

UNIVERSIDAD AUSTRAL DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA DE INGENIERÍA EN ALIMENTOS

**Determinación de la Composición Química y  
Propiedades Físicas y Químicas del Pulido de  
Arroz (*Oryza sativa* L.)**

Tesis presentada como parte de los  
requisitos para optar al grado de  
Licenciado en Ciencia de los Alimentos.

**Marcela Beatríz Rodríguez Almarza**

**Valdivia- Chile**

**2007**

.....  
**PROFESOR PATROCINANTE**      **Fernando Figuerola Rivas**  
Ingeniero Agrónomo. Master of Science en  
Food Science.  
Instituto de Ciencia y Tecnología de los  
Alimentos

.....  
**PROFESOR INFORMANTE**      **Maria Adela Martínez Sanguinetti**  
Bioquímico, Lic. Ciencias Biológicas,  
Lic. Bioquímica, Mg Sc. Nutrición y dietética.  
Instituto de Farmacia

.....  
**PROFESOR INFORMANTE**      **Alejandro Romero Mella**  
Bioquímico, Lic. Ciencias Biológicas, Ph. D.  
Texas A&M University.  
Instituto de Ciencia y Tecnología de los  
Alimentos.

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer principalmente a mis padres; Nancy y José, quienes me dieron la oportunidad de cumplir mi sueño de ser profesional, y mi hermana Daniela, y sra. Gina, por su incondicional apoyo en los momentos difíciles y de donde me enseñaron a salir adelante y entender que de todo siempre se aprende.

También quiero dar la gracias porque en esta etapa de mi vida conocí a muchas personas de las cuales hoy logro tener a las mas valiosas a mi lado esos son mis amigos, tanto a lo que se refiere a mi carrera como a los ajenos ella, gracias pues cada uno de ellos estuvieron en los momentos mas difíciles apoyándome y festejando en los momentos de éxito conmigo. En especial quiero dar las gracias a dios por ponerme en mi camino un hermano postizo de quien aprendí mucho y siendo tan pequeño me enseñó a decir éxito, y que cada momento es un éxito en la vida de todos nosotros, gracias por estar conmigo ese día tan importante para mi.

Gracias a mi profesor Fernando Figuerola por su paciencia y su apoyo incondicional, por darme la fortaleza y seguridad que necesitaba en cada momento difícil y a todos los profesores del instituto por su paciencia y enseñanza.

## ÍNDICE MATERIAS

Capítulo		Página
1	INTRODUCCION	1
2	REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	Características generales del arroz	3
2.1.1	Morfología del grano de arroz	4
2.1.2	Dimensiones de las partes del arroz	4
2.2	Características del grano de arroz	5
2.2.1	Composición química	6
2.2.2	Rendimiento	8
2.2.3	Forma de obtención del pulido de arroz	9
2.3	Beneficios nutricionales de los componentes del pulido de arroz	9
2.4	Importancia de la fibra dietética en los alimentos	11
2.5	Características y propiedades de los geles	12
3	MATERIAL Y MÉTODO	13
3.1	Material	13
3.1.1	Pulido de arroz	13
3.1.2	Lugar de desarrollo	14
3.2	Método	14
3.2.1	Análisis composición proximal	14
3.2.1.1	Extracto etéreo	14
3.2.1.2	Proteína	14
3.2.1.3	Fibra cruda	14
3.2.1.4	Cenizas	15
3.2.1.5	Humedad	15
3.2.2	Sólidos insolubles en alcohol y sólidos insolubles en agua	15
3.2.3	Propiedades físicas y químicas de la fibra dietética	15
3.2.4	Efecto de la fibra en la adsorción de glucosa	15
3.2.5	Efecto de la fibra en la actividad de la $\alpha$ -amilasa	15
3.2.6	Observación de microscopia electrónica del pulido de arroz	15
3.2.7	Resistencia del gel formado por el pulido de arroz	15
3.2.8	Diseño experimental	15
3.2.9	Análisis de datos	15
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	16
4.1	Composición proximal	16
4.2	Sólidos insolubles en alcohol y sólidos insolubles en agua	21
4.3	Propiedades físicas y químicas de la fibra del pulido de arroz	23
4.3.1	Capacidad de retención de aceite y capacidad de retención de agua	23

4.3.2	Efecto de la fibra dietética en la adsorción de glucosa y en la actividad de la $\alpha$ -amilasa	26
4.4	Observación de microscopía electrónica del pulido de arroz	28
4.5	Resistencia del gel formado por el pulido de arroz	32
5	CONCLUSIONES	33
6	RESUMEN	35
	SUMMARY	36
7	BIBLIOGRAFÍA	37

**ÍNDICE CUADROS**

Cuadro		Página
1	Composición aproximada del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14 % de humedad	7
2	Contenido de vitaminas y minerales del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14 % de humedad	7
3	Contenido de aminoácidos del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14 % de humedad	8
4	Composición química del arroz y sus subproductos	10
5	Análisis proximal del pulido procedente de Blanqueadora 1	10
6	Análisis proximal del pulido procedente de la Blanqueadora 2	11
7	Composición proximal del pulido de arroz analizado (expresado en base seca) y según VARGAS, 1978 y LARIOS, 2005	16
8	Resultados del análisis de sólidos insolubles en alcohol y sólidos insolubles en agua	22
9	Capacidad de retención de aceite y de retención de agua	24
10	Adsorción de glucosa y actividad de $\alpha$ -amilasa	26

**ÍNDICE FIGURAS**

Figura		Página
1	Muestra de pulido de arroz con las que se trabajó en este estudio	14
2	Contenido de las diferentes fracciones del pulido de arroz con respecto al extracto etéreo (EE) y humedad	17
3	Contenido de cenizas y de fibra cruda según análisis estadístico aplicado	18
4	Muestra el contenido de extracto no nitrogenado (ENN) y sus diferentes contenidos en las distintas fracciones del pulido de arroz	19
5	Contenido de proteína en las diferentes fracciones de pulido de arroz	20
6	Extracto de sólidos insolubles en alcohol y sólidos insolubles en agua	23
7	Capacidad de retención de agua y retención de aceite	25
8	Adsorción de glucosa y actividad de $\alpha$ -amilasa	27
9	Fotografía de microscopía electrónica de barrido de las partículas de 300 $\mu\text{m}$	29
10	Fotografía de microscopía electrónica de barrido de las partículas de la fracción de 425 $\mu\text{m}$	30
11	Fotografía de microscopía electrónica de barrido de las partículas de la fracción de 600 $\mu\text{m}$	31

**ÍNDICE DE ANEXOS**

Anexo		Página
1	Morfología del grano de arroz	43
2	Línea de flujo de la elaboración del grano de arroz	44



## 1. INTRODUCCION

El presente estudio trata sobre uno de los cereales más abundantes y de consumo más antiguo en el mundo, el arroz.

El arroz se utiliza como alimento desde la antigüedad. Más de la mitad de la población del mundo consume arroz como componente principal de la dieta (FAO, 1990).

Existen dos tipos de arroz cultivado; la especie *Oryza sativa L.* (Asiática) y la *Oryza glaberrima L.* o arroz rojo (África occidental). Así también el arroz se separa por variedad: *Indica*, *Japónica* y *Javánica* (FAO, 1990). También se dividen en arroces glutinosos y los no glutinosos, los primeros tienen alrededor de 83% amilopectina y alrededor de un 17% amilosa y los segundos tienen alrededor de un 27% de amilosa y alrededor de un 73% de amilopectina. El tamaño del grano de arroz como producto final depende de la variedad utilizada.

El arroz después de ser cosechado y sometido a los procesos de molinería, produce varios subproductos de los cuales el más conocido es el pulido. Tiene un alto contenido de proteína y aceite; por lo que se utiliza para diversos tipos de alimentos. En el presente trabajo se busca básicamente trabajar con el pulido de arroz para ver su comportamiento de acuerdo a sus características físicas y químicas, y aprovechar su beneficio en la dieta humana.

**Hipótesis.**

El pulido de arroz, es un material que de acuerdo a sus propiedades físicas y químicas puede usarse como ingrediente en la formulación de alimentos.

Con el objeto de cumplir la hipótesis planteada se formularon los siguientes objetivos.

**Objetivo general.**

Estudiar el pulido de arroz, con respecto a sus propiedades físicas y químicas para su uso potencial en alimentos formulados.

**Objetivos específicos.**

- Estudiar las propiedades físicas y químicas del pulido de arroz como un ingrediente para la industria de alimentos.
- Estudiar el efecto del tamaño de partículas sobre las propiedades físicas y químicas del pulido de arroz.
- Determinar el tamaño de partículas y caracterización física mediante microscopía electrónica.

## 2. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Características generales del arroz

La planta de arroz posee tallos muy ramificados y puede medir entre 0,6 y 1,8 metros de altura. Los tallos terminan en una inflorescencia, una panícula de 20 a 30 cm de largo. Cada panícula se compone de entre 50 y 300 flores o espiguillas, a partir de las cuales se formarán los granos: el fruto obtenido es un cariopsis (UNCTAD, 2005).

El grano de arroz es un fruto de la planta del arroz (*Oryza sativa L.*), herbácea anual de la familia de las gramíneas. Es uno de los cereales más extendidos por el mundo. Se cultiva ampliamente en los cinco continentes, en regiones pantanosas de clima templado o cálido y húmedo (Departamento de Nutrición y Dietética, 2003, UNCTAD 2005). Tiene una forma ovoide, aplanada, su color varía de amarillo a café translucido<sup>1</sup>.

Su clasificación científica indica que pertenece al reino: Plantae, división: Magnoliophyta, clase: Liliopsida, orden: Poales, familia: Poaceae, género: *Oryza*, especie: *O. sativa*, nombre binomial: *Oryza sativa L.* (WIKIMEDIA FOUNDATION, 2006).

---

<sup>1</sup>: Comunicación personal: Sra. Ana María Estévez A., Ingeniero Agrónomo, M.S, profesora titular, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

**2.1.1 Morfología del grano de arroz.** El grano de arroz (arroz con cáscara o *paddy*) se compone de una cubierta protectora exterior, la cáscara y la cariósida o fruto del arroz (arroz integral o pardo, llamado también arroz descascarillado). El arroz integral o pardo se compone de las capas exteriores: pericarpio, tegumento o cubierta seminal y nucela; del germen o embrión; y del endospermo. Éste se compone de la capa de aleurona, consistiendo el endospermo propiamente dicho en la capa de subaleurona y en el endospermo amiláceo o interno. La capa de aleurona contiene al embrión. El pigmento de color pardo del arroz integral lo contiene el pericarpio que sería la capa más externa del grano (JULIANO, 1994; GOMEZ, 1978).

La capa de aleurona varía de 1 a 5 capas de celulares, más espesas en la parte dorsal que en la parte ventral, y más gruesa en los arroces de grano corto que los de grano largo. Las células de la aleurona y del embrión son ricas en compuestos proteínicos, que contienen fitatos, y compuestos grasos (JULIANO, 1994).

Las células del endospermo son de pared delgada y están envueltas en amiloplastos que contienen gránulos de almidón compuesto. Las dos capas de las células más exteriores (las subaleuronas) abundan en proteínas y lípidos y tienen amiloplastos y gránulos de almidón compuesto más pequeño que el endospermo interior (JULIANO, 1994).

En el ANEXO 1, se puede observar la morfología del grano de arroz, en donde se distinguen claramente sus diferentes partes.

**2.1.2 Dimensiones de las partes del arroz.** La cascarilla o gluma constituye el 20% del peso del arroz integral o pardo, aunque sus valores van desde 16% a 28%. La distribución del peso del arroz pardo es la siguiente: pericarpio, 1-2%;

aleurona, nucela y cubierta seminal 4-6%; germen, 1%; escutelo 2%; y endospermo, 90-91%. (JULIANO, 1994). Tiene dimensiones de 5-10 mm por 1,5-5 mm de largo y ancho y con respecto al peso del grano, los mil granos pesan 27 g<sup>1</sup>.

## **2.2 Características del grano de arroz**

La forma del grano, es decir, su grosor y longitud, puede tener importancia comercial, según el mercado consumidor de que se trate. En la selección genética es importante observar si el carácter corto es dominante sobre el largo, ya que, en general el corto tiene mayor grosor. Para establecer líneas puras se toma muy en cuenta el tamaño del grano (TOPOLANSKI, 1975).

Las propiedades físicas del grano de arroz como longitud, anchura, transparencia, grado de elaboración, color y envejecimiento del arroz elaborado son indicadores de la calidad del grano. El color de la cariósida está determinado por cinco genes, y puede ser blanco, que es el más frecuente, rojo o casi negro (JULIANO, 1994).

El contenido de amilosa del almidón del arroz es el principal factor para su aceptabilidad. Guarda relación directa con la expansión del volumen y la absorción de agua durante la cocción y con la dureza o consistencia, blancura y opacidad del arroz cocido (JULIANO, 1994).

---

<sup>1</sup>: Comunicación personal: Sra. Ana María Estévez A., Ingeniero Agrónomo, M.S, profesora titular, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

**2.2.1 Composición química.** Entre las fracciones del grano de arroz, el salvado posee el máximo contenido energético y proteico y la cáscara el mínimo. En el CUADRO1, se muestra la composición aproximada del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14% de humedad.

En el CUADRO 2, se muestra el contenido de vitaminas y minerales. Las vitaminas del grupo B se concentran en las capas de salvado al igual que el  $\alpha$ -tocoferol (Vit. E) y fósforo, como se puede ver el arroz elaborado pierde gran contenido de riboflavina (Vit.B<sub>2</sub>) llevándose la mayor parte el salvado de arroz. A modo de resumen del CUADRO 2, el salvado de arroz es el que tiene más vitaminas y el arroz elaborado es el que se queda con la menor cantidad.

En relación a los minerales, el mayor contenido lo constituye el fósforo del cual la mayor parte queda retenida en el salvado, quedando una pequeña parte en el arroz elaborado. Con respecto al calcio, la mayor cantidad se queda en la cáscara del arroz y el arroz elaborado es el que menor cantidad posee.

En el CUADRO 3, se puede observar el contenido de aminoácidos, donde se puede apreciar claramente que todas las fracciones de arroz tienen un alto contenido de Leucina, Fenilalanina + Tirosina, y Valina; dentro de estas fracciones las que presentan menores valores son el salvado de arroz, cáscara de arroz y arroz elaborado respectivamente.

**CUADRO 1. Composición aproximada del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14% de humedad.**

Fracciones	Proteína cruda (gN*5,95)	Grasa cruda (g)	Fibra cruda (g)	Ceniza cruda (g)	Carbohidratos presentes (g)	Energía (kcal)	Densidad (g/ml )
Arroz con cáscara	5,8-7,7	1,5-2,3	7,2-10,4	2,9-5,2	64-73	378	1,17-1,23
Arroz integral	7,1-8,3	1,6-2,8	0,6-1,0	1,0-1,5	73,0-87,0	363-385	1,31
Arroz elaborado	6,3-7,1	0,3-0,5	0,2-0,5	0,3-0,8	77,0-89,0	349-373	1,44-1,46
*Salvado de arroz	11,3-14,9	15,0-19,7	7,0-11,4	6,6-9,9	34,0-62,0	399-476	1,16-1,29
**Cáscara de arroz	2,0-2,8	0,3-0,8	34,5-45,9	13,2-21,0	22,0-34,0	265-332	0,67-0,74

\*Salvado de arroz se refiere a las capas de pericarpio, tegumento y aleurona, mencionada en el estudio como pulido.

\*\* Cáscara de arroz incluye a las capas externas de grano que son la patea y la lema.

Fuente: JULIANO, 1994.

**CUADRO 2. Contenido de Vitaminas y minerales del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14% de humedad.**

Fracciones	Tiamina (vit. B <sub>1</sub> ) (mg)	Ribofla- vina (Vit. B <sub>2</sub> ) (mg)	Niacina (mg)	α-Tocoferol (mg)	Calcio (mg)	Hierro (mg)	Zinc (mg)	Fósforo (g)
Arroz con cáscara	0,26-0,33	0,06-0,11	2,9-5,6	0,90-2,00	10,0-80,0	1,4-6,0	1,7-3,1	0,17-0,39
Arroz integral	0,29-0,61	0,04-0,14	3,5-5,3	0,90-2,50	10,0-50,0	0,2-5,2	0,6-2,8	0,17-0,43
Arroz elaborado	0,02-0,11	0,02-0,06	1,3-2,4	0,0-0,3	10,0-30,0	0,2-2,8	0,6-2,3	0,08-0,15
Salvado de arroz	1,20-2,40	0,18-0,43	26,7-49,9	2,60-13,3	30,0-120,0	8,6-43,0	4,3-25,8	1,1-2,5
Cáscara de arroz	0,09-0,21	0,05-0,07	1,6-4,2	0	60,0-130,0	3,9-9,5	0,9-4,0	0,03-0,07

Fuente: JULIANO, 1994.

**CUADRO 3. Contenido de aminoácidos del arroz con cáscara y de sus fracciones de elaboración al 14% de humedad.**

Fracción	Histidina	Isoleucina	Leucina	Lisina	Metionina +Cisteína	Fenilalanina + Tirosina	Treonina	Triptófano	Valina
Arroz con cáscara	1,5-2,8	3,0-4,8	6,9-8,8	3,2-4,7	4,5-6,2	9,3-10,8	3,0-4,5	3,0-4,5	4,6-7,0
Arroz integral	2,3-2,5	3,4-4,4	7,9-8,5	3,7-4,1	4,4-4,6	8,6-9,3	3,7-3,8	3,7-3,8	4,8-6,3
Arroz elaborado	2,2-2,6	3,5-4,6	8,0-8,2	3,2-4,0	4,3-5,0	9,3-10,4	3,5-3,7	3,5-3,7	4,7-6,5
Salvado de arroz	2,7-3,3	2,7-4,1	6,9-7,6	4,8-5,4	4,2-4,8	7,7-8,0	3,8-4,2	3,8-4,2	4,9-6,0
Cáscara de arroz	1,6-2,0	3,2-4,0	8,0-8,2	3,8-5,4	3,5-3,7	6,6-7,3	4,2-5,0	4,2-5,0	5,5-7,5

Fuente: JULIANO, 1994.

**2.2.2 Rendimiento.** La proporción de cada una de las fracciones es aproximadamente de cascarilla 20%, pulido 4 – 10%, endosperma 70-75% <sup>1</sup>.

Con respecto al rendimiento industrial el arroz elaborado entero obtenido en el procesamiento de arroz es variable dependiendo de las variedades usadas, los métodos de cosecha, los tratamientos post-cosecha aplicados y la calidad del proceso industrial. El arroz elaborado tiene un rendimiento de 52-70%, el hollejo 16-25%, de pulido 10-12%, el cual a su vez se compone de afrecho (3%), harinilla (5-8%) y germen (2%), el porcentaje de granos quebrados es de 15-20% y de puntillas 2% <sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup>: Comunicación personal: Sra. Ana Maria Estévez A., Ingeniero Agrónomo, M.S, profesora titular, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.



**2.2.3 Forma de obtención del pulido de arroz.** Básicamente el pulido se obtiene de la blanqueadora 1 y la blanqueadora 2 o pulido. Durante el blanqueado se eliminan las capas correspondientes al pericarpio del grano y tegumento y alguna parte de germen a lo que se denomina afrechillo. En la operación de blanqueado 2 o pulido, se elimina todavía parte de las cubiertas de las semillas y la capa de aleurona, a lo que se conoce como pulido. El afrechillo y el pulido pueden mantenerse separados o juntos en un solo producto, que es lo que comúnmente se hace en la industria (ESTÉVEZ, 2004; ZELEDÓN, 1999).

### **2.3 Beneficios nutricionales de los componentes del pulido de arroz**

El pulido es un producto rico en proteína (15%), y en aceite (10-20%) <sup>1</sup>. Aportan considerables cantidades de vitaminas del grupo B, y de fósforo (GOMEZ, 1978). Tiene un sistema enzimático muy activo, que le da bastante inestabilidad durante el almacenamiento. Con tratamientos de inactivación de enzimas se utiliza el pulido de arroz para extracción de aceites, elaboración de alimentos para bebés y adulto mayor y en la alimentación animal <sup>1</sup>.

En el CUADRO 4, se puede observar claramente que el producto de las puliduras de arroz presenta un alto contenido de proteínas, grasa y ENN (extracto no nitrogenado), teniendo un bajo contenido de fibra y cenizas.

---

<sup>1</sup>: Comunicación personal: Sra. Ana María Estévez A., Ingeniero Agrónomo, M.S, profesora titular, Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile.

**CUADRO 4. Composición química del arroz y sus subproductos.**

Alimento	Materia seca (%)	Proteína (N*6.25) (%)	Grasa (%)	Fibra cruda (%)	ENN (%)	Cenizas (%)
Cáscara de arroz	92,4	2,8	0,8	41,1	29,2	18,4
Salvado, con germen	90,8	12,5	13,1	12,5	42	10,8
* Puliduras o polvillo	90,4	12,5	11,8	3,2	56,1	6,9
** Arroz en grano sin cáscara	88,2	8,4	1,7	0,9	76,3	1

\* Salvado; se refiere a desecho obtenido de la blanqueadora 1.

\*\* Pulidoras; se refiere a los desechos obtenido de la blanqueadora 2 o pulido.

Siendo la unión de ambas; Salvado y pulidoras, lo que se denomina en este estudio como pulido de arroz.

Fuente: GOMEZ, 1978.

En los CUADROS 5 y 6, se puede observar los análisis proximales del pulido de la blanqueadora 1 y 2 respectivamente, ambas con altos contenido de carbohidratos, lípidos y bajos contenidos de fibra cruda, esto último especialmente para la blanqueadora 2.

**CUADRO 5. Análisis proximal del pulido procedente de Blanqueadora 1.**

Nutrientes	Valor (%)
Humedad	9,36
Proteínas	11,77
Lípidos totales	17,9
Cenizas	8,03
Carbohidratos por diferencia	44,67
Fibra cruda	8,27
Total	100

Fuente: SAMALVIDES, 2005.

## 2.4 Importancia de la fibra dietética en los alimentos

La importancia de la fibra en la dieta fue puesta de manifiesto en la década de los setenta, a raíz de esto, se han efectuados muchos estudios que relacionan la ausencia de fibra con diversos problemas de salud tales como constipación, colitis, hemorroides, cáncer al colon y en el recto, diabetes mellitus tipo 2, aterosclerosis y otros. Su función principal es la propiedad de hincharse al absorber agua y por lo tanto de aumentar el volumen de la materia fecal; esto provoca un incremento en los movimientos peristálticos del intestino, y facilita el tránsito, la distensión intestinal y consecuentemente la defecación; es decir, su acción primaria se lleva a cabo precisamente en el colon del hombre (BADUI, 1999; FAO 1999).

**CUADRO 6. Análisis proximal del pulido procedente de Blanqueadora 2.**

<b>Nutrientes</b>	<b>Valor (%)</b>
Humedad	15,47
Proteínas	10,51
Lípidos totales	10,13
Cenizas	5,52
Carbohidratos por diferencia	55,46
Fibra cruda	2,91
Total	100

Fuente: SAMALVIDES, 2005.

Esta situación provoca que se incremente la viscosidad, se reduzca el tiempo de residencia de los constituyentes del alimento en el intestino y que sólo las moléculas fácilmente absorbibles atraviesen la pared intestinal; aquellas sustancias irritantes, dañinas y tóxicas (cancerígenas), que generalmente requieren de más tiempo para entrar al sistema linfático, no tienen oportunidad

de hacerlo y se eliminan en las heces. Para un mejor aprovechamiento de estas bondades, el consumo de fibra debe ir acompañado de una ingestión adecuada de agua para favorecer la producción de las heces (BADUI, 1999).

## **2.5 Características y propiedades de los geles**

Desde el punto de vista reológico, un gel típico es un material que muestra un umbral de fluencia y tiene propiedades viscoelásticas. Desde el punto de vista estructural, un gel consta de una matriz continua de material interconectado y una gran cantidad de disolvente, retenido en los intersticios. (FENNEMA, 2000).

La viscosidad, firmeza, elasticidad y resistencia, son algunas de las propiedades que se deben medir en un gel (FENNEMA, 2000).

Los diferentes geles que se encuentran en los alimentos presentan diversos grados de elasticidad y de rigidez, lo cual depende de muchos factores, tales como el tipo de polímero y su concentración; también influye la concentración de sales, el pH, la temperatura del sistema. Las sales como el calcio y el magnesio aceleran la gelificación de polímeros como las pectinas y algunas proteínas, mientras el potasio, lo hace con la carragenina (BADUI, 1999).

La resistencia es la característica más importante al momento de pensar en el alimento que se quiere elaborar, pues depende de las propiedades del gel a utilizar la cantidad que se debe emplear.

### 3. MATERIAL Y MÉTODO

#### 3.1 Material

Para este estudio se utilizó como materia prima el pulido de arroz, del cultivar Diamante proveniente de la variedad *Javánica*, la cual fue otorgada por la empresa Tucapel S.A.

**3.1.1 Pulido de arroz.** El pulido de arroz se obtiene de las capas externas del grano la cual esta formada por el pericarpio y tegumento, más la capa de aleurona, las que son llamadas en este estudio como pulido de arroz. Dentro del proceso de elaboración del arroz esta materia prima se obtiene en las etapas de blanqueado 1 y blanqueado 2 o pulido, obteniendo sus desechos y siendo unidos, para ser llamados pulido de arroz. Obtenido este pulido de arroz fresco este se sometió a una inactivación de enzimas para evitar la rancidez hidrolítica (lipasa) y la rancidez oxidativa (lipoxigenasa), a través del método de FATEMEH *et al.* (2000), el cual consistió en someter el pulido, previamente humedecido a 21 % de humedad, a un calentamiento por microondas, seguido por una separación en tres tamaños de partícula, a través de un tamizador TYLER ROTAP RX 29-10 serie 15612, el cual lo separó en las fracciones de 300  $\mu\text{m}$ , 425  $\mu\text{m}$  y 600  $\mu\text{m}$  mostradas en la FIGURA 1 y más claramente en el ANEXO 2, posteriormente se realizó un envasado hermético y un almacenamiento a - 20 °C.

Definición de las fracciones: gruesa =  $\geq 600 \mu\text{m}$

Media =  $< 600 \mu\text{m}$  y  $\geq 425 \mu\text{m}$

Pequeña =  $< 425 \mu\text{m}$



**FIGURA 1.** Muestras de pulidos de arroz con las que se trabajó en este estudio.

**3.1.2 Lugar de desarrollo.** Este estudio se realizó en el Instituto de Ciencia y Tecnología de los Alimentos, ICYTAL, perteneciente a la Universidad Austral de Chile, Valdivia.

## **3.2 Método**

**3.2.1 Análisis composición proximal.** Con el fin de conocer exactamente la composición del pulido de arroz se realizó un análisis proximal, según AOAC (1995).

**3.2.1.1 Extracto etéreo.** Método oficial de AOAC 920.39. (1995). Método de Soxhlet.

**3.2.1.2 Proteína.** Método oficial de AOAC 955.04. (1995). Método de Kjeldahl.

**3.2.1.3 Fibra cruda.** Método oficial de AOAC 978.10 (1995). Método directo.

**3.2.1.4 Ceniza.** Método oficial de AOAC 942.05. (1995). Método directo.

**3.2.1.5 Humedad.** Método oficial de AOAC 925.09. (1995). Secado a  $100 \pm 2^{\circ}\text{C}$ .

**3.2.2 Sólidos insolubles en alcohol y sólidos insolubles en agua.** Método de acuerdo a THOMAS *et al.* (2000).

**4.3 Propiedades físicas y químicas de la fibra dietética.** La capacidad de retención de agua y la capacidad de retención de aceite se obtuvo de acuerdo al método propuesto por CHAU *et al.* (2004). Efecto de la fibra en la adsorción de glucosa, y el efecto de la fibra en la actividad de la  $\alpha$ -amilasa se midió por el método propuesto por OU *et al.* (2001).

**4.4 Observación de microscopía electrónica del pulido de arroz.** Tamaño y caracterización física. Microscopio Leitz Electrón optics-zeiss LEO, modelo LEO 420. El material se fijo con FAA (formaldehído, ácido acético y alcohol), se le realizó un secado súper crítico y se le dió un baño de oro para contraste.

**4.5 Resistencia del gel formado por el pulido de arroz.** Mediante el uso de un texturómetro INSTRON, modelo 1011, de acuerdo al método de FEMENIA *et al.* (1997).

**4.6 Diseño experimental.** Se utilizó el diseño completamente aleatorizado, donde el factor a evaluar fue el tamaño de las partículas y se trabajó con 3 repeticiones.

**4.7 Análisis de datos.** Se analizó los datos por ANDEVA, para los diferentes tratamientos y prueba de comparación múltiple para las diferencias significativas al 95% de confianza.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Composición proximal

La composición proximal obtenida de los análisis del pulido de arroz se muestra en el CUADRO 7, el que también muestra valores encontrados en literatura.

**CUADRO 7. Composición proximal del pulido de arroz analizado (expresado en base seca) y según VARGAS, 1978 y LARIOS, 2005.**

Fracciones	Proteínas (g)	Extracto etéreo (EE)(g)	Humedad* (g)	Cenizas (g)	Fibra cruda (g)	Extracto no nitrogenado (ENN)(g)
Pequeña	12,093±0,029 <sup>a</sup>	14,076±0,021 <sup>b</sup>	10,133±0,005 <sup>b</sup>	8,190±0,217 <sup>a</sup>	5,068± 0,051 <sup>c</sup>	50,439±0,109 <sup>b</sup>
Media	12,054±0,068 <sup>a</sup>	15,679±0,306 <sup>a</sup>	10,802±0,082 <sup>a</sup>	7,511± 0,141 <sup>b</sup>	7,172 ± 0,114 <sup>a</sup>	46,782 ±0,271 <sup>c</sup>
Gruesa	10,664±0,023 <sup>b</sup>	12,307±0,464 <sup>c</sup>	9,138 ± 0,188 <sup>c</sup>	5,652± 0,212 <sup>c</sup>	5,854 ± 0,446 <sup>b</sup>	56,385± 0,784 <sup>a</sup>
VARGAS (1978)	11,180 ±2,610	17,330 ±5,630	10,620 ±1,860	7,760 ±1,800	7,320 ± 3,670	43,640 ±2,730
LARIOS (2005)	39,200 ±3,500	10,780 ±1,800	13,820 ±2,500	—	8,200 ± 1,900	28,000 ± 3,900

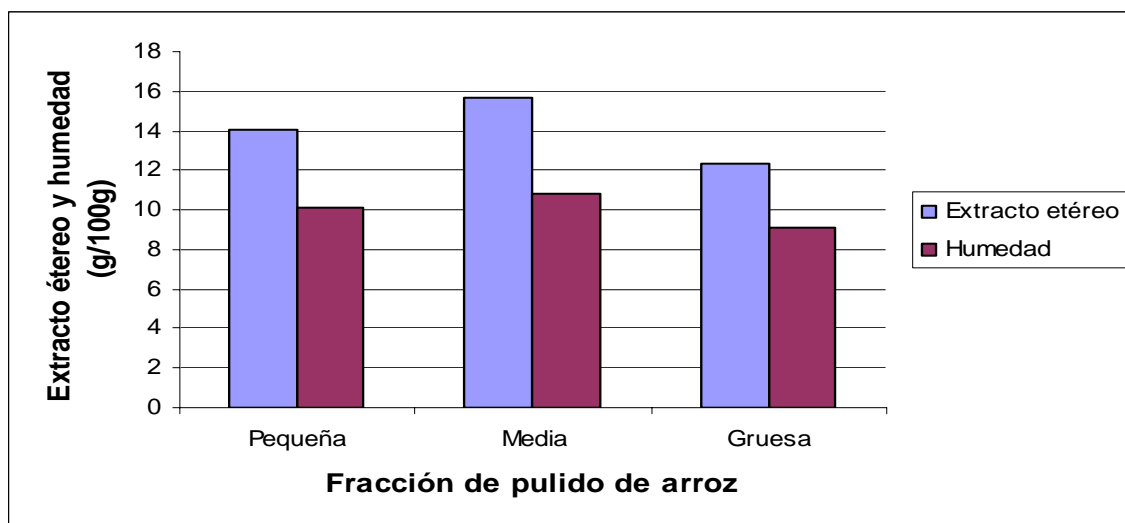
\* Expresado en base húmeda con respecto al peso total

a,b,c . Letras distintas en una columna corresponde a diferencias significativas al 95% de confianza de las muestras analizadas.

El análisis estadístico de los datos obtenidos en laboratorio indica que existen diferencias estadísticamente significativas entre las tres fracciones de pulido de arroz dando un  $P < 0.05$ , para la humedad, extracto etéreo, cenizas, fibra cruda y ENN. En el caso de las proteínas hay diferencias significativas entre la fracción media y gruesa, y para la pequeña y gruesa, pero no existen diferencias entre la pequeña y la media.



A continuación se muestran figuras que dejan ver claramente las diferencias entre las tres fracciones del pulido de arroz según lo obtenido en el análisis estadístico. En la FIGURA 2, se observa el resultado de extracto etéreo (EE) y de humedad.



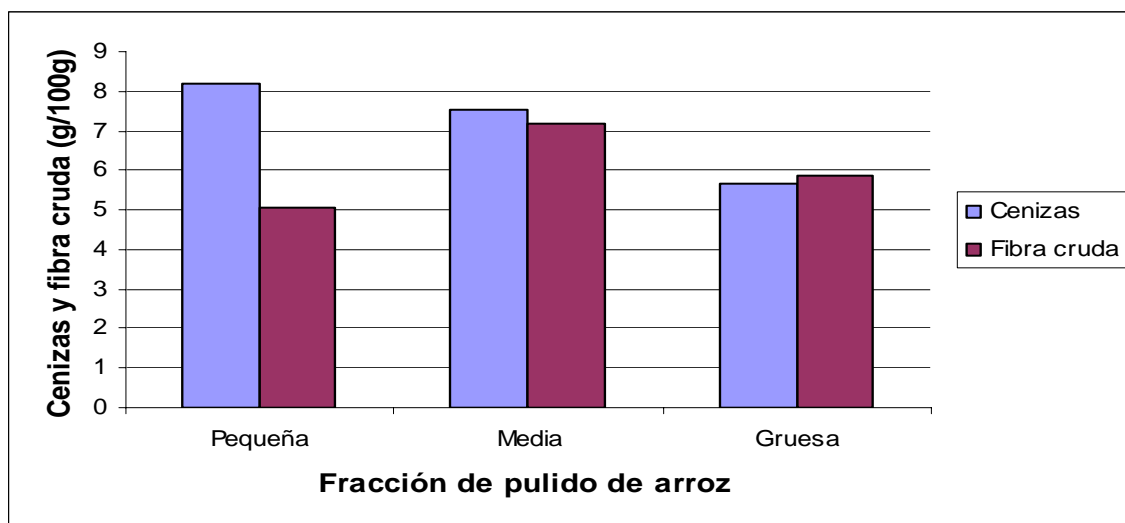
**FIGURA 2. Contenido de las diferentes fracciones del pulido de arroz con respecto al extracto etéreo (EE) y Humedad.**

GERHARDT *et al.* (1998) indica que el EE del pulido de arroz es de 19,64% y de 8,53% para el pulido de avena. Mientras The National Research Council (2001) citado por WEISS (2004), entregó como porcentajes de EE 15,2% para el pulido de arroz. HAARD (1996), encontró que el contenido de EE en el pulido de arroz es de 9 – 15%.

Con respecto al contenido de EE los resultados están dentro del rango estimado según la bibliografía, marcando siempre la diferencia la fracción gruesa teniendo menor contenido que las otras dos fracciones.

En el contenido de humedad de las tres fracciones son estadísticamente diferentes, siendo la fracción media, la que posee el mayor contenido de humedad, seguida por la fracción pequeña, y por último la fracción gruesa.

Estos datos no pueden ser comparados con los datos entregados por los autores citados, pues la humedad se midió luego del tratamiento de inactivación enzimática. Sin embargo, si comparamos la humedad inicial de 13% del pulido de arroz sin tratamiento esta se acerca a lo estipulado por LARIOS (2005).



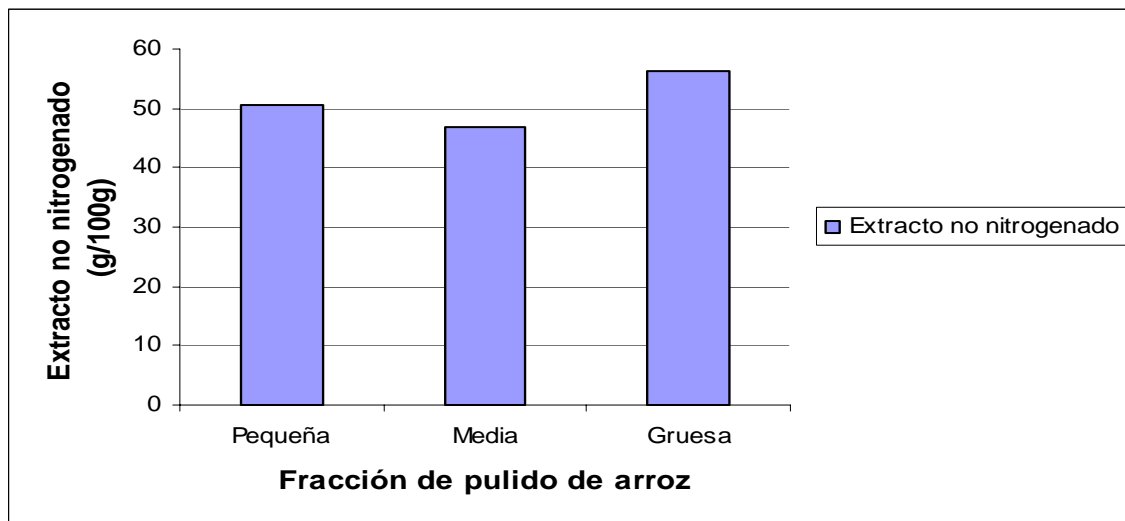
**FIGURA 3. Contenido de cenizas y de fibra cruda según análisis estadístico aplicado.**

En la FIGURA 3, se puede observar las diferencias de los resultados del análisis de ceniza y fibra cruda. VARGAS (1978) entregó como resultado del contenido de cenizas un 7,76% lo cual es cercano a lo obtenido en la fracción media, siendo la de menos contenido la fracción gruesa y la más alejada a lo expresado por los autores.

The National Research Council (2001) citado por WEISS (2004) menciona un contenido de cenizas de 10,4%.

Con respecto a la fibra cruda se puede observar que VARGAS (1978) y LARIOS (2005), muestran valores similares en el contenido de fibra cruda, siendo el resto de los valores un poco más diferentes entre los autores, estos valores son cercanos a los encontrados en la fracción media, siendo la fracción

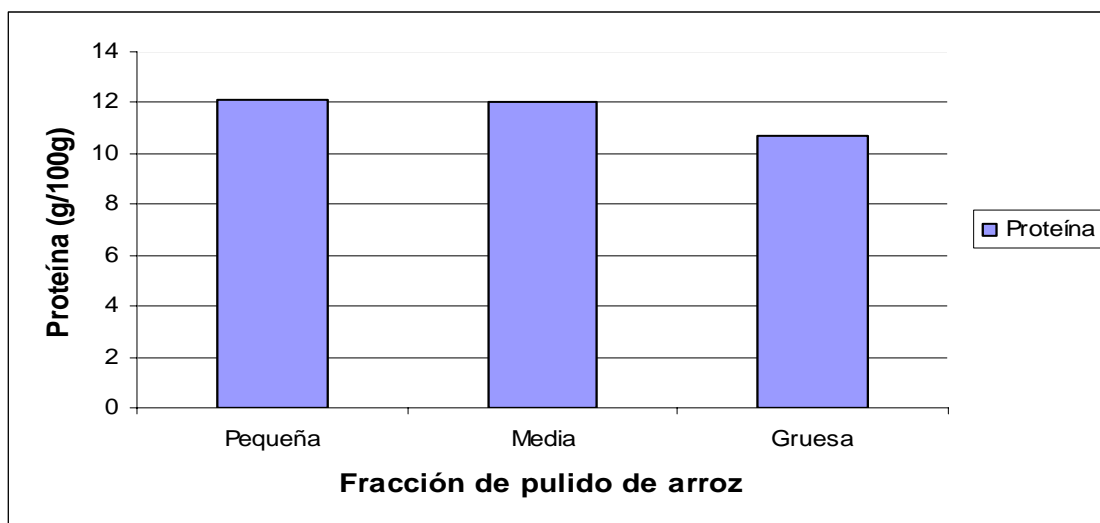
pequeña y la gruesa similares entre si, pero más bajo que los entregados por los autores.



**FIGURA 4.** Muestra el contenido de extracto no nitrogenado (ENN) y sus diferentes contenidos en las distintas fracciones del pulido de arroz.

En la FIGURA 4, se muestra el resultado obtenido del extracto no nitrogenado (ENN), GERHARDT *et al.* (1998) habla de cifras de 53,45% y 67,86% para el pulido de arroz y avena respectivamente. Sin embargo, RODRIGUEZ (2004) entrega en su estudio un contenido de extracto no nitrogenado de un 14,39%.

VARGAS (1978), menciona un contenido de 43,64% de ENN lo cual está cercano al valor obtenido en este estudio, mostrando LARIOS (2005) y RODRÍGUEZ (2004) resultados muy alejados de los obtenidos en este análisis. En la FIGURA 5, se observa la proteína encontrada en las diferentes fracciones de pulido de arroz, donde no existen diferencias entre la fracción pequeña y la media y si existe un contenido de proteína completamente inferior en la fracción gruesa, esto según lo entregado por el análisis estadístico.



**FIGURA 5. Contenido de proteína en las diferentes fracciones de pulido de arroz.**

Según la información antes mencionada en el CUADRO 7, los valores obtenidos se asemejan a los entregados en la bibliografía por VARGAS (1978) siendo muy similares entre si los valores de las fracciones pequeña y media, las cuales aun separadas no se alejan de la información publicada.

GERHARDT *et al.* (1998) habla de cifras de proteínas, para el pulido de arroz y el pulido de avena de 13,92%, y 17,14% respectivamente. Siendo un tanto similar a los datos entregados por The National Research Council (2001) citado por WEISS (2004), donde se habla de porcentajes de proteína de 15,5% para el pulido de arroz.

RODRÍGUEZ (2004) menciona un contenido de proteína en el pulido de arroz de 15,96%.

Para los datos de proteína obtenidos difieren notablemente los de LARIOS (2005), pues se menciona un contenido de 39,2%. Para el resto de los autores solo hay diferencia mínimas las cuales se pueden deber a la calibración de

equipos y a la exactitud de los métodos utilizados, sin dejar a fuera la separación del pulido donde igual existe la posibilidad de perder componentes.

#### **4.2 Sólidos insolubles en alcohol y sólidos insolubles en agua**

A continuación, en el CUADRO 8, se muestran los datos obtenidos de los análisis de sólidos insolubles en alcohol y sólidos insolubles en agua. El análisis estadístico mostró diferencias significativas entre las fracciones pequeña y gruesa y la fracción media y gruesa, sin encontrar diferencias entre la fracción pequeña y media, para el caso de sólidos insolubles en agua.

Para los sólidos insolubles en alcohol hubo diferencias estadísticamente significativas entre la fracción pequeña y gruesa; y media y gruesa, no así entre la fracción pequeña y media.

Se puede observar claramente en el CUADRO 8, una similitud en los resultados de sólidos insolubles en alcohol, donde son prácticamente iguales la fracción pequeña y media, siendo el valor un poco más alto para la fracción gruesa.

Con respecto a los sólidos insolubles en agua se producen resultados similares entre las porciones pequeña y media, siendo la de menor cantidad extraída de sólidos insolubles en agua la fracción gruesa.

**CUADRO 8. Resultados del análisis de sólidos insolubles en alcohol y sólidos insolubles en agua.**

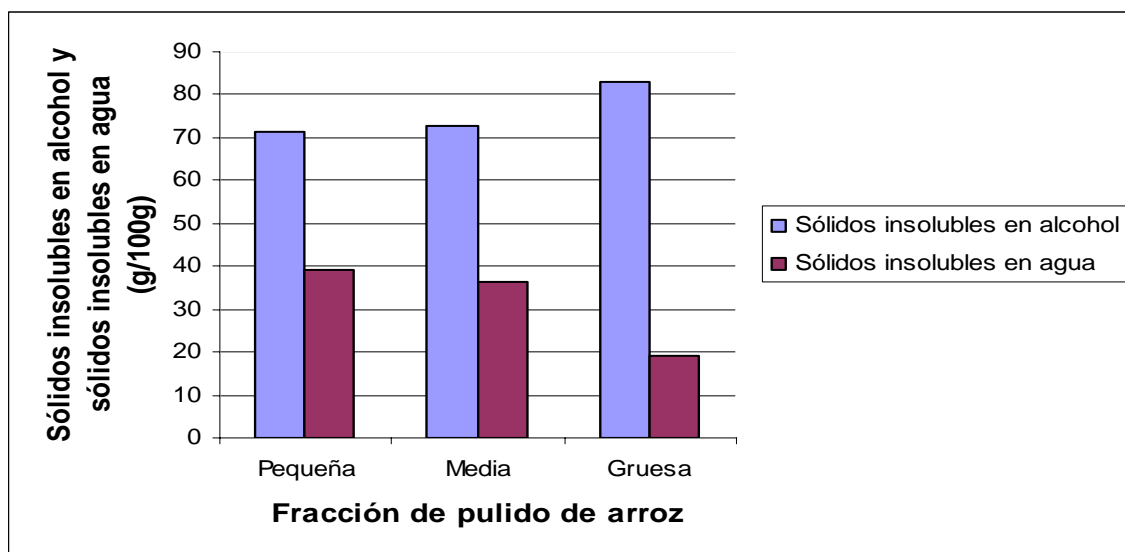
Fracciones	Sólidos insolubles en alcohol (g/100g)	Sólidos insolubles en agua (g/100g)
Pequeña	71,120 ± 0,064 <sup>b</sup>	39,250 ± 0,024 <sup>a</sup>
Media	72,730 ± 0,258 <sup>b</sup>	36,400 ± 0,418 <sup>a</sup>
Gruesa	83,170 ± 0,149 <sup>a</sup>	19,200 ± 0,041 <sup>b</sup>

a,b,c : Letras distintas en una columna corresponde a diferencias significativas al 95% de confianza de las muestras analizadas.

En la FIGURA 6, se observa claramente el resultado de la extracción de sólidos insolubles en alcohol de acuerdo a lo entregado por el análisis estadístico y se muestra la cantidad de sólidos insolubles en agua extraídos por el método.

KESTIN *et al.* (1990), realizó un estudio sobre tres cereales diferentes entre los cuales analizó el pulido de arroz; lo que incluyó el cálculo de sus nutrientes. Para el caso de los sólidos insolubles en alcohol presenta un valor de 84,16 g en 100 g, lo cual se acerca al valor que presenta la fracción gruesa del presente estudio y está no muy lejano de los valores de las fracciones restantes. Para sólidos insolubles en agua muestra valores de 61 g en 100 g, lo cual se aleja bastante de lo obtenido durante este estudio, a diferencia de CARA *et al.* (1992) cuyos datos sobre sólidos insolubles en agua del pulido de arroz son de 23,8 g en 100 g, valor que está más cercano a los obtenidos en este estudio.

Dentro de los parámetros que pudieron afectar a las diferencias encontradas están la calidad de los pulidos de arroz utilizados, la variedad y el cultivar de arroz de donde se obtuvo el pulido, y también la exactitud de los métodos empleados e instrumentos.



**FIGURA 6.** Extracción de sólidos insolubles en alcohol y sólidos insolubles en agua.

#### 4.3 Propiedades físicas y químicas de la fibra del pulido de arroz

Las propiedades físicas y químicas medidas en este estudio fueron la capacidad de retención de aceite y la capacidad de retención de agua, adsorción de glucosa y el efecto sobre la actividad de la  $\alpha$ -amilasa.

##### 4.3.1 Capacidad de retención de aceite y capacidad de retención de agua

En el CUADRO 9, se puede observar los resultados obtenidos para cada uno de los análisis realizados para la determinación de las propiedades físicas y químicas de la fibra del pulido de arroz.

**CUADRO 9. Capacidad de retención de aceite y de retención de agua.**

Fracciones	Capacidad de retención de aceite (ml/100g de producto)	Capacidad de retención de agua (ml/100g de producto)
Pequeña	269,000 $\pm$ 0,099 <sup>b</sup>	331,700 $\pm$ 0,019 <sup>c</sup>
Media	361,200 $\pm$ 0,103 <sup>a</sup>	416,000 $\pm$ 0,638 <sup>a</sup>
Gruesa	340,000 $\pm$ 0,141 <sup>a</sup>	387,000 $\pm$ 0,577 <sup>b</sup>

a,b,c : Letras distintas en una columna corresponde a diferencias significativas al 95% de confianza de las muestras analizadas.

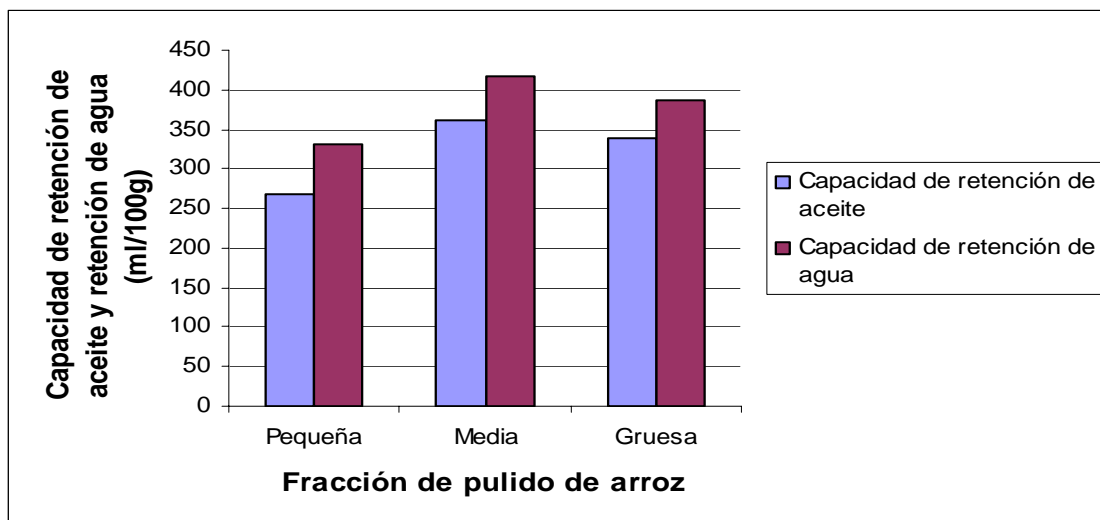
El resultado obtenido del análisis estadístico indicó que existen diferencias significativas entre las tres fracciones para la capacidad de retención de agua y para la retención de aceite, se encontró diferencias estadísticamente significativas entre las fracciones pequeña y media, y pequeña y gruesa, y no encontrando diferencias estadísticas significativas entre las fracciones de media y gruesa.

En la FIGURA 7, se muestra los resultados obtenidos según el análisis estadístico para la capacidad de retención de aceite, donde la fracción pequeña es la que se aleja considerablemente de las otras dos fracciones de pulido de arroz; así también se observa la capacidad de retención de agua, donde se puede ver claramente que el contenido de la fracción pequeña es también diferente y menor a las otras dos fracciones.

En el CUADRO 9, se puede observar claramente que la capacidad de retención de aceite del pulido de arroz es baja comparada con la capacidad de retención de agua. Lo cual se asemeja a la información entregada por KESTIN *et al.* (1990) quien asegura que tanto el pulido arroz como el pulido de avena, no entrega diferencias con respecto a la capacidad de retener lípidos, si éstas



fuesen consumidas por humanos. A diferencia de DAWKINS (1999) quien menciona en su estudio que el pulido de avena reduce la cantidad de lípidos al



**FIGURA 7. Capacidad de retención de agua y retención de aceite.**

ser aumentada la concentración de ésta en alimentos. Esto coincide con lo señalado por DUNFORD (2000); quien entrega como resultados de su investigación una disminución de lípidos al incorporar pulido de arroz en una dieta.

CHANG (1997), en su trabajo de investigación sobre el pulido de avena en alimentos indicó que este producto tiene como propiedad la retención de agua lo cual es muy beneficioso para cierto tipo alimentos. La misma idea plantea STEENBLOCK (2001), quien aclara que el pulido de avena tiene una buena capacidad de retención de agua y esto dependerá del producto donde sea incorporado pues existen algunos alimentos que se ven afectados por la incorporación de pulido de avena.

### 4.3.2 Efecto de la fibra dietética en la adsorción de glucosa y en la actividad de la $\alpha$ -amilasa

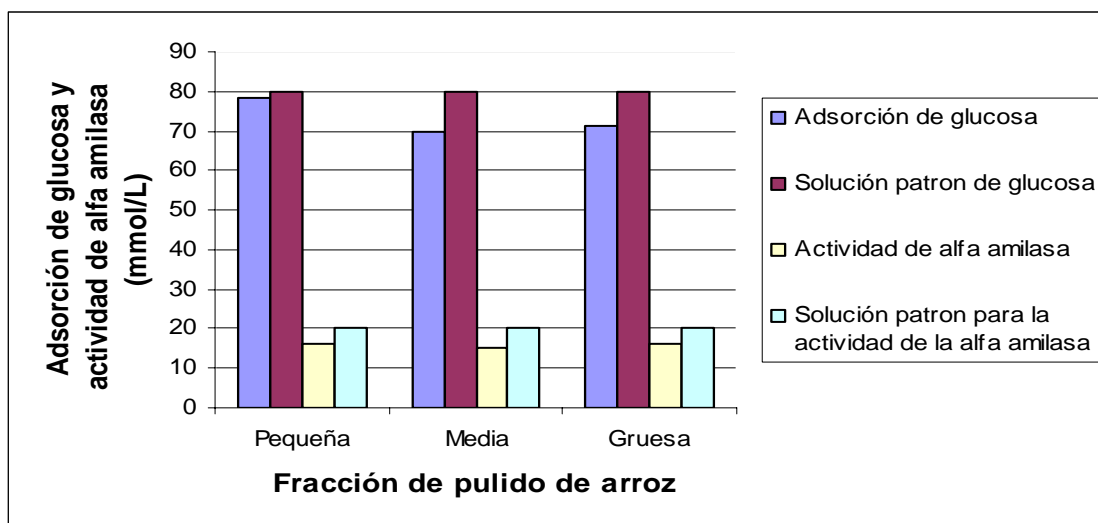
En el CUADRO 10, tenemos la adsorción de glucosa, estas mediciones son el resultado de la comparación entre el contenido de una solución de 80 mmol de glucosa en oposición a una solución que contenía la misma concentración de glucosa pero se le adicionó el pulido arroz.

**CUADRO 10. Adsorción de glucosa y actividad de  $\alpha$ -amilasa.**

Fracciones	Adsorción de glucosa (mmol/L)	Actividad de la $\alpha$ -amilasa (mmol/L)
Pequeña	78,200 $\pm$ 1,751 <sup>a</sup>	16,300 + 1,578 <sup>a</sup>
Media	70,000 $\pm$ 2,449 <sup>b</sup>	15,200 + 1,549 <sup>a</sup>
Gruesa	71,200 $\pm$ 2,098 <sup>b</sup>	16,000 + 1,054 <sup>a</sup>

a,b,c : Letras distintas en una columna corresponde a diferencias significativas al 95 % de confianza de las muestras analizadas.

El resultado obtenido señala, que el pulido de arroz adsorbió glucosa del medio bajando el contenido de glucosa desde 80mmol, como ya mencionamos a 78, 70, 71 mmol en las fracciones pequeña, media y gruesa, siendo las fracciones media y gruesa las que más redujeron el contenido de glucosa, lo cual fue medido por absorbancia en un espectrofotómetro. El análisis estadístico mostró diferencias estadísticamente significativas para la adsorción de glucosa en las fracciones pequeña y media y para pequeña y gruesa, no encontrando diferencias estadísticamente significativas entre las fracciones gruesa y media. En la FIGURA 8, se puede observar los resultados obtenido del análisis estadístico para la adsorción de glucosa.



**FIGURA 8. Adsorción de glucosa y actividad de  $\alpha$ -amilasa.**

Los resultados obtenidos y mostrados en el CUADRO 10, fueron confirmados por RODRÍGUEZ *et al.* (2005); quien indica que existen estudios donde la fibra dietética pudiera actuar en la asimilación del almidón. Así se puede decir que los mecanismos básicos de efecto inhibitorio sobre la absorción intestinal de la glucosa se puede deber a la acción mecánica, en los cambios de tiempo del tránsito intestinal o por interferencia de las enzimas digestivas. Afirmando que el pulido de arroz ayuda a la reducción de la glucosa en la sangre.

Para el caso de la actividad de  $\alpha$ -amilasa no existe diferencias estadísticamente significativas entre las tres fracciones.

Lo cual se puede observar mejor en la FIGURA 8, que muestra el resultado obtenido por el análisis estadístico para el contenido de  $\alpha$ -amilasa y la solución patrón utilizada.

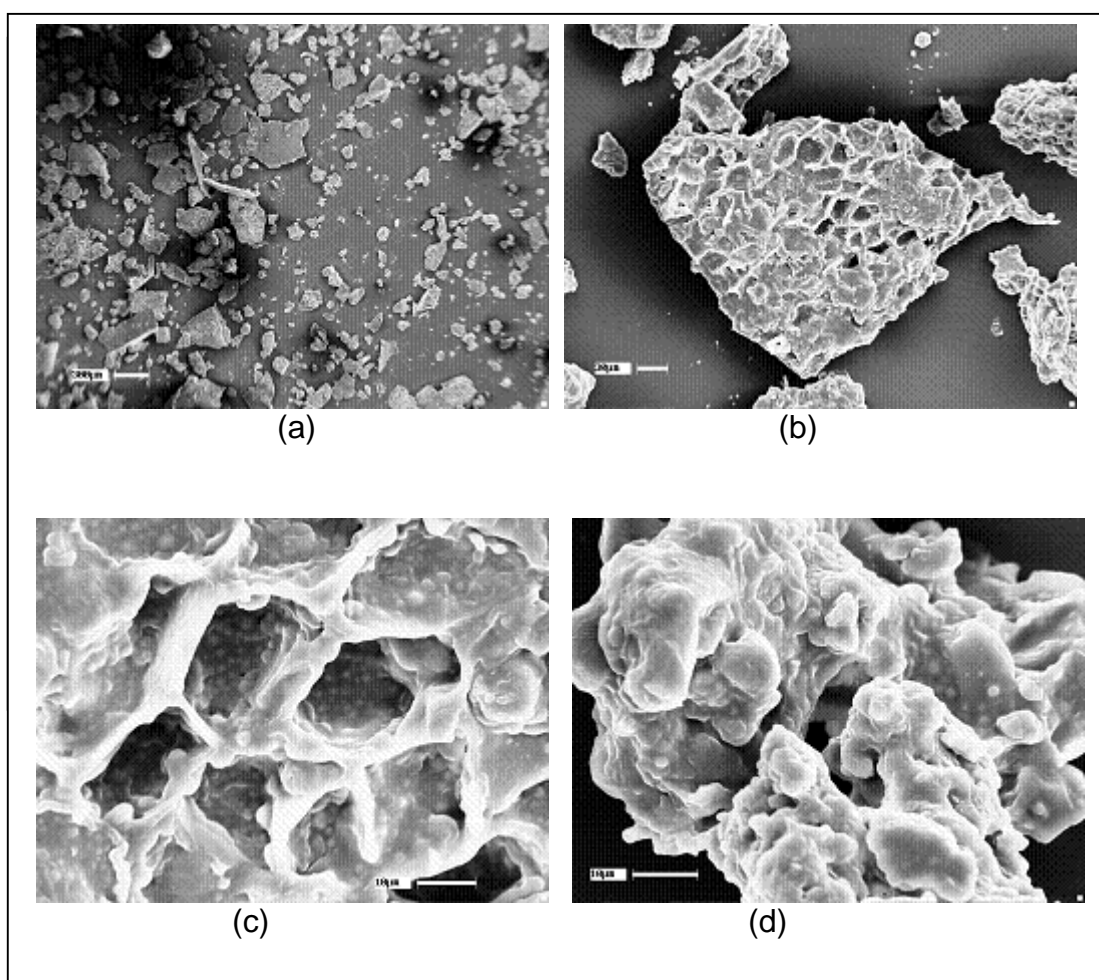
En el CUADRO 10, se muestran los resultados obtenidos del análisis de  $\alpha$ -amilasa, aquí los datos están basados en el contenido de glucosa de una

solución, para esto se le agregó a diferentes soluciones con la misma concentración de glucosa las diferentes fracciones de pulido de arroz y una donde se le agregó solo  $\alpha$ -amilasa. El resultados para la solución con  $\alpha$ -amilasa fue de 20 mmol/L y resultados obtenidos fueron menores a esta concentración lo cual indica que existió una inactivación de  $\alpha$ -amilasa. La solución que contenía solo  $\alpha$ -amilasa se le agregó Hidróxido de sodio para su inactivación y así poder medir el contenido de glucosa, para lo cual se utilizó un espectrofotómetro. Siendo similares los datos entre las fracciones pequeña y gruesa, y el más efectivo la fracción de media.

TANG (2003), habla de que la  $\alpha$ -amilasa, es inhibida por el pulido de arroz dependiendo de las concentraciones de éste, la inactivación será más rápida y efectiva en la solución a analizar, por lo cual el sugiere pruebas en alimentos elaborados para su posterior incorporación en productos humanos.

#### **4.4 Observación de microscopía electrónica del pulido de arroz**

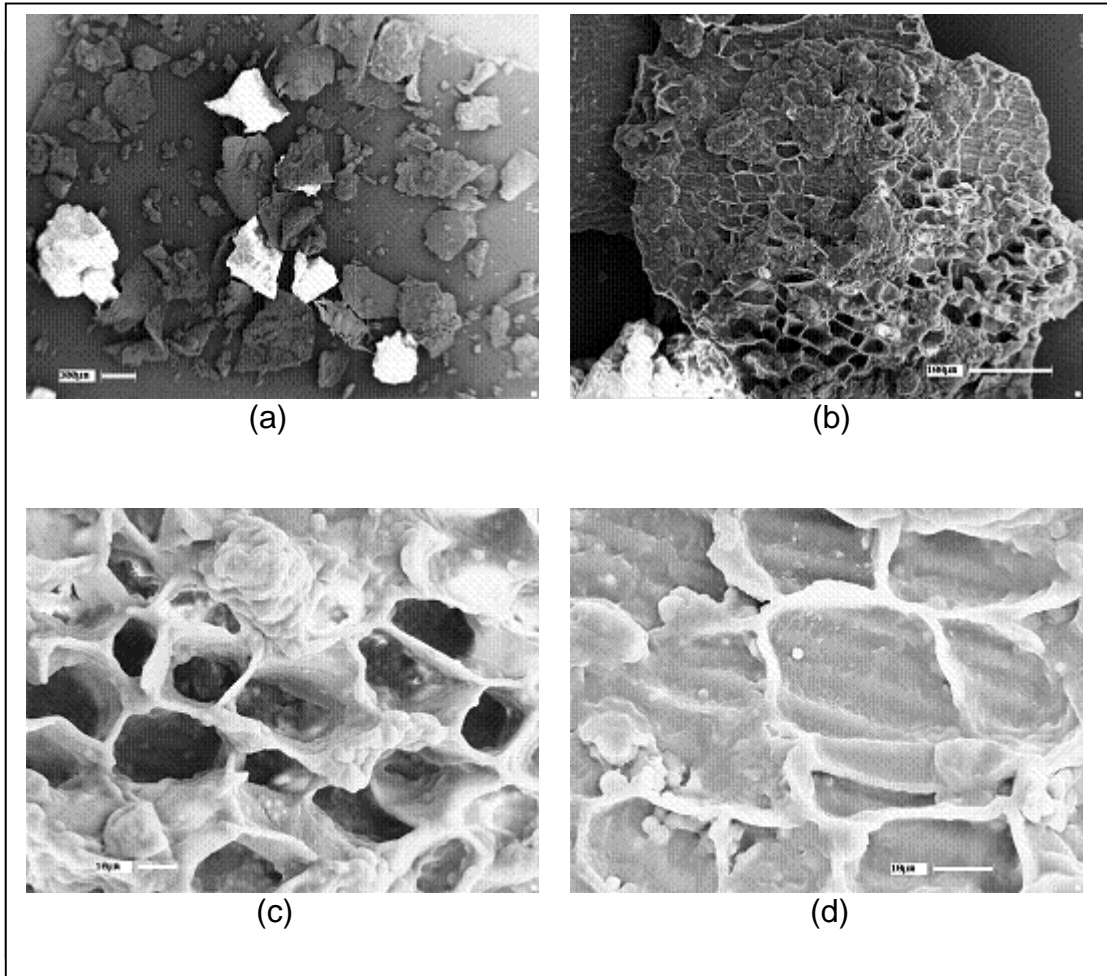
En la FIGURA 9, (a) se puede observar el pulido en una vista lejana de las partículas de la fracción pequeña, las cuales corresponden a partículas que son menores a 425  $\mu\text{m}$  y muestran una gran dispersión de tamaños, en la fotografía (b) se puede observar parte de las cubiertas externas de la semilla, extraído durante la etapa de pulido, en la (c) se observa un acercamiento donde se distinguen las paredes celulares, mostrando en el interior de cada una depósitos de almidón gelatinizado por el tratamiento térmico inicial. En la fotografía (d) se puede ver un acercamiento mayor donde se observa claramente una masa de almidón gelatinizado o proteína sobre las estructuras celulares, lo que se habría generado por el pre-tratamiento de inactivación de enzimas.



**FIGURA 9.** Fotografía de microscopia electrónica de barrido de las partículas pequeñas. (a) ángulo lejano de la fracción pequeña. (b) cubiertas externas de la semilla, (c) paredes celulares con almidón, (d) almidón gelatinizado o proteína aglutinada.

En la FIGURA 10, (a) se observa una vista lejana de la fracción media la cual esta compuesta por partículas de tamaño menor a  $600\ \mu\text{m}$  y partículas iguales o mayores a  $425\ \mu\text{m}$ , mostrando una uniformidad de tamaño, en la (b) se observa una especie de panal donde los orificios son células vacías debido al tratamiento que recibe el pulido en su preparación para la microscopia electrónica, esto genera la ruptura de las células, dejando a simple vista las

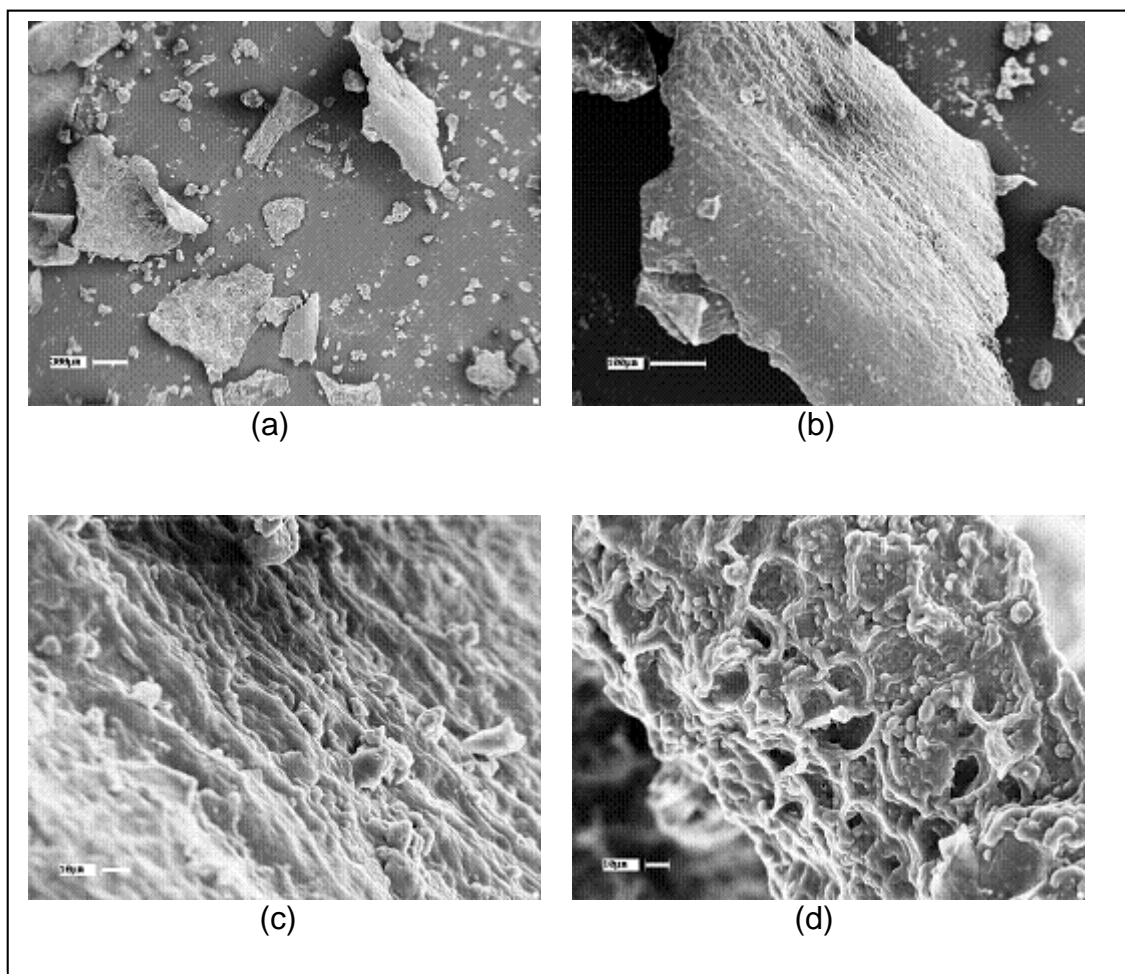
paredes celulares, en la fotografía (c) se distingue de cerca las cavidades vacías con restos de almidón y proteína. Y en la (d) se puede ver como también existen partes dentro de esta fracción donde hay capas de células enteras sin daño.



**FIGURA 10. Fotografía de microscopía electrónica de barrido de las partículas de la fracción media. (a) ángulo lejano de la fracción media. (b) células vacías, (c) células vacías con restos de almidón y proteína, (d) células enteras sin daño.**

En la FIGURA 11, (a) se puede observar el pulido en una vista lejana de las partículas que componen esta fracción gruesa, siendo de tamaño mayor o

igual a 600  $\mu\text{m}$ , y mostrando una gran dispersión de tamaños, en la fotografía (b) se puede observar claramente parte del pericarpio del grano de arroz, la cual es la capa externa del grano. En fotografía (c) y (d), se puede observar un acercamiento a las partículas, donde claramente los gránulos de almidón gelatinizado o proteínas están cubriendo parte de las células.



**FIGURA 11.** Fotografía de microscopía electrónica de barrido de las partículas de la fracción gruesa. (a) ángulo lejano de la fracción, (b) pericarpio del grano de arroz, (c) y (d) gránulos de almidón.

#### **4.5 Resistencia del gel formado por el pulido de arroz**

Para la formación del gel se trabajó con un buffer fosfato en mezcla con el pulido de arroz, el cual después en un determinado tiempo formaría el gel esperado, resultado que no se obtuvo pues se esperó un mínimo de 2 horas y un máximo de 24 horas en las condiciones adecuadas para su posible formación, sin tener resultados positivos, por lo cual el método no se pudo aplicar a la solución obtenida.



## 5. CONCLUSIONES

Según los resultados, en relación al análisis proximal del pulido de arroz, se puede concluir que existen diferencias entre las fracciones de distinto tamaño de partícula y que los mayores valores se presentaron en la fracción media lo que se debe tener en cuenta al momento de usar este ingrediente en formulaciones.

Respecto de los sólidos insolubles, a mayor tamaño de partícula del pulido de arroz, se obtuvo una menor extracción de sólidos insolubles en agua, mientras que una mayor extracción de sólidos insolubles en alcohol.

Con relación a la retención de aceite y de agua del pulido de arroz, se puede concluir que los valores encontrados para ambos análisis están de acuerdo con lo que informa la literatura para un comportamiento promisorio. El nivel de retención de agua es mayor que el de lípidos, pero este último es lo suficientemente alto como para producir cambios en el nivel de lípidos absorbidos por los consumidores, cuando este ingrediente sea incorporado a la dieta.

En lo que se refiere a la adsorción de glucosa las dos fracciones de mayor tamaño del pulido de arroz (media y gruesa) presentaron un valor mayor, lo que permite suponer que el uso del pulido de arroz como ingrediente podría ayudar a bajar los tenores de azúcar absorbidos en el tracto digestivo.

La adición de pulido de arroz a una formulación estaría, de acuerdo a los resultados obtenidos bajo las condiciones del presente trabajo, disminuyendo la

actividad de  $\alpha$ -amilasa, lo que estaría favoreciendo la no digestibilidad del almidón en la dieta, disminuyendo el índice glicémico de los alimentos formulados con alto contenido de almidón.

Según las conclusiones antes mencionadas se podría esperar, que si el pulido de arroz, fuese incorporado como ingrediente en la dieta de humanos, este traería como beneficios una disminución en los niveles de colesterol para personas con enfermedades cardiovasculares, una disminución del azúcar en la sangre, y una disminución de la degradación del almidón ingerido, por lo que se podría utilizar en la formulación de alimentos para diabéticos, hipertensos y personas con problemas de sobrepeso o simplemente personas que desean llevar una vida sana.

## 6. RESUMEN

El pulido de arroz es un subproducto obtenido del proceso de elaboración del grano de arroz, específicamente de la etapa de blanqueado 1 y blanqueado 2. El pulido fue separado en tres fracciones y se le realizaron los análisis que se muestran con los resultados que se indican para la fracción pequeña, media y gruesa. Para la composición proximal, medida por los métodos de AOAC (1995), los resultados fueron para proteína 12,09; 12,05 y 10,66 % para las tres fracciones; para lípidos, 14,08; 15,68 y 12,31 %; para fibra cruda, 5,07; 7,17 y 5,85 %; para la ceniza, 8,19; 7,51 y 5,65 % y para la humedad, 10,13; 10,80 y 9,14 %. Para los sólidos solubles al alcohol y al agua, medidos de acuerdo a THOMAS *et al.* (2000), los resultados fueron 71,12; 72,73 y 83,17 % para los primeros y 39,25; 36,40 y 19,20 % para los segundos. En la capacidad de retención de agua y retención de aceite, medidos por el método de CHAU (2004), los resultados fueron 331,70; 416 y 387 mL/100g y 269; 361,20 y 340 mL/100g, respectivamente. El efecto de la fibra sobre la adsorción de glucosa, medido por el método propuesto por OU *et al.* (2001), dio los siguientes resultados: 78,20; 70 y 71,20 mmol/L. Por su parte, el efecto de la fibra sobre la actividad de  $\alpha$ -amilasa, midió por el método de OU *et al.* (2001), mostró los siguientes resultados; 16,30; 15,20 y 16 mmol/L para las tres fracciones. Se realizó una observación de microscopía electrónica de barrido de las fracciones del pulido en un microscopio Leitz Electron Optics, modelo LEO 420. Debido a que el material usado no formó gel, no se pudo medir su resistencia como estaba planificado.

## 6. SUMMARY

Rice bran is a side-product of rice processing specifically of rice mechanical blanching. Rice bran was divided in three fractions and the following analyses were carried out with the results shown, for the three, small, average and thickness, fractions. For proximal analyses, measured by AOAC (1995), results were for three fractions, 12,09; 12,05 and 10,66 %, for protein; 14,08; 15,68 and 12,31 %, for lipids; 5,07; 7,17 and 5,85 %, for crude fiber; 8,19; 7,51 and 5,65 %, for ash, and 10,13; 10,80 and 9,14 %, for moisture. For alcohol and water insoluble solids, measured according to THOMAS *et al.* (2000) results were 71,12; 72,73; 83,17 % for the former and 39,25; 36,40 and 19,20 % for the latter. For water and oil retention capacity, measured according to CHAU (2004), results were 331,70; 416; 387 mL/100g and 269; 361,20 and 340 mL/100g respectively. On other hand, the effect of fiber on glucose adsorption, measured by the method proposed by OU *et al.* (2001), gave the results: 78,20; 70 y 71,20 mmol/L. For the effect of fiber on  $\alpha$ -amylase activity, results were: 16; 15,20 and 16,30 mmol/L for the three fractions. A microscopy observation was carried out to the rice bran fractions with a Leitz Electron Optics scanning electronic microscope, model LEO 420. Due to the fact the material did not form gel; resistance could not be measured, as it was planned.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

BADUI. S. 1999. Química de los alimentos. Longman S.A. México.648p.

CARA. L, DUBOIS. C, BOREL. P, ARMAND. M, SENFT. M, PORTUGAL. H, PAULI. A, BERNARD. P, y LAIRON. D. 1992. Effects of oat bran, rice bran, wheat fiber, and wheat germ on postprandial lipemia in healthy adults. The journal clinical nutrition. 55; 81-88.

CHANG. H y CARPENTER. J. 1997. Optimizing quality of frankfurters containing oat bran and added water. Journal of food science. 62(1); 194-197.

CONFERENCIA DE LAS NACIONES UNIDAS SOBRE COMERCIO Y DESARROLLO (UNCTAD). 2005. Descripción del arroz. Visita: 17 de octubre de 2006. [www.unctad.org/infocomm/espagnol/arroz/descripc.htm](http://www.unctad.org/infocomm/espagnol/arroz/descripc.htm)

CHAU. C, y HUANG. Y. 2004. Characterization of passion fruit seed fibers a potential fiber source. Food Chemistry. 85, 189-194.

DAWKINS. N, PHELPS. O, MACMILLIN. K, y FORRESTER. I. 1999. Compostion and physicochemical properties of chevon patties containing oat bran. Journal of food science. 64(4); 597-600.

DEPARTAMENTO DE NUTRICION Y DIETÉTICA. 2003. El arroz. Área de Antropología Alimentaria. Facultad de Medicina. Universidad de Colombia. 20p.

DUNFORD. N y KING. J. 2000. Phytosterol enrichment of rice bran oil by a supercritical carbon dioxide fractionation technique. *The journal of food science*. 65(8); 1395-1399.

ESPIN. J, SOLER- RIVAS. C, y WICHERS. H. 2000. Characterization of the total free radical scavenger capacity of vegetable oils and oil fractions using 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical. *Food Chemistry*. 48 (3), 648-656.

ESTÉVEZ. A. 2005. *Procesamiento del arroz*. Facultad de Ciencias Agronómicas. Universidad de Chile. 6 p.

FATEMEH. M, RAMU. M, WITON. P, WAYNE. E y MARLENE W. 2000. Effects of microwave heat, packaging, and storage temperature on fatty acid and proximate compositions in rice bran. *Journal agriculture. Foods chem*. 48, 464-467.

FEMENIA. A, LEFEBVRE. A, THEBAUDIN. J, ROBERTSON. J, y BOURGEOIS. C. 1997. Physical and sensory properties of model foods. Supplemented with Cauliflower Fiber. *Journal of foods science*. 62 (4), 635-639.

FENNEMA, J. 2000. *Química de los alimentos*. Acribia S.A. España (Zaragoza). 1258p.

GERHARDT. A y GALLO. N. 1998. Full fat rice bran and oat bran similarly reduce hypercholesterolemia in humans. *Human Nutrition and Metabolims*. American Society for Nutrition Science. 865-869.

GOMEZ. G. 1978. Utilización de las puliduras (polvillo) de arroz en raciones para cerdos en crecimiento y acabado. Centro internacional de agricultura tropical (CIAT). Colombia. 26p.

JULIANO, O. 1994. El arroz en la nutrición humana. Instituto internacional de investigación sobre el arroz (FAO). Roma. 178p.

KESTIN. M, MOSS. R, CLIFTON. P, y NESTEL. P. 1990. Comparative effects of three cereal brans on plasma lipids, blood pressure, and glucose metabolism in mildly hypercholesterolemic men. *The american journal of clinical nutrition*. 52; 661-666.

LARIOS. A, PORCAYO. J y POGGI. H. 2005. Obtención de una harina de pulido de arroz desengrasada con bajo contenido de fibra neutro detergente. *INCI*. 30 (1). 1-10.

OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS AOAC. 1995. Volumen I- II. Method 920.39 Fat (crude) or ether extract in animal feed. Method Soxhlet (p. 17), Method 955.04 Nitrogen (total) in fertilizers. Kjeldahl method (p.13), Method 978.10 Fiber (Crude) in animal feed. Fritted glass crucible method (p.19). Method 942.05 Ash of animal feed. Direct method (p.4), Method 925.09 Solid (Total) and moisture in flour. Vacuum oven method (p.32). Method 991.43 Total, soluble, and insoluble dietary fiber in foods. Enzymatic- Gravimetric method, MES – TRIS Buffer (7p).

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION (FAO). 1999. Los carbohidratos en la nutrición humana. Roma. 153p.

HAARD. 1996. Componentes químicos importantes de los granos de cereal. Departamento de Agricultura. Organización de las naciones unidas para la agricultura y nutrición (FAO). 7 p

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN, FAO. 1990. Utilización de los alimentos tropicales: Cereales. 47/1. 132p.

OU. S, KWOK. K, LI. Y, y FU. L. 2001. In vitro study of possible role of dietary fiber in lowering postprandial serum glucose. Food Chemistry. 49 (2), 1026-1029.

RODRIGUEZ. C, DUTRA DE OLIVEIRA. J, HUDARI. R y CANDIDO. H. 2005. Effect of rice bran fiber diet on serum glucose levels of diabetic patient in Brazil. Archivos Latino-Americanos de nutrición. 55 (1), 23-27.

SAMALVIDES. H. 2005. Incorporación de pulido de arroz como fuente de compuestos bioactivos en el desarrollo de galletas. Tesis presentada como parte de los requisitos para optar al grado de magíster en ciencias agropecuarias mención en producción Agroindustrial. 99p.

STEENBLOCK. R, SERRANEK. J, OLSON. D, y LOVE. J. 2001. The effects of oat fibers on the properties of light bologna and fat free frankfurters. The journal of food science. 66(9); 1409-1415.

TANG. S, HETTIARACHCHY. N, ESWARANANDAM. S, y CRANDALL. P. 2003. Protein extraction from heat-stabilized defatted rice bran: II. The role of amylase, celluclast, and viscozyme. Journal of food science. 68(2); 471-475.

THOMAS. M, CRÉPEAU. M, RUMPUNEN. K y THIBAUT. J. 2000. Dietary fiber and cell-wall polysaccharides in the fruits of Japanese quince (*Chaenomeles japonica*). Lebensmittel - Wissenschaft und -Technologie. 33 (2), 124-131.



TOPOLANSKI, E. 1975. El arroz cultivo y producción. Centro regional de ayuda técnica. México / Buenos Aires. 304p.

VARGAS. E y MURILLO. M. 1978. Composición química de subproductos de trigo y arroz y de granos de maíz y sorgo utilizados en Costa Rica. Agronomía costarricense. 2(1). 9-15.

WEISS. W. 2004. Randomnes Ruler: Living with variation in the nutrient composition of concentrate feeds. Department of Animal Science Ohio Agricultural Research and development center. The Ohio State University. Wosster. 39-50.

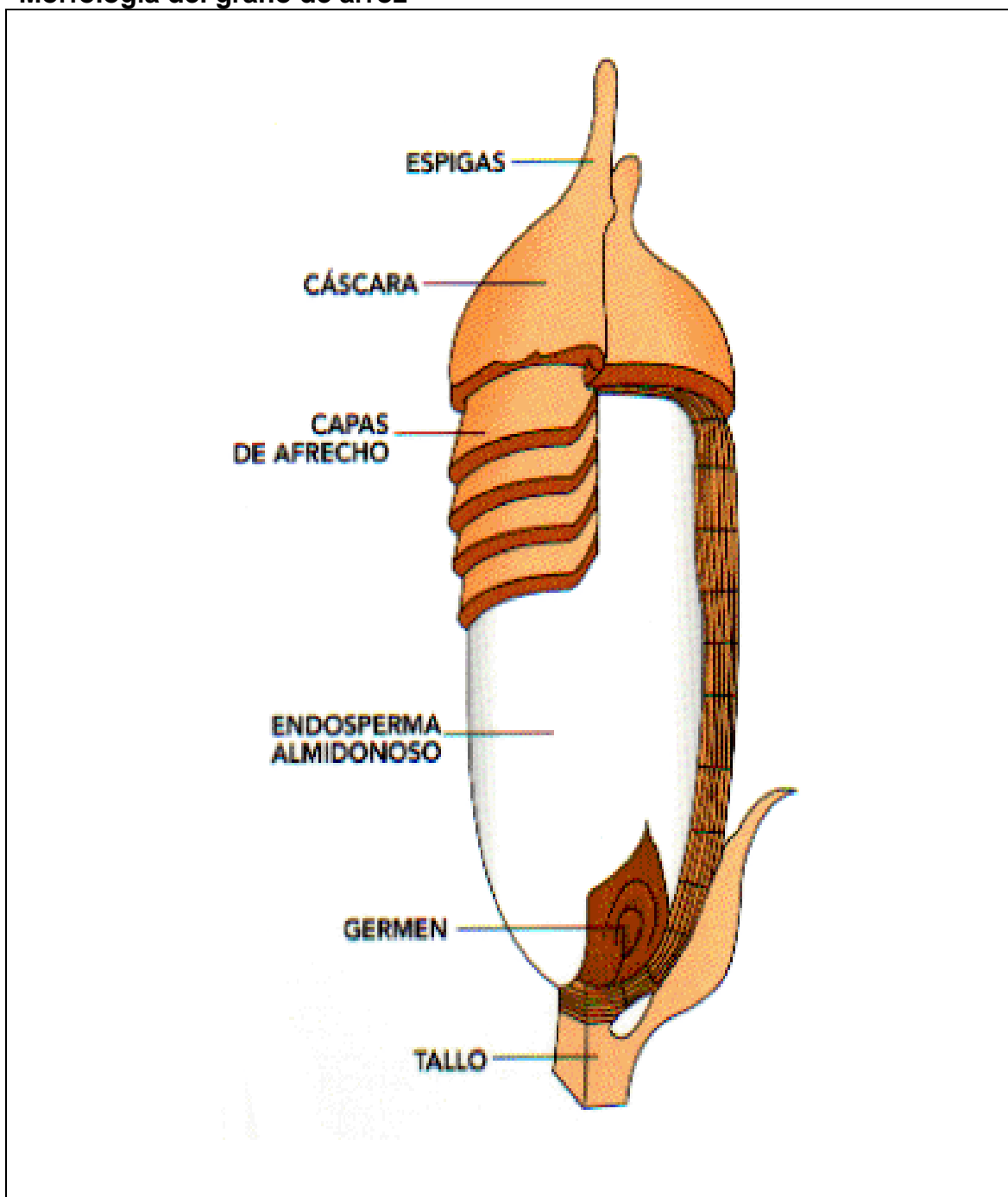
WIKIMEDIA FOUNDATION inc. 2006. *Oryza sativa*. <http://wikipedia.org/wiki/Arroz>. Visitada el 17 de octubre del 2006.

ZELEDÓN, M. 1999. Grado de elaboración del arroz expendido en supermercados del valle central costarricense. Agronomía costarricense 23(1): 45-51.

**ANEXO**

## ANEXO 1.

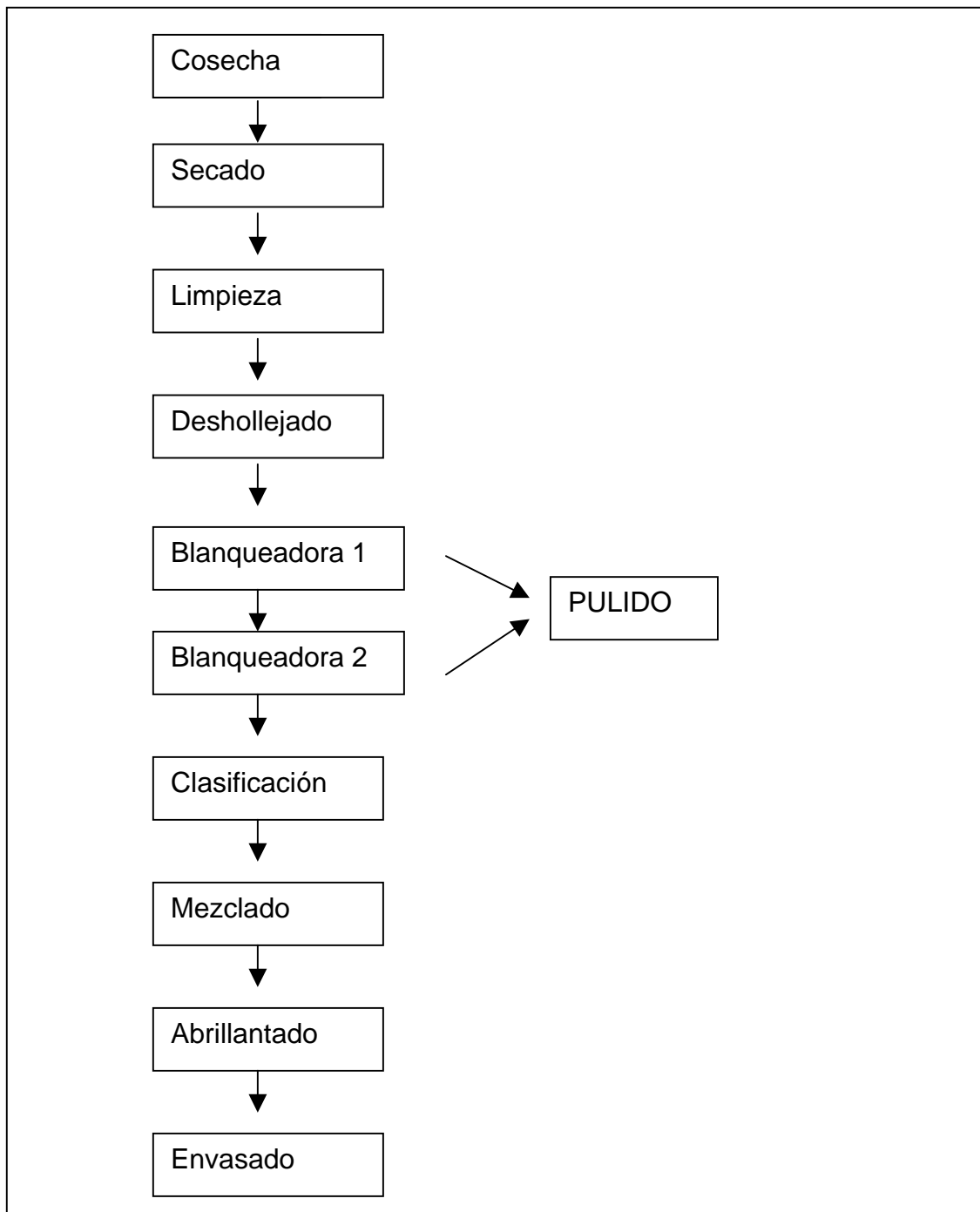
## Morfología del grano de arroz



FUENTE: Corporación arrocera nacional, 2006.

## ANEXO 2.

## Línea de flujo de la elaboración del grano de arroz



FUENTE: JULIANO, 1994.