91,3°C.

Los valores de TIG obtenidos para las cuatro muestras de harina de arroz analizadas, indican que probablemente existen diferencias entre las muestras en cuanto al grado de asociación de las moléculas de almidón, contenidas en el interior de los gránulos, ya que según Leelavathi y col. (1987), la temperatura de gelatinización es considerada como índice del orden intragranular, así mientras menor sea su valor, menor será el grado de ordenamiento en el interior de los gránulos.

En este sentido, las harinas de arroz parbolizado (C) y de arroz enriquecido (D), que fueron las que presentaron los menores valores de TIG, probablemente son las muestras que presentan el menor grado de asociación intragranular, ya que requieren de una menor cantidad de energía, para debilitar las fuerzas asociativas que mantienen unidas a las moléculas de amilosa y amilopectina en el interior del gránulo. Este menor grado de ordenamiento, quizás podría atribuirse a efectos de los procesos de parbolización y enriquecimiento, ya que de acuerdo a lo establecido por Fennema (1985), ciertos procesos térmicos como la vaporización y el secado, empleados para la obtención de arroz parbolizado y en

algunos casos, de arroz enriquecido, pueden provocar el debilitamiento de la estructura granular de los almidones.

Los diferentes valores de TIG, obtenidos para cada una de las muestras de harinas evaluadas, también podrían atribuirse a las diferencias existentes en el contenido de amilosa, ya que las muestras de harina de arroz parbolizado y de arroz enriquecido, que presentaban el mayor contenido de amilosa, de 18,67 y 21%, respectivamente, fueron las que mostraron los valores de TIG más bajos. Al respecto, Zhou y col. (2002), indican que los almidones con un mayor contenido de amilosa requieren de una menor temperatura para dar inicio al proceso de gelatinización, atendiendo a que el ingreso de agua al gránulo se realiza más fácilmente, debido a que la fracción de amilosa posee una mayor capacidad de absorción de agua que la fracción de amilopectina.

La determinación de la temperatura inicial de gelatinización es una característica importante que debe considerarse al momento de desarrollar un producto alimenticio, ya que las harinas de arroz que mostraron los mayores valores de TIG, iniciarían el proceso de absorción de agua a una mayor temperatura y necesitarían de un mayor tiempo de cocción que aquellas con menores valores de TIG (Juliano, 1969; citado por Zhou y col., 2002).

4.2.- Viscosidad Máxima.

El incremento de la viscosidad de las diferentes suspensiones de harinas de arroz estudiadas, que se observa en los amilogramas al iniciar el calentamiento (Figuras 19, 20, 21 y 22), ocurre hasta un valor máximo conocido como viscosidad pico o máxima, el cual está relacionado con el máximo tamaño que alcanzan los gránulos de almidón hinchados, sin que ocurra la desintegración total de los mismos (Hoover y Sosulski, 1986).

El desarrollo de la viscosidad máxima se produce principalmente por el efecto conjunto de la interacción dinámica entre los gránulos de almidón hinchados y los fragmentos de gránulos, pero además depende de otros factores, tales como la formación de complejos lípido-amilosa, la competencia por el agua de la amilosa exudada y de los gránulos residuales por el agua; además de la resistencia de los gránulos hinchados a la fragmentación por calor y por las fuerzas de corte (Chatakanonda, 2000).

La viscosidad máxima es un índice de cómo se desintegran los gránulos de almidón cuando son sometidos a cocción en presencia de un medio acuoso; en consecuencia, los almidones con altos valores de viscosidad máxima, son menos resistentes al rompimiento y un mayor poder de hinchamiento y una gran capacidad para lixiviar amilosa al medio circundante (García y col., 1999).

La muestra de harina de arroz enriquecido (D) fue la que presentó el mayor valor de viscosidad máxima, de 436 UB; mientras que las muestras A y B, de harinas de arroz "Premium", desarrollaron valores de viscosidad intermedios, de 366 y 229 UB, respectivamente, siendo la muestra de harina de arroz parbolizado (C), la que presentó el valor más bajo, de 165 UB. Estos resultados indican que la harina de arroz enriquecido, probablemente sea la que presente un mayor poder de hinchamiento y una mayor capacidad para lixiviar la fracción de amilosa del gránulo, lo que se traduce en un mayor índice de solubilidad en agua, que para dicha muestra de harina fue de 3,6%, mientras que el ISA determinado para el resto de las harinas de arroz evaluadas se encontraba entre 1,21 y 2,66% (Cuadro 10).

En otros estudios, Bryant y col. (2001), obtuvieron un valor de 220 UB para la viscosidad máxima de una suspensión de harina de arroz cruda al 9%, mientras que Perdon y col. (2001), reportaron valores de viscosidad máxima entre las 189 y 400 UB, para suspensiones al 10% de harinas de diferentes variedades de arroz.

En las figuras 19, 20, 21 y 22, se puede observar que todas las muestras de harinas de arroz evaluadas, desarrollaron el perfil de viscosidad tipo "B", característico de los almidones de cereales, el cual según Leelavathi y col. (1987), se caracteriza porque la viscosidad de la suspensión se mantiene estable durante la fase de calentamiento, sin que se desarrolle un pico pronunciado de viscosidad, y con valores de viscosidad máxima comprendidos entre las 200 y 400 UB.

Araujo de Vizcarrondo y col. (2004), indican que este comportamiento de los almidones de arroz, y de los cereales en general, se atribuye a la mayor resistencia de los gránulos al rompimiento, mientras que los almidones de raíces y tubérculos desarrollan picos pronunciados de viscosidad que pueden superar las 1000 UB, producto de la caída en los valores de viscosidad por efecto del calentamiento y del esfuerzo mecánico, y como consecuencia de la menor resistencia de los gránulos al rompimiento.

Los bajos valores de viscosidad máxima obtenidos para las harinas de arroz analizadas, en comparación con los valores de viscosidad que desarrollan los almidones de raíces y tubérculos, indican que estas harinas de arroz no pueden ser consideradas como buenos agentes espesantes; no obstante, la capacidad de dichas suspensiones de harinas para mantener su viscosidad constante durante el calentamiento, sugiere su posible utilización en sistemas o formulaciones de alimentos donde se requiera un gel de consistencia estable a los procesos de transferencia de calor, tales como pasteurización, esterilización y deshidratación, entre otros, por lo que podrían ser un ingrediente idóneo en la elaboración de productos como las sopas instantáneas.

4.3.- Estabilidad o “Breakdown”.

El término estabilidad o “breakdown” se entiende como la diferencia entre la viscosidad máxima y la viscosidad obtenida después del período de calentamiento

constante. Es un índice que permite evaluar la fragilidad de los gránulos de almidón frente al calentamiento continuo y bajo estrés mecánico (Rasper, 1980). Si el valor de estabilidad es alto, indica que habrá menor resistencia de los gránulos hinchados a la desintegración mecánica, y menor estabilidad de la suspensión de almidón o harina durante el proceso de cocción. (Mazur y col., 1957).

Durante el calentamiento constante, la viscosidad de la suspensión de almidón o harina puede aumentar, disminuir o permanecer constante. Si la viscosidad aumenta, se debe probablemente a que todavía existen suficientes gránulos de almidón intactos; mientras que si disminuye, puede suponerse que los gránulos hinchados son frágiles y no resisten el proceso de agitación y calentamiento. Si la viscosidad permanece constante, atiende a que los gránulos de almidón presentan una gran estabilidad frente a la desintegración mecánica (González, 1997).

En el cuadro 23, se puede observar que las harinas de arroz “Premium” de las marcas comerciales “A” y “B” presentaron valores de estabilidad igual a 0 UB, mientras que las harina de arroz parbolizado y de arroz enriquecido mostraron valores similares, de 1 y 3 UB, respectivamente. Los resultados obtenidos indican que las harinas de arroz analizadas presentan gránulos de almidón resistentes al esfuerzo mecánico, por lo que podrían ser utilizadas en la formulación de productos alimenticios que requieran mantener su viscosidad estable durante

períodos de calentamiento prolongado y en condiciones de agitación mecánica constante.

En relación al índice de estabilidad o “breakdown”, algunos investigadores han reportado valores superiores a los obtenidos para las harinas de arroz en estudio. En este sentido, Luh y Liu (1991), citados por Zhou y col. (2002), evaluaron harinas de variedades de arroz con diferente contenido de amilosa y obtuvieron valores para el índice de estabilidad comprendidos entre las 5 y 600 UB, mientras que Bryant y col. (2001), reportaron un valor de 100 UB para una suspensión de harina de arroz cruda. Por su parte, Chen y col. (1999), presentaron valores entre 30 y 50 UB, al determinar el índice de estabilidad de harinas elaboradas a partir de diferentes cultivares de arroz.

4.4.- Asentamiento o “Setback”.

El asentamiento o “setback” se define como la diferencia entre la viscosidad máxima y la viscosidad a 50°C, expresada en unidades Brabender, y es un índice utilizado para expresar la tendencia de los almidones a retrogradar, en consecuencia, mientras mayor sea el valor de este índice, mayor será la tendencia de los componentes de la pasta de almidón a retrogradar, producto del incremento en la viscosidad de la suspensión durante el enfriamiento (Mazur y col., 1957; Rasper, 1980).

En el cuadro 23 se presentan los valores obtenidos para la viscosidad a 50°C y para el “setback” o índice de asentamiento, los resultados demuestran que todas las suspensiones de harinas de arroz estudiadas presentaron tendencia a incrementar su viscosidad durante el enfriamiento, desde los 95 hasta los 50°C.

Este comportamiento es característico de los almidones y harinas de cereales, y está determinado por la reasociación de las moléculas de amilosa en forma paralela, como consecuencia de la formación de puentes de hidrógeno entre los grupos hidroxilo de dichas moléculas, propiciando la formación de agregados de baja solubilidad , permitiendo así la formación de un gel rígido, susceptible de experimentar sinéresis (Leelavathi y col., 1987; Miyazaki y col. 2000).

El mayor incremento en los valores de viscosidad durante el período de enfriamiento, se presentó para las harinas de arroz enriquecido, con un índice de asentamiento de 287 UB, mientras que las harinas de arroz “Premium” de las marcas comerciales “A” y “B” presentaron valores de asentamiento de 199 y 72 UB, respectivamente, siendo la muestra de harina de arroz parbolizado la que mostró un menor incremento en su viscosidad durante el enfriamiento, con un valor de “setback” de 48 UB, indicando una menor tendencia a la retrogradación.

En otros estudios, Perdon y col. (2001), reportaron valores para el índice de asentamiento comprendidos entre las 50 y 120 UB para muestras de harinas obtenidas a partir de diferentes cultivares de arroz; mientras que Zhou y col.

(2002), obtuvieron valores comprendidos entre las -200 y -150 UB para harinas de arroz ceroso, y de 800 UB para suspensiones de harinas de arroz con un mayor contenido de amilosa.

Las diferencias existentes en cuanto al índice de asentamiento determinado para las suspensiones de harinas analizadas en el presente trabajo, podrían atribuirse a los diferentes contenidos de amilosa, ya que según Zhou y col. (2002), almidones o harinas que presentan una mayor cantidad de amilosa, muestran una gran tendencia a la retrogradación. Sin embargo, cabe destacar, que de acuerdo a lo expuesto por Miyazaki y col. (2000), la retrogradación también está determinada por el peso molecular de las cadenas de amilosa y la longitud de las cadenas de amilopectina, ya que almidones con moléculas de amilosa de bajo peso molecular y largas cadenas de amilopectina, tienden a retrogradar con mayor facilidad.

Los valores de asentamiento obtenidos para las harinas de arroz analizadas, los cuales indican una gran tendencia a la retrogradación, podrían limitar su utilización en productos alimenticios que requieran ser almacenados bajo refrigeración o congelación, ya que una vez ocurrido el enfriamiento podrían modificar la textura del producto almacenado y provocar la sinéresis o liberación de agua del gel, lo que en consecuencia, podría favorecer el deterioro o la aparición de cambios indeseables en el alimento, durante el almacenamiento y la distribución del mismo

5.- Caracterización microbiológica.

Con el objeto de evaluar la calidad sanitaria de las harinas de arroz en estudio, se realizaron los análisis microbiológicos que se muestran en el cuadro 22, donde se puede apreciar que se encontraron valores de aerobios mesófilos, hongos y levaduras, por debajo del máximo permitido por la Norma Covenin N° 2300-85 para la harina de arroz destinada a consumo humano (10^6 y 10^4 UFC / g, respectivamente), mientras que los coliformes fecales estuvieron ausentes.

Estos resultados indican que todas las harinas de arroz analizadas se caracterizaron por presentar una buena calidad microbiológica, lo que se traduce en una buena calidad sanitaria.

Sin embargo, cabe destacar que al observar los resultados obtenidos para cada muestra de harina de arroz evaluada, se puede apreciar que la muestra de harina de arroz parbolizado fue la que presentó el menor contaje de aerobios mesófilos, hongos y levaduras, debido a que el proceso de parbolización probablemente contribuyó a disminuir el desarrollo de dichos microorganismos (Kent, 1971; Juliano, 1985; Hosney, 1986).

Cuadro 24. Caracterización microbiológica de las harinas obtenidas a partir de granos de arroz enteros de diferentes marcas comerciales.

MUESTRA	Aerobios mesófilos (UFC/g)	Hongos (UFC/g)	Levaduras (UFC/g)
A	$4,5 \times 10^3$	$2,7 \times 10^2$	$2,3 \times 10^2$
B	$4,9 \times 10^3$	$2,5 \times 10^2$	$2,1 \times 10^2$
C	$3,2 \times 10^3$	$1,8 \times 10^2$	$1,6 \times 10^2$
D	$4,5 \times 10^3$	$2,4 \times 10^2$	$2,2 \times 10^2$

A: harina de arroz Premium de la marca comercial "A"; B: harina de arroz Premium de la marca comercial "B"; C: harina de arroz parbolizado de la marca comercial "C"; D: harina de arroz enriquecido de la marca comercial "A".

CONCLUSIONES

- 1.-** Se elaboraron cuatro muestras de harinas a partir de granos de arroz blanco entero, arroz parbolizado y arroz enriquecido, provenientes de diferentes marcas comerciales, haciendo uso de un molino de martillo "Fitzpatrick Comminuting Machine" y de un molino de discos "Kitchen Aid".
- 2.-** Los análisis físicos y físico-químicos, realizados a cada una de las harinas de arroz estudiadas, entre los cuales se encuentra la evaluación del color, pH, acidez titulable, índice de absorción de agua e índice de solubilidad en agua, mostraron diferencias estadísticamente significativas entre muestras a un nivel de significancia del 5%.
- 3.-** Los análisis químicos, realizados a cada una de las muestras de harinas de arroz evaluadas, mostraron diferencias estadísticamente significativas entre muestras, en cuanto a su contenido de humedad, proteína cruda, fibra cruda, grasa cruda y almidón, a un nivel de significancia de 5%.
- 4.-** Los valores correspondientes a la proporción en la cual se encuentran las fracciones de amilosa y de amilopectina en el gránulo de almidón, determinados para cada una de las harinas de arroz analizadas, mostraron diferencias estadísticamente significativas entre muestras, obteniéndose el mayor valor de

amilosa para la harina de arroz enriquecido, y el menor para la harina de arroz "Premium" de la marca comercial "B".

5.- Las harinas de arroz analizadas mostraron el perfil de viscosidad característico de los almidones de cereales, ya que desarrollaron pastas de baja viscosidad, estables en el período de calentamiento y con una gran tendencia a la retrogradación.

6.- Los diferentes valores de TIG y viscosidad máxima, obtenidos para cada muestra de harinas analizada, indican que probablemente existen diferencias en el grado de asociación intragranular, en el poder de hinchamiento y en la capacidad de lixiviar la fracción de amilosa del gránulo, siendo la harina de arroz enriquecido la que posiblemente presente un mayor orden intragranular, un mayor poder de hinchamiento y una mayor capacidad para solubilizarse, ya que fue la muestra de harina que presentó el menor valor de TIG y la mayor viscosidad máxima.

7.- El contenido de aerobios mesófilos, hongos y levaduras, fue menor al límite máximo permitido por la Norma COVENIN N°2300-85, de 10^6 y 10^4 UFC / g, respectivamente, mientras que los coliformes fecales estuvieron ausentes.

8.- Las características físicas, físico-químicas, químicas, microbiológicas y reológicas de las muestras de harinas de arroz estudiadas, sugieren que éstas podrían ser utilizadas como ingrediente en la formulación de productos

alimentos que requieran mantener sus valores de viscosidad estables durante el calentamiento, como es el caso de los productos extruidos, las sopas y bebidas instantáneas y los alimentos infantiles, los cuales no requieren de almacenamiento bajo condiciones de refrigeración o congelación.

RECOMENDACIONES

1.- Se recomienda continuar con la evaluación de harinas obtenidas a partir de granos de arroz, enteros o partidos, con la finalidad de conocer la potencialidad de su utilización en el área agroalimentaria, para favorecer el desarrollo de nuevos productos, con características comerciales competitivas.

2.- Resultaría interesante realizar modificaciones físicas y/o químicas a los almidones presentes en las harinas de arroz estudiadas, para disminuir su tendencia a la retrogradación, y así poder utilizar estas harinas como ingrediente en la formulación de productos alimenticios que requieran ser almacenados bajo refrigeración o congelación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AACC. American Association of Cereal Chemists. 1997. Laboratory Method Ed. St. Paul. Minnesota. USA.

ANDERSON, R. 1982. Water absorption and solubility and amylographic characteristic of roll – cooked small grain product. Cereal Chemistry 59(4): 265-269.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. Horwitz, W. Editor, Washington D.C.

AOAC. Association of Official Analytical Chemists. 1995. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists International. Horwitz, W. Editor, Washington D.C.

ARAUJO de VIZCARRONDO, C.; RINCÓN, A. y PADILLA, F. 2004. Caracterización del almidón nativo de *Dioscorea bulbifera* L. Archivos Latinoamericanos de Nutrición 54(2): 241-245.

ASOCIACIÓN DE CULTIVADORES DE ARROZ. 2004. (Online:
<http://www.aca.com.ve>)

ASOCIACIÓN VENEZOLANA DE MOLINOS DE ARROZ. 2004. (Online:
<http://www.asovema.com>)

ATWELL, W.; HOOD, L.; LINEBAK, D.; VARRIANO-MARSTON, E. y ZOBEL, H.
1988. The terminology and methodology associated with basic starch
phenomena. Cereal Food World. 33 (3): 249-256.

AZHAKANANDAM, K.; POWER, J. y LOWE, K. 2000. Qualitative assessment of
aromatic Indica rice . Proteins, lipids and starch in grain from somatic embryo
and seed derived plants. Journal of Plant Physiology 156: 783-789.

BASAK, S.; TYAGI, R. y SRIVASTAVA K. 2002. Biochemical characterization of
aromatic and non - aromatic rice cultivars. Journal of Food Science and
Technology (39) : 55-58.

BEGUM, M. y BHATTACHARYA, R. 2000. Fat contents in raw and cooked rice
varieties. Journal of Food Science and Technology 37:58-60.

BELITZ y GROSCH. 1985. Química de los Alimentos. Editorial Acribia.
Zaragoza, España. 813 p.

- BERGMAN, C.; DELGADO, J.; BRYANT, R.; GRIMM, C.; CADWALLADER, K. y WEBB, B. 2000. Rapid gas chromatographic technique for quantifying 2-acetyl-1-pyrroline and hexanal in rice. *Cereal Chemistry* 77:454-458.
- BHATTACHARJEE, P.; SINGHAL, R. y KULKARNI, P. 2002. Basmati rice: a review. *International Journal of Food Science and Technology* 37:1-12.
- BICHO, M. 1998. Efecto del procesamiento térmico sobre las propiedades funcionales de la harina de salvado de arroz (*Oryza sativa* L.). Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Escuela de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Estado Aragua. Venezuela.
- BILIADERIS, C. y TONOGAI, J. 1991. Influence of lipids on the thermal and mechanical properties of starch gels. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 39: 833-840.
- BRACHO, H. 2004. Diseño e implementación de un plan HACCP en la línea de un producto a base de un cereal a ser usado en bebidas infantiles. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Escuela de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Estado Aragua. Venezuela.
- BRENNAN, J.; BUTTERS, J.; COWELL, N. y LILLY, A. 1970. Las operaciones de la ingeniería de alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

- BRYANT, R.; KADAN, R.; CHAMPAGNE, E. ; VINYARD, B. y BOYKINN, D. 2001. Functional and Digestive Characteristics of Extruded Rice Flour. *Cereal Chemistry* 78(2): 131-137.
- CELAYA, A. 2003. Tipificación y caracterización físico - química y funcional de cuatro variedades de arroz, cultivadas en Calabozo, Estado Guárico. Trabajo de grado. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela.
- CHANG, S. y LIU, L. 1991. Retrogradation of rice starches studied by differential scanning calorimetry and influence of sugars, NaCl and lipids. *Journal of Food Science* 56:564-567.
- CHARLEY, H. 1997. *Tecnología de Alimentos: Procesos químicos y físicos en la preparación de alimentos*. Editorial Limusa. Balderas, México.
- CHATAKANONDA, P.; VARAVINIT, S. y CHINACHOTI, P. 2000. Effect of crosslinking on thermal and microscopic transitions of rice starch. *Food Science and Technology* 33: 276-284.
- CHEN, J.; LU, S. y LII, C. 1999. Effects of milling on the physicochemical characteristics of waxy rice in Taiwan. *Cereal Chemistry* 76(5): 796-799.

CHRASTIL, J. 1992. Correlation between the physicochemical and functional properties of rice. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 40(6): 1683 - 1686.

COVENIN 902 - 90. Determinación de bacterias aerobias mesófilas. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Producción y Comercio. Caracas. Venezuela.

COVENIN 1086 - 77. Determinación de Coliformes fecales. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Producción y Comercio. Caracas. Venezuela.

COVENIN 1337 - 90. Determinación de hongos y levaduras. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Producción y Comercio. Caracas. Venezuela.

COVENIN 1641-82. Arroz blanco elaborado. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Producción y Comercio. Caracas, Venezuela.

COVENIN 2300 - 85. Harina de arroz. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Producción y Comercio. Caracas. Venezuela.

DESROSIER, N. 1983. Elementos de Tecnología de Alimentos. Compañía Editorial Continental. México.

FAO. 2005. El cultivo del arroz. (Online: <http://www.fao.org>)

FENNEMA, O. 1985. Introducción a la ciencia de los alimentos. Editorial Reverté S.A. Barcelona, España.

FRAZIER, W. y WESTHOFF, D. 1978. Microbiología de los Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

GIESE, J. 1995. Measuring physical properties of foods. Food Technology 49(2): 54-63.

HANSON, H., NISHITA, K. y LINEWEAVER, H. 1963. Preparation of stable frozen puddings. Food Technology 11: 462-265.

HART, L. y FISHER, H. 1984. Análisis moderno de los Alimentos. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

HOSENEY, C. 1986. Principles of Cereal Science and Technology. American Association of Cereal Chemistry, Inc.

- HOUSTON, D; MOHAMMAD, A.; WASSERMAN, T. y KESTER, E. 1964. High protein rice flours. *Cereal Chemistry* 41: 514 - 523.
- HOUSTON, D.; IWASAKI, T.; MOHAMMAD, A. y CHEN, L. 1968. Radial distribution of proteins by solubility classes in the milled rice kernel. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 16:720-724.
- HUNTER LAB. MANUAL. 2001. Hunter Associates Laboratory Universal software version 3.8 ISO 9001 certified.
- JU, Z.; HETTIARACHCHY, N. y RATH, N. 2001. Extraction, denaturation and hydrophobic properties of rice flour proteins. *Journal of Food Science and Technology* 66(2): 229-232.
- JULIANO, B. 1971. A simplified assay for milled rice amylose. *Cereal Science Today* 16(10): 334-360.
- JULIANO, B. 1985. *Rice. Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemistry. USA.
- KADAN, R. S. ; CHAMPAGNE, E. ; ZIEGLER, G. y RICHARD, O. 1997. Amylose and protein contents of rice cultivars as related to texture of rice - based fries. *Journal of Food Science* 62(4): 701 – 703.

KADAN, R. S. y PEPPERMAN, A. 2002. Physicochemical properties of starch in extruded rice flours. *Cereal Chemistry* 79(4): 476 - 480.

KENT. 1971. *Tecnología de Cereales*. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

KENNEDY, B.; SCHELSTRAETE, M. y DEL ROSARIO, A. 1974. Chemical, physical and nutritional properties of high - protein rice flours. *Cereal Chemistry* 51(4):435-448.

LARRAÑAGA, F. 1985. *Control e Higiene de los Alimentos*. Editorial McGraw Hill.

LEELAVATHI, K.; INDRIANI, D. y SIDHU, J. 1987. Amylograph pasting behavior of cereal and tuber starches. *Starch / Stärke* 39(11): 378-381.

LUH, B. 1980. *Rice: Production and utilization*. The AVI Publication Company, Inc. Westport, Connecticut.

MABON, T. J. 1993. Color measurement of food. *Cereal Foods World* 38(1):21-25.

MATISSEK; SCHNEPEL y STEINER. 1998. *Análisis Moderno de los Alimentos: Fundamentos, Métodos y Aplicaciones*. Editorial Acribia. Zaragoza, España.

MAZUR, E. G.; SCHOCH, T. J. y KITE, F. E. 1957. Graphical analysis of the brabender viscosity curves of various starches. *Cereal Chemistry* 34(3): 141-152.

MIYAZAKI, K.; KUMAMOTO, T.; KAGOSHIMA, K. y KUMAMOTO, O. 2000. Retrogradation of Sweetpotato starch. *Starch/Stärke* 52(1): 13-17.

MOSQUEDA, M.; PÉREZ, E.; GONZÁLEZ, Z. y MATOS, M. 2004. Informe técnico del primer año del proyecto "Selección de las variedades de arroz cultivadas en el país más idóneas para la preparación de diversos productos".

PARK, J.; KIM, S. y KIM, K. 2001. Effect of milling ratio on sensory properties of cooked 78(2): 151-156.

PARSON. 1987. Manuales para la educación agropecuaria. México.

PERDON, A.; SIEBENMORGEN, T., MAUROMOUSTAKOS, A.; GRIFFIN, V. y JOHNSON, E. 2001. Degree of milling effects on rice pasting properties. *Cereal Chemistry* 78(2): 205-209.

PEREZ, E. 1984. Evaluación del comportamiento reológico de las harinas de arroz, maíz y yuca sometidas a diferentes tratamientos. Trabajo de grado presentado ante la Universidad Central de Venezuela para optar al título de Magíster Scientarum. Caracas. Venezuela.

PSZCZOLA, D. 2001. Rice: Not Just for Throwing. *Food Technology* 55(2): 53-59.

QIAN, J.; RAYAS - DUARTE, P. y GRANT, L. 1997. Partial characterization of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) starch. *Cereal Chemistry* 75: 365 - 373.

RASPER, V. 1980. Theoretical aspects of amylographology en "The amylograph handbook" Shuey W. C. y Tipples K. H. Eds. The American Association of Cereal Chemists. St Paul, Minnesota, USA.

REQUENA, F. 2003. Efecto del grado de acetilación sobre las propiedades físico - químicas y reológicas del almidón de arroz. Trabajo de grado. Instituto de Ciencias y Tecnología de Alimentos. Facultad de Ciencias. Universidad Central de Venezuela.

SABINO, M. 2003. Sustitución de sémola de trigo durum por harina de arroz y de hierbabuena para la elaboración de una pasta alimenticia compuesta. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Escuela de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Estado Aragua. Venezuela.

TABLANTE, J. 1989. Elaboración de un producto con alto contenido de proteína, a partir de harina de arroz, mediante la hidrólisis enzimática parcial del gránulo de almidón. Trabajo de grado. Facultad de Agronomía. Escuela de Agronomía. Universidad Central de Venezuela. Maracay, Estado Aragua. Venezuela.

TESTER, R. y MORRISON, W. 1990. Swelling and gelatinization of cereal starches. Waxy rice starches. *Cereal Chemistry* 67(1): 558-563.

ZHOU, Z.; ROBARDS, K.; HELLIWELL, S. y BLANCHARD, C. 2002. Composition and functional properties of rice. *International Journal of Food Science and Technology* 37: 849-868.