



300627
UNIVERSIDAD LA SALLE ¹⁰ ₂₄

ESCUELA DE QUIMICA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

IMPORTANCIA DEL ARROZ PRECOCIDO EN LA
INDUSTRIA ARROCERA DEL VALLE DE MEXICO

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
QUIMICA FARMACEUTICA BIOLOGA
P R E S E N T A :
MARIA DEL CARMEN MICHEL ORTEGA

DIRECTOR DE TESIS: Q.F.B. FELIPE RODRIGUEZ PALACIOS

MEXICO, D. F.

1997

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este trabajo de tesis a mis padres, que me enseñaron que con tenacidad y constancia se pueden alcanzar muchas cosas en la vida, y quienes gracias a su estímulo y amor logré culminar este objetivo que me había trazado.

A mi esposo, Miguel Angel que amo y del cual me siento muy orgullosa, el que nunca ha dejado de apoyarme en todo lo que me propongo.

A mi hija Ximena, a quien espero esto le pueda servir de modelo para lograr un éxito profesional en su vida.

Y a mis hermanos, Esperanza, Maricela, Octavio, Patricia y Georgina, quienes cada uno de ellos y a su manera me supieron apoyar y alentar para lograr mi objetivo con éxito.

ÍNDICE

	PAG
CAPITULO 1. INTRODUCCION	1
CAPITULO 2. OBJETIVOS	4
CAPITULO 3. ARROZ	5
3.1 HISTORIA	5
3.1.1 Variedades	8
3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	11
3.3 COMPONENTES UTILIZABLEZ Y TECNOLOGÍA	14
3.3.1 Arroz Pulido	18
3.3.2 Hidratos de Carbono	21
3.3.3 Arroz Integral o Moreno	22
3.3.4 Compuestos Nitrogenados	23
3.3.5 Lípidos	24
3.3.6 Minerales	25
3.3.7 Proteínas	26
3.3.8 Arroz Inflado	28
3.3.9 Harina de Arroz	28
3.3.10 Cascarilla de Arroz	28
3.3.11 Utilizaciones Industriales	32
3.3.12 Usos Agrícolas	34
3.3.13 Los Medianos y su Empleo	36
3.3.14 Salvado de Arroz	37
3.3.15 Proteínas del Salvado	41
3.3.16 Carbohidratos	42
3.3.17 Lípidos	43
3.3.18 Vitaminas	44
3.3.19 Minerales	45
3.4 TECNOLOGÍA	45
3.4.1 Fraccionamiento del Arroz	45
3.4.2 Fraccionamiento en Seco	46
3.4.3 Fraccionamiento Húmedo	47
3.4.4 Estabilización del Salvado del Aroz	48
3.4.5 Proceso de Estabilización	49

ÍNDICE

	PAG
CAPITULO 1. INTRODUCCION	1
CAPITULO 2. OBJETIVOS	4
CAPITULO 3. ARROZ	5
3.1 HISTORIA	5
3.1.1 Variedades	8
3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	11
3.3 COMPONENTES UTILIZABLEZ Y TECNOLOGÍA	14
3.3.1 Arroz Pulido	18
3.3.2 Hidratos de Carbono	21
3.3.3 Arroz Integral o Moreno	22
3.3.4 Compuestos Nitrogenados	23
3.3.5 Lípidos	24
3.3.6 Minerales	25
3.3.7 Proteínas	26
3.3.8 Arroz Inflado	26
3.3.9 Harina de Arroz	26
3.3.10 Cascarilla de Arroz	28
3.3.11 Utilizaciones Industriales	32
3.3.12 Usos Agrícolas	34
3.3.13 Los Medianos y su Empleo	36
3.3.14 Salvado de Arroz	37
3.3.15 Proteínas del Salvado	41
3.3.16 Carbohidratos	42
3.3.17 Lípidos	43
3.3.18 Vitaminas	44
3.3.19 Minerales	45
3.4 TECNOLOGÍA	45
3.4.1 Fraccionamiento del Arroz	45
3.4.2 Fraccionamiento en Seco	46
3.4.3 Fraccionamiento Húmedo	47
3.4.4 Estabilización del Salvado del Aroz	48
3.4.5 Proceso de Estabilización	49

3.5	CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES	49
3.5.1	Valor Nutritivo del Salvado de Arroz	49
3.5.2	Factores Antinutritivos	50
3.5.3	Usos Como Alimento	51
3.5.4	Salvado de Arroz y Residuos del Proceso de Pulido	53
3.5.5	Composición	54
3.5.6	Germen de Arroz	55
3.5.7	Fibra de Arroz Dietética	55
3.6	CALIDAD DEL ARROZ	57
3.6.1	Factores que Influyen en la Calidad	58
3.6.2	Medida de Calidad	59
CAPITULO 4.	ARROZ PRECOCIDO	64
4.1	HISTORIA	64
4.2	CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	66
4.3	CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES	71
4.4	TECNOLOGÍA	77
4.4.1	Prelavado	85
4.4.2	Remojo	86
4.4.3	Evaporación	88
4.4.4	Secado y Templado	90
4.4.5	Molienda y Almacenamiento	91
4.5	PRINCIPALES USOS	93
4.5.1	Perspectivas para el Futuro	93
CAPITULO 5.	POSICIÓN DEL ARROZ PRECOCIDO EN LA INDUSTRIA MEXICANA	95
5.1	MATERIALES Y MÉTODOS	95
5.2	FORMATO DE ENCUESTA	96
5.3	RESULTADOS DE LA ENCUESTA	99
5.4	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	108
CAPÍTULO 6.	CONCLUSIONES	112

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

El arroz, alimento principal de una gran parte de la población mundial, en Asia es producido en su mayoría por agricultores pequeños, orientados hacia la subsistencia. Una parte considerable del total de la producción del mundo es consumida por el productor y su familia.

Más del 90% de la cosecha mundial de arroz es producida y consumida en Asia. El tonelaje que entra en el comercio internacional es muy pequeño, sobre todo cuando se le compara con el trigo.¹

Las amplias variaciones en los rendimientos del arroz entre los países productores más importantes pueden ser atribuidas a varios factores. Algunos de éstos se originan en la existencia de dos subespecies dentro de la especie del arroz que se cultiva. Estas son: *Oryza sativa* subespecie japonesa (arroz de tallo corto, grano corto y redondeado), y la subespecie indica (arroz de tallo largo, granos largos muy finos).²

Los rendimientos del arroz son influidos poderosamente por el nivel de tecnología agrícola en los países productores; las prácticas de cultivo arrocero varían enormemente. En Japón y Taiwan, casi todos los arrozales son regados mediante complicadas instalaciones para almacenar y mover el agua, construidas con la inversión de trabajo humano a lo largo de muchos siglos, básicas para los rendimientos extraordinarios obtenidos en Japón. En otros

¹ Brown, Lester, R., *Como aumentar la Producción Mundial de Alimentos: Problemas y Perspectivas*; Editorial Hispano Americana, México, 1993, p. 117

² Scharrer, W., *Química Agrícola*; McGraw-Hill, México, 1992, p. 81

países como Birmania o Tailandia los agricultores dependen, para el riego de sus arrozales en gran medida de las fuertes lluvias.

El uso de fertilizantes y alta tecnología se refleja en los niveles de rendimiento del arroz en algunas partes de Japón y Estados Unidos, en los que la producción arroceras es significativa.

Otro factor que contribuye en la alta producción es la sustitución de las variedades tradicionales por nuevas variedades mejoradas. La creación de variedades más sensibles a los diferentes abonos químicos ha sido una parte importante para la obtención de una calidad superior del grano.

Ahora bien, independientemente de los logros cuantitativos y cualitativos obtenidos en la producción del grano, existe un factor relevante que se debe considerar: El proceso de *precocido* tema que dió origen a este trabajo.

Antes de abundar en las ventajas del proceso de precocido, cabe aclarar que comunmente, se cree que el término "*precocido*" tiene un significado que difiere totalmente del de "*sancochado*", sin embargo, la preposición *pre*, denota antelación, anticipación, prioridad, en tanto que el de *cocido*, cuya raíz viene de *cozer*, significa: preparar los alimentos por medio del fuego; luego entonces, el *precocido* es la "acción de anticipar la cocción". La palabra *sancochar*, quiere decir: guisar la vianda dejándola media cruda.³ Considerando tales significados es fácil deducir que *precocido* y *sancochado* son sinónimos, por lo tanto no existe la diferencia a la que se alude en renglones anteriores.

³ Pequeño Larousse: (diccionario) Ediciones Larousse, México, 1991.

En estas circunstancias el precocido es equivalente a un precocinado esencial del arroz. Este proceso se ha practicado durante siglos y se ha convertido en una importante industria que abarca aproximadamente el 50% del arroz producido en Asia. El arroz precocido es la base de la alimentación tanto en Bangladesh como en Sri Lanka, su consumo es superior al 50% del arroz crudo producido en la India, Nepal y en una sustancial proporción en Pakistán. Se estima que una quinta parte del arroz que se produce en el mundo es precocido.

Este proceso de precocido se lleva a cabo con anterioridad a otra serie de procedimientos a los que es sometido el grano, tales como: molido, blanqueado, etcétera, por lo cual, es explicable que la calidad inicial del arroz afecte directamente la calidad del producto precocido.

Las diferencias existentes entre los distintos parámetros de calidad que se perciben en las variedades del arroz natural, se mantienen ampliamente, aún después del precocido. Así es posible preparar arroz precocido de diversas calidades, adoptando diferentes sistemas de precocido y variando también el grado de tratamiento calorífico en cada uno.

El método de precocido es empleado entre otras razones, por sus grandes ventajas tecnológicas y nutricionales. En muchos países, se emplea con la finalidad de reducir el desperdicio del grano en todas las etapas de los diferentes procesos, desde la producción hasta el consumo.

CAPÍTULO 2

OBJETIVOS

2.1 General.

Establecer la importancia nutricional del arroz precocido así como las ventajas y desventajas que tiene este proceso en la industria arrocera del valle de México.

2.2. Particulares:

- a) identificar las características químico-biológicas y físicas de la gramínea oryza-sativa en las principales subespecies que se cultivan en México.**
- b) Realizar un estudio sobre diferentes derivados del arroz y su utilización en la industria mexicana.**
- c) Analizar la forma en que el proceso de precocido contribuye a disminuir la pérdida de tiamina del arroz descascarado.**
- d) Estudiar las alteraciones físico-químicas y nutricionales del arroz precocido, así como la Ingeniería del proceso, en sus diferentes fases.**
- e) Efectuar una investigación de campo en empresas arroceras ubicadas en el Valle de México, para conocer datos tales como: volumen de producción mensual de arroz precocido, tipos de subproductos, oferta, demanda y las ventajas y desventajas del proceso para estas empresas.**

CAPÍTULO 3

ARROZ

3.1 HISTORIA

En el mundo entero los cereales constituyen la fuente más importante de calorías. Se consumen en forma natural o ligeramente modificada como artículos básicos de la dieta. Se transforman mediante procesamientos en harina, almidón, aceite, salvado, jarabes de azúcar y un gran número de ingredientes adicionales empleados en la fabricación de otros alimentos. De la misma forma son utilizados tanto como granos, directamente, o a través del procesamiento de los deshechos de la agroindustria para alimentos balanceados y enriquecidos, por lo que indirectamente contribuyen a la producción de cármicos derivados de las ganaderías bovina, ovina y caprina.⁴

Los orígenes del arroz son tan remotos que es casi imposible su rastreo. El arroz pertenece a la familia de los pastos. Es una planta anual del género *Oryza* y comparte algunas características con el trigo, la cebada, la avena y el centeno, ya que éstos, también pertenecen a la familia de los pastos o gramíneas.⁵

Las distintas especies se han adaptado a diversos climas. Las dos especies cultivadas *Oryza sativa* (Asia) y *Oryza glaberrim* (Africa occidental) tienen muchas variedades, asimismo existen 20 especies silvestres que se encuentran diseminadas en Asia, Africa, Australia y Sudamérica.⁶

⁴ Potter, N.: *Food Science: The AVI Publishing Company, Inco*. Westport, Connecticut. 1968.

⁵ Luz-M.L., et. al.: "Parboiled and milled rice preference consumption evaluation". *Boletim-da-Sociedade-Brasileira-de-Ciencia-e-Tecnologia-de-Alimentos*; Brasil, 1994.

⁶ Rizk, L.F.: *Composition and mineral content of rice bran of two Egyptian rice varieties*; United States. 1995.

Las cosechas se levantan generalmente con trilladoras que separan a la paja del grano; sin embargo, para consumir el cereal es necesario quitar la cascarilla que conserva. El proceso para lograr esto se llama "beneficio" y puede realizarse en forma manual o mecánica, en éste último caso, se hace necesaria la utilización de molinos. Del beneficio se obtienen tres clases de arroz: arroz entero, medio grano y el arroz quebrado.

La cáscara del arroz es lo que comunmente se conoce como salvado y constituye un excelente forraje para el ganado y las aves.

El arroz es el único cereal cultivado en forma casi exclusiva para el consumo humano. De hecho representa el 50% de la dieta cotidiana de más de 1 600 millones de personas, y otros 400 millones lo incluyen como parte de la misma.⁷

En la mayoría de las regiones productoras a nivel mundial el arroz se cultiva en terrenos inundados, donde el agua alcanza una profundidad de 5 a 10 cm. Sin embargo esto no es una condición indispensable, también puede sembrarse en terrenos secos donde es cultivado con los mismos métodos utilizados para el maíz y el trigo.

La mayor parte del arroz se consume en su forma original, desprovisto de cáscara y germen, por consiguiente, la operación de mollienda tiene que hacerse de manera que no separe el núcleo endospermico del grano.⁸

Debido a que las situaciones ecológicas en las que se realiza el cultivo del arroz son numerosas y diferentes, la técnica agraria y los resultados económico-productivos están condicionados, junto con el potencial genético y las

⁷ Jamuna, P.: Journal of Food Sciences and Nutrition; No. 46, Vol. 177, EE. UU. 1995.

⁸ Potter. Op. Cit.

características de las variedades en el cultivo por los diferentes elementos que caracterizan el hábitat de cultivo.⁹

Los factores que determinan el ambiente ecológico son:

- El clima en sus diversos componentes: luz, pluviometría, humedad del aire y vientos.
- El terreno por su constitución geológico-mineral y orgánica, junto con las condiciones físico-químicas y edáficas.
- El agua de riego por sus características, disponibilidad y forma de empleo.

Las producciones más elevadas se consiguen, generalmente en los terrenos de textura esencialmente arcillosa, bien provistos de humus

La fertilidad del suelo depende, en gran medida, de los compuestos mineralógicos que lo constituyen, además, del tipo de alternativa y las prácticas de cultivo utilizadas, la inundación determina una mayor solubilización de los nutrientes frente a la que verifica en los cultivos normalmente y tiende a aumentar su asimilación.¹⁰

Los objetivos de la fertilización del arroz como en cualquier otro cultivo son numerosos:

- a) Modificar el estado de carencia del suelo respecto a los elementos nutritivos individuales.
- b) Establecer o restablecer en el terreno, entre los diversos elementos que caracterizan su fertilidad, una proporción óptima para su utilización por la planta de arroz.
- c) Aumentar el potencial de fertilidad del suelo.

⁹ Carreres, R. M., El Arroz; Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 1989.

¹⁰ Ibidem.

- d) Compensar la extracción de elementos por la producción de arroz, teniendo en cuenta las pérdidas inevitables.
- e) Aumentar el valor comercial y biológico del producto final obtenido.

Los tres primeros puntos corresponden al terreno considerado como soporte de la planta; los demás se refieren al cultivo y pretenden incorporar al terreno cuanto sea necesario para conseguir un rendimiento productivo óptimo, teniendo en cuenta que las pérdidas de elementos, tanto en superficie como por percolación deben ser compensadas.

3.1.1 Variedades

La noción de variedad descansa sobre un hecho genético, sencillo de expresar: la heredabilidad de los caracteres. Es una variedad a "cultivar" aquella cuya simiente reproduce para todas las características, plantas iguales a aquellas de las que procede la semilla e idénticas entre sí. Esto cuando se trata de especies o variedades autógamas, como es el caso del arroz.¹¹

Para obtener resultados económicos, productivos y uniformes, es necesario el estudio genético y la selección de mejores variedades, con características estables y muy uniformes en el ámbito de la población en cultivo. Comparada con la de otras especies bastante cultivadas o incluso de menor importancia, la genética del arroz no ha adquirido todavía el pleno desarrollo que merece de acuerdo con la extensión de su cultivo.

La gran capacidad productiva del arroz, como en cualquier otra especie cultivada, es la consecuencia derivada de una técnica de cultivo adecuada y en constante evolución, en combinación estrecha con el empleo de un instrumento

¹¹ Ibidem.

vegetal como es la variedad, llevada mediante selección a un muy elevado grado de perfección frente al ambiente que la debe albergar; sea por sus intrínsecas características fisiológico-productivas, sea por la capacidad de resistencia o los agentes bióticos externos o los ambientales de orden climático¹²

Las investigaciones relacionadas con la genética básica, tratan de conseguir resultados óptimos y más prácticos, los cuales pueden ser realizados conforme a las siguientes características:

- a) **Aumento de la capacidad productiva.** La consecución de este objetivo primario es factible mediante la mejora de los siguientes caracteres:
 - Capacidad fotosintética
 - Máximo número de respiración
 - Talla baja
- b) **Resistencia a las bajas temperaturas:** considerada en el período de la germinación y desde la formación embrional de la panícula hasta el término de la floración.
- c) **Talla baja, hojas erectas, tallo no demasiado frágil, glumillas móticas y absolutamente glabras, resistencia media al desgrane.**
- d) **Maduración simultánea de todas las paniculas y uniforme de las cariósperas en cada una de ellas.**
- e) **Mejora de las características tecnológicas y comerciales.**
- f) **Aumento del valor biológico.**

A estos objetivos se añaden otros más específicos: adaptación a los terrenos turbosos, salinos, arenosos; adaptabilidad al cultivo sin inundación y a la siembra más tardía.

¹² Ibidem.

Hay que destacar que todos estos objetivos se suman a aquellos que siempre han sido punto de atención y que junto con la mayor capacidad productiva de las variedades tempranas, son los siguientes: resistencia a las enfermedades parasitarias, podredumbre basal del tallo, **pyricularia** en la hoja y en el cuello de la espiga y resistencia al encamado.¹³

La elevada capacidad productiva aunada a una satisfactoria regularidad de las producciones altas y constantes, además de características cualitativas excelentes, forman parte de un objetivo más difícil de lograr.

Existen más de doscientas variedades de arroz y los principales grupos están formados por las siguientes:

- 1) Arroz ordinario cultivado principalmente en Europa.
- 2) Arroz glutinoso, el cual se caracteriza porque los granos ya cocidos se adhieren.
- 3) Arroz del Japón de granos cortos, oblongos o redondeados.
- 4) Arroz sin arista.
- 5) Arroz del monte, producido en climas cálidos y muy húmedos por las lluvias torrenciales.¹⁴

¹³ Ibidem.

¹⁴ Olacoaga. J.K.: **Dietética. Bramatología de los alimentos industrializados.** Tomo 3, México, 1975.

3.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

El incremento en la producción de alimentos es uno de los principales objetivos de los programas de desarrollo en la mayoría de los países.

En tanto el énfasis primario de estos programas se basa en el incremento de la producción de cosechas, una mejor utilización de los productos disponibles (particularmente de los derivados del procesamiento de productos) podría contribuir substancialmente a incrementar la disponibilidad de alimentos.

De acuerdo con estudios realizados por la FAO, se considera que será necesario incrementar la producción mundial de arroz en un 3% durante los próximos 20 años, a fin de alimentar adecuadamente a la creciente población. Para el logro de esta meta se ha desarrollado una compleja tecnología que incluye a la ingeniería genética. Esta última técnica consiste en mejorar las especies, mediante los cambios adecuados en los genes mismos, ya que son los instrumentos a través de los cuales se transmiten los rasgos hereditarios.

Actualmente sólo el 30% de la producción de arroz se cultiva en regiones irrigadas. De acuerdo con un estudio realizado por la F.A.O., se considera que será necesario incrementar la producción mundial de arroz en un 3% anual, durante los próximos 20 años, con objeto de alimentar adecuadamente a la creciente población.

La producción mundial en 1984 ascendió a 277 mil 595 toneladas, cuyo incremento promedio fue de un 10% en los últimos diez años, alcanzando una producción de 308 mil 427 toneladas en 1994.

La madurez del grano se completa en un periodo de tiempo variable entre los 30 y los 60 días después de la floración. Sin embargo, el embrión se encuentra ya morfológicamente completo a los 10 o 15 días; una vez formado éste, el grano de arroz se ensancha en su porción basal y más tarde se alarga, la última parte en formarse es la central, donde en algunas variedades puede quedar una banda amilácea blanca, índice de una maduración imperfecta. Esta se completa entre 40 y 70 días después de la floración. Como consecuencia se forma el fruto llamado arroz cáscara o "paddy" que consiste en una carióspside envuelta por las **glumillas**, los vestigios de la flor.¹⁵

El arroz con cáscara consiste en una semilla o grano de endospermo almidonado blanco envuelto por una cubierta de fibra adherida, estrechamente encerrado dentro de una vaina exterior holgada o floja.¹⁶

Todos o parte de los tegumentos de la semilla pueden tener un color distinto del normal que es blanco-grisáceo. La coloración es variable en una amplia gama de matices (amarillo, rojo o violeta) y está controlada por un par de factores genéticos. En ningún caso el endospermo está pigmentado. El endospermo es un tejido parenquimático con células poligonas que contienen gránulos de almidón, rodeado por células planas de aleurona¹⁷

El grano del arroz puede tener un aspecto totalmente translúcido, con estructura compacta o cristalina o puede ser opaco en una zona central o centro lateral más o menos extensa del grano. Esta zona llamada "perla" es de color blanco lechoso; su estructura celular es poco compacta, lagunar; la variedad de este elemento característico depende de la variedad y las condiciones de maduración. En ocasiones la perla es muy amplia y llega hasta la parte externa

¹⁵ Ibidem.

¹⁶ Saunders, R.M.; **Western Regional Research Center**. United States Department of agriculture. Food. Reviews International Albany, California 1985

¹⁷ Ibidem.

del grano, formando la "panza"; cuando se extiende sobre toda la cariósida da origen a un grano opaco. En estas zonas la estructura del almidón es amorfa y harinosa, no cristalina.

El embrión de 1.5 a 2.5 mm. de longitud está situado en la parte inferior y lateral, en una cavidad del endospermo y separado de él por una membrana celular; el esqueleto está formado por los primordios de la raíz embrional y por la plúmula o gémula, con los primordios de la primera hoja, que está recubierta por el coleóptilo. El hipocótilo une la radícula con la plúmula.¹⁸

Infecciones parasitarias producidas por bacterias u hongos del granizo y las temperaturas excesivamente bajas pueden interrumpir la formación de la cariósida e impedir la maduración completa. Esto también se conoce como aborto. Se pueden producir granos de arroz deformes, opacos y de dimensiones diferentes que dependen del grado de desarrollo y de maduración alcanzado por la cariósida en el momento en que se verifica el fenómeno negativo.

En relación a su estructura comparativa, los cereales tienen en común unos cuantos rasgos importantes, en los cuales se basan la molienda y las otras operaciones de procesamiento subsecuente.

El arroz es cocinado en cualquier cantidad de agua que pueda absorber durante su cocimiento para obtener una suavidad aceptable o en un exceso de agua para un tiempo óptimo de dicho cocimiento. Este tiempo, está determinado, más por el almidón final que por el área de superficie del grano. Lo cual indica que la reactividad del almidón del grano limita el rango de cocimiento del arroz.

¹⁸ McCASKILL, J.R., et al.: Method of making a steanstable quality parboiled rice product; United States, 1991.

3.3 COMPONENTES UTILIZABLES Y SU TECNOLOGÍA

Los subproductos del arroz provienen de una serie de capas celulares que rodean el endospermo, las cuales más que como protección participan en la formación de la futura planta de arroz. Cualquiera que sea la metodología empleada, los productos obtenidos en la producción y sucesivos tratamientos del arroz son obviamente los mismos.¹⁹

Los productos industrializados del arroz que se emplean con mayor frecuencia, forman tres grupos principales:

- a) El arroz pulido entero o en forma de harina
- b) El arroz integral pelado o descortezado
- c) El arroz inflado²⁰

Una buena operación de selección de arroz con cáscara ayuda a eliminar los diferentes materiales tales como paja, tierra o piedras entre otras, provenientes del lugar de su recolección.

Después de la selección de descascarado, las fases de selección sucesivas pueden conducir a la separación de los siguientes subproductos:

- 1) **Cascarilla:** incinerada o molida, se produce en proporción variable entre el 16 y el 22% del arroz con cáscara (paddy) sometido al proceso de elaboración.
- 2) **Salvado de descascaradora o salvado esquelat:** producto harinoso pulverulento constituido por salvado, producido por la fricción de las

¹⁹ Tinarelli, Antonio: Edagricole: Bologna, Italia. 1988.

²⁰ Olacoaga, J.K., Op. Cit.

carlópsides en la descascaradora de discos, mezclado con una gran cantidad de fragmentos de cascarilla y pelos silíceos de las glumillas, polvo y tierra; representa el 0.5-2.5% del arroz con cáscara, según el empleo de la descascaradora, ya sea ésta de rodillos o de discos.

- 3) Germen y rotos: pequeñas roturas del arroz mezcladas con un mínima cantidad de embriones e indicios de fragmentos de cascarilla. Se obtiene el 2.3% del arroz con cáscara entre la suma del producto seleccionado en esta fase y la sucesiva, después de la 1a. y 2a. blanqueadora.**
- 4) Pequeños fragmentos de arroz descascarillado: provenientes de la operación de separación del salvado, semillas de malas hierbas, indicios de salvado, cascarilla y otras materias. El porcentaje de peso de este producto es bastante variable, dependiendo de las características del arroz con cáscara, conforme a su maduración, humedad y forma de secado.**
- 5) Granos verdes: es un producto derivado de los tamices o instrumentos de separación similares; está formado por granos verdes, no formados completamente más o menos yesosos, cuyo porcentaje depende del grado de uniformidad de la maduración del arroz con cáscara y defectos derivados.**

De las operaciones que se realizan para la elaboración propiamente dicha del arroz, denominada blanqueo, se obtiene el arroz blanco, los medianos o quebrados y otros productos, como:

- 6) **Salvado del blanqueado o afrecho:** es una harina de color gris oscuro más o menos intenso que se obtiene (durante el proceso de elaboración) del primer cono y con frecuencia también del segundo; representa el 3.5% del arroz con cáscara.
- 7) **Cilindro o harinaza:** llamado también salvado de tercer y cuarto cono y de pulidora: es una harina blanquecina tanto más clara cuanto más a fondo se realiza la operación de blanqueo y más intensamente llega al endospermo; la cantidad media obtenida en las distintas instalaciones varía entre 5 y el 6%.
- 8) **Germén:** embrión de la semilla de arroz mezclado con pequeños fragmentos de arroz; se separa fundamentalmente de las harinas del primero y del segundo cono. Constituye aproximadamente el 2.3% del arroz con cáscara.
- 9) **Pequeños fragmentos de arroz poco elaborado,** provenientes de la separación del salvado del 1° y 2° cono, a los que pueden acompañar partículas de tierra.
- 10) **Puntina:** medianos bastante pequeños de arroz elaborado; es el "diente" de los granos de arroz elaborados incorrectamente. proviene del tamizado del cilindro y contiene indicios de germen.

El arroz elaborado a la salida de los conos blanqueadores, pasa por una fase de selección y calibrado para eliminar otros subproductos de la elaboración.

- 11) **Risotto:** es el producto formado por granos de sección más estrecha que el grano normal, constituido por cariósides formadas imperfectamente: son granos largos, bastante estrechos y cristalinos, o más cortos de lo normal, cristalinos o blancos, también granos deformes completamente yesosos.
- 12) **Corpettone:** medianos muy grandes, que en los arroces largos alcanzan dimensiones iguales o superiores a $\frac{3}{4}$ de la longitud del grano, mayores que los arroces de granos redondos y cortos.
- 13) **Corpetto:** medianos de dimensiones menores a las anteriormente citadas y mayores que las indicadas a continuación:
- 14) **Mezzagrana:** medianos que alcanzan dimensiones iguales a la mitad de la longitud de los granos de arroz redondos y cortos.
- 15) **Risina blanca:** pequeños fragmentos bastante iguales en sus dimensiones, al "diente" o algo mayores.

De la molienda de los granos de arroz se puede obtener:

- 16) **Semolina:** harina poco molida, granular al tacto.
- 17) **Harina de arroz:** proveniente de la molienda más fina que la anterior.
- 18) **Crema de arroz:** harina muy fina que no produce sensación al tacto.²¹

²¹ Carreres: op. Cit

11) Risetto: es el producto formado por granos de sección más estrecha que el grano normal, constituido por cariósides formadas imperfectamente: son granos largos, bastante estrechos y cristalinos, o más cortos de lo normal, cristalinos o blancos, también granos deformes completamente yesosos.

12) Corpettone: medianos muy grandes, que en los arroces largos alcanzan dimensiones iguales o superiores a $\frac{3}{4}$ de la longitud del grano, mayores que los arroces de granos redondos y cortos.

13) Corpetto: medianos de dimensiones menores a las anteriormente citadas y mayores que las indicadas a continuación:

14) Mezzagrana: medianos que alcanzan dimensiones iguales a la mitad de la longitud de los granos de arroz redondos y cortos.

15) Risina blanca: pequeños fragmentos bastante iguales en sus dimensiones, al "diente" o algo mayores.

De la molienda de los granos de arroz se puede obtener:

16) Semolina: harina poco molida, granular al tacto.

17) Harina de arroz: proveniente de la molienda más fina que la anterior.

18) Crema de arroz: harina muy fina que no produce sensación al tacto.²¹

²¹ Carreres: op. Cit.

Se ha dicho que los productos enumerados son el fruto de programas de trabajo realizados en el proceso de elaboración, que no son necesariamente únicos. Normalmente se siguen líneas de trabajo que conducen a la obtención de productos de mezcla, de tal forma que las roturas se derivan sólo en dos o tres grupos según dimensiones menos diferenciadas: los granos verdes y las cúas tienen a veces el mismo destino. También las harinas de elaboración y el gemen se reúnen frecuentemente en un sólo producto, como ocurre en el caso de que se empleen determinados tipos de conos blanqueadores en diagramas de elaboración concretos.²²

Toda esta serie de subproductos se puede obtener (mediante operaciones de selección y calibrado) cuando la elaboración del arroz se realiza según el sistema clásico europeo, que se lleva a cabo mediante fases sucesivas.

3.3.1 Arroz Pulido

El arroz pulido es aquel al que se ha despojado de su cascarilla, del gemen (en parte o su totalidad) y al menos, las capas externas del pericarpio.

Según la intensidad o el "grado" de elaboración, a partir del arroz descascarillado se reconocen las siguientes elaboraciones:

- a) Descascarillado especial: se han eliminado pequeñísimas partes del pericarpio.
- b) Comercial o semipulido: la capa de aleurona queda casi intacta, mientras que las demás capas del pericarpio se han eliminado casi completamente; el arroz presenta una coloración gris-pardo.
- c) Pulido de segundo grado: quedan restos del pericarpio y de aleurona a lo largo de las estrías longitudinales de la cariósida.

²² Ibidem.

d) **Elaborado de primer grado:** los restos de las capas de aleurona y del pericarpio se encuentran solamente en los extremos de los surcos longitudinales de la cariósida.²³

Las normas de la Comunidad Económica Europea (CEE) hacen referencia sólo al arroz pulido a fondo y al arroz semipulido. El arroz pulido de primera tiene granos enteros y en el de segunda, los granos están quebrados. El arroz pulido es la forma comercial de mayor consumo, no tiene envolturas ni gemen y su valor nutritivo es menor que el del arroz pelado. La harina de arroz equivale al arroz pulido de segunda pero completamente triturado.²⁴

Si se rompe el diente durante la elaboración (protuberancia del grano contigua al germen, correspondiente al alojamiento del mismo), el grano se denomina "despuntado"; si se desprenden porciones mayores que el diente, es considerado como mediano, partido o roto.

El rendimiento de arroz blanco de la muestra, se determina antes de la venta, mediante el molido de laboratorio tipo "universal". A través de la regulación del tiempo de elaboración o del cono blanqueador de esmeril, se realiza la elaboración de "primer grado". Este grado de elaboración se toma como base para la valoración de las partidas de arroz que se venden a los Organismos de Intervención del Estado y en cuyos almacenes públicos se conserva. Separando los productos derivados se determina, por su peso el porcentaje de arroz entero, partido y diversas fracciones defectuosas.²⁵

²³ Chandrasekhar, P. R.: Rice puffing in relation to its varietal characteristics and processing conditions; *Journal of Food Process Engineering*, No. 14, 1994.

²⁴ Olacoaga; Op. Cit.

²⁵ Chandrasekhar; Op. Cit.

La normatividad de la CEE establece entre el arroz semipulido y el pulido los siguientes coeficientes de conversión:

Arroces de granos redondos:
elaborado =1; semielaborado = 1.065

Arroces de granos largos:
elaborado =1; semielaborado = 1.072

El rendimiento de granos enteros varía en función del grado de maduración y del modo en que se haya realizado el secado del arroz con cáscara. El arroz con cáscar puede alcanzar hasta el 72%. La tabla No. 1 muestra los porcentajes obtenidos.

TABLA N°. 1

*Productos del proceso
Del arroz con cascara*

Producto	Porcentaje
Cascarilla	20.3%
Germen	1.3%
Salvado	3.0%
Cilindro	4.6%
Semillas de malas hierbas y materiales inertes	1.0%
Partidos y granos inmaduros	7.6%
Arroz entero	62.0%

Fuente: Parboiled rice: Production and use. EE. UU. 1982.

El precio del arroz con cáscara se determina teniendo en cuenta el rendimiento en granos enteros, y el total, es decir: enteros más rotos. Las diferencias en su precio dependen también del grupo o tipo comercial al que pertenece el arroz, al porcentaje de los granos defectuosos y también, al tipo de variedad, dependiendo de su prestigio a nivel consumidor.

Los precios de referencia así como los establecidos por los organismos que intervienen en su determinación, toman como base un rendimiento standard variable según el grupo comercial, desde un máximo de rendimiento igual al 63% en granos enteros y 8% en partidos, para las variedades de tipo común de granos redondos, hasta los mínimos de 56 + 12 en función de las características medias de las variedades pertenecientes a los grupos semifino, fino y superfino de granos largos.²⁶

Se considera arroz entero el producto elaborado que contiene una cantidad máxima de partidos del 3%. Por encima de este límite, se aplican depreciaciones sobre el precio base fijado.

3.3.2 Hidratos de Carbono:

El almidón es el compuesto que se encuentra en mayor cantidad en el arroz, el 90% aproximadamente del peso seco del arroz pulido. La amilosa, fracción de cadena simple del almidón, se encuentra en el arroz pulido en cantidad muy variable, entre el 15 y 30% del peso seco. La amilopectina, de cadena ramificada, está presente en mayor proporción y constituye el único compuesto amiláceo del arroz glutinoso. Las hemicelulosas (pentosanas, xilosa, arabinosa) son hidratos de carbono presentes en el arroz, fundamentalmente, en

²⁶ Ibidem.

las capas celulares periféricas del grano. Después del pulido se encuentran principalmente en la cascarilla y en el salvado.²⁷

Otros hidratos de carbono presentes en el arroz son: celulosa y lignina. el 85-90% del total de ambas se encuentra en la cascarilla y del 5-10% en el pericarpio y germen. El arroz pulido contiene aproximadamente de 88-90% de almidón, de 0.3-0.6% de pentosas, de 0.2-0.6% de azúcares libres y de 0.2-0.5% de celulosa y lignina.²⁸ La pequeña cantidad de azúcares libres presentes en el arroz pulido está representada por rafinosa, glucosa y fructuosa.

Las proteínas son polímeros de aminoácidos unidos por enlaces peptídicos. El contenido en el arroz pulido oscila entre 5 y 12% con una variabilidad dentro de una misma variedad, de hasta 6 puntos porcentuales.

3.3.3 Arroz Integral o Moreno

Conocido también como arroz "cargo", es aquel cuyos granos están desprovistos de la cascarilla.

Las normas de la CEE en las disposiciones sobre las características cualitativas standard del arroz integral establecen:

- a) El producto debe presentarse en buen estado físico y comercial.
- b) El contenido de humedad no debe superar el 15%

²⁷ Ong, M H. and Blanshard, J. M., "Texture determinants in cooked, parboiled rice". *Physicochemical properties and leaching behaviour of rice*; Nottingham, Sutton Bonington Campus, 1995.

²⁸ Ibidem

- c) El porcentaje de defectos debe ser inferior al 7% del peso total del producto, del cual únicamente se acepta:
- Granos partidos: 3%
 - Granos verdes o que presenten deformidades naturales: 3%
- d) Porcentaje tolerado de sustancias minerales o vegetales, no comestibles, siempre y cuando no sean tóxicas: 0.01%
- e) Porcentaje tolerado de granos extraños o partes de granos extraños, comestibles: 0.10%²⁹

El arroz integral se prepara quitándole la corteza por frotamiento en molinos de piedras. Es recomendable en una dieta balanceada por su alto contenido de vitamina C y diversos factores de vitamina B.

La técnica de separación es semejante a la recomendada por el Instituto Nacional de la Nutrición de Buenos Aires para la industria del trigo integral o "decorticado" del que se anula el pericarpio y el tegumento externo, conservando íntegra la capa de aleurona, el núcleo amiláceo y el germen, protegidos por el tegumento interno o capa hialina que permanece en su sitio.³⁰

El arroz moreno es más rico en grasa que el arroz pulido y que el arroz inflado y contiene más tiamina y más caroteno que el arroz pulido, pero cuando se usa como alimento predominante es indispensable enriquecerlo con vitaminas y minerales para evitar que se presenten enfermedades, debido a la carencia de vitaminas esenciales y complementarias en la alimentación. Su contenido proteico oscila entre 7 y el 12%, pudiendo variar entre 6-7 puntos este porcentaje, según las condiciones ambientales del cultivo.³¹

²⁹ Ong, M. H., and Blanshard, J. M. V.: "Texture determinants in cooked, parboiled rice": Rice starch amylose and the fine structure of amylopectin; Univ. of Nottingham 1995

³⁰ Ibidem

³¹ Ibidem.

3.3.4 Compuestos Nitrogenados

El contenido de proteínas en el arroz pelado y en el pulido es el segundo en importancia después de los hidratos de carbono, los cuales alcanzan entre el 6 y el 14% del peso seco en término medio, general aproximado. La distribución del contenido proteico en las diversas fracciones de la cariósida es del 4% en el cilindro, 14% en el salvado, 6% en el germen y 83% en el endospermo.³²

Las proteínas se encuentran presentes en el arroz en sus múltiples fracciones aminoácidas determinadas mediante análisis cromatográfico. Se clasifican en grupos: hidrosolubles, en el agua (albúmina) o en solución salina (globulina); en alcohol (prolamina) y no solubles en los solventes mencionados, sino en ácidos o en álcalis (glutelina).³³

Mediante técnicas de selección es factible la obtención de variedades con alto contenido de lisina y bajo ácido glutámico, al ser el primero uno de los aminoácidos esenciales de la nutrición humana. Los subproductos en la elaboración del arroz tienen generalmente, un mayor contenido de lisina y menor de ácido glutámico que el arroz pulido; el primer aminoácido se encuentra concentrado en las capas de aleurona y en el germen. La glutelina u oryzenia constituye la mayor parte de las proteínas del arroz pelado y pulido; la albúmina y la globulina se encuentran en las capas celulares exteriores. La glutelina se sintetiza en mayor medida que las otras proteínas, durante las fases de la maduración, acumulándose en mayor proporción en el endospermo.³⁴

³² Strandt, T., et. al: *Determination of the qualitative properties of parboiled rice and the effect of parboiling process*; Germany, 1995.

³³ Ibidem.

³⁴ Ibidem.

3.3.5 Lípidos:

Las grasas en el arroz pelado representan aproximadamente, el 2% del peso seco; se encuentran en mayor proporción en el germen, pericarpio y capas de aleurona en un 80% aproximadamente, casi un tercio se extrae del germen.³⁵

Los ácidos grasos fundamentales de las grasas saponificables presentes en el arroz son: los ácidos oleico, linoleico y palmítico. Los productos no saponificables están constituidos en un 40% aproximadamente por esteroides, un 25% de alcoholes superiores y un 20% por ésteres del ácido ferúlico.³⁶

La fracción fosfolípida varía del 3 al 12% del total de las grasas presentes en el arroz. La isolecitina, constituyente normal del endospermo del arroz está asociada con la amilosa. Los ácidos grasos libres y los mono o diglicéridos están representados por los tres principales: palmítico, oleico y linoleico. La presencia elevada de estos ácidos libres y de otros metabolitos determina el olor y sabor rancio en el arroz.³⁷

3.3.6 Minerales

El contenido de minerales en el arroz varía notablemente, ya sea por causas intrínsecas como la composición de los constituyentes del suelo de cultivo o por causas externas como puede ser el método analítico empleado por los investigadores. Excluyendo la cascarilla, el 60% de las cenizas se encuentra en las capas externas del pericarpio y la capa aleurónica, el 30% en el

³⁵ Jamuna, Prakash, Ramanathan, G.; Effect of stabilisation treatment of rice bran on nutritional quality of protein concentrates; Mysore, India, 1995

³⁶ Ibidem.

³⁷ Ibidem.

endospermo y el 10% en el germen. El fósforo, el hierro y el potasio tienen una distribución similar a la de las cenizas, lo mismo que el magnesio y el silicio.³⁸

Los constituyentes inorgánicos presentes en el arroz ordenados según la proporción en que se encuentran son: fósforo, potasio, magnesio, silicio, calcio, cloro, sodio, hierro, zinc, magnesio y aluminio. Después de la elaboración del arroz pelado en blanco de segundo grado, junto con la pérdida de aproximadamente el 10% de los compuestos proteicos y del 85% de los lípidos, se verifica una disminución del 75% de la fibra bruta, del 60% del fósforo, 70% del potasio y 70% del silicio. Naturalmente, una elaboración más intensa del arroz producirá pérdidas mayores.

3.3.7 Proteínas

El arroz descascarillado de la misma planta pero de panículas diferentes, puede variar su contenido protéico en un 10% o incluso más; aumenta particularmente cuando la fertilización nitrogenada es elevada. Los granos de una misma panícula tienen diferencias de contenido proteico de aproximadamente el 5%. Los granos situados en los racimos altos o intermedios tienden a un contenido menor que el de los situados en la base de la panícula.³⁹

El contenido proteico del arroz depende de la densidad de vegetación del abono nitrogenado, y de la intensidad de las radiaciones solares durante el desarrollo de los granos.

³⁸ Ibidem.

³⁹ Luz, MLGS, Treptow, RO; Evaluation of parboiled rice submitted to several conditions of complementary drying; Univ. Fed. de Pelotas, R.S., Brazil 1994.

3.3.8 Arroz Inflado

El arroz inflado se emplea como cereal y se prepara industrialmente en forma semejante a la del maíz y trigo inflado, pero es probable que las proteínas del arroz que se somete a la acción del calor seco sufran el mismo deterioro que las proteínas del trigo inflado.

3.3.9 Harina de Arroz

La harina de arroz tiene un valor nutritivo semejante al de la harina de maíz y de trigo. No se emplea para fabricar pan, debido a su pobreza en gluten, pero se usa para dietas especiales de lactantes y de enfermos con alergia a la harina de trigo.

Las harinas que se obtienen durante el descascarado, se mezclan frecuentemente con el salvado de blanqueadora o afrecho, aunque tengan características físico-químicas bastante diferentes de éste, según se obtengan de un descascarillado realizado con el quipo de rodillos de goma o con el de discos. Estos últimos actúan duramente sobre los granos de arroz; de hecho con los primeros equipos se obtiene un 0.5% de harinas, en término medio, en tanto que con los segundos se alcanzan valores próximos del 2-2.5% del arroz con cáscara. Los rodillos no provocan rotura ni dañan el pericarpio, aunque ocasionalmente quiten el germen de parte de los granos; por lo tanto, no sólo es cuestión de cantidad de harinas sino principalmente, de su composición.⁴⁰

Junto con la temperatura, el exceso de humedad es causa de deterioro de las harinas. Las enzimas contenidas en los tejidos celulares del embrión y del

⁴⁰ Luz. MLGS. Treptov. RO.: Parboiled and milled rice preference-consumption evaluation; Univ. Fed. de Pelotas, Brazil, 1994.

pericarpio se liberan a causa de la ruptura de las células, consecuencia del proceso; por oxigenación de los lípidos bajo la acción de las lipasas, también por la posible sucesiva alteración de los compuestos proteicos.⁴¹

Además cuando la humedad es elevada, se manifiesta un notable desarrollo de la microflora con producción de micotoxinas y aflatoxinas bastante perjudiciales y a veces letales, si se usan en la alimentación.

Para la conservación de las harinas y para evitar que se produzcan tales fenómenos sería necesario mantener una temperatura ambiental de almacenamiento de aproximadamente 10°C, con un contenido hídrico de las harinas del 10-12%.

En opinión de varios investigadores, las harinas de la elaboración del arroz se encuentran generalmente infrautilizadas, por la cantidad y calidad de los nutrientes que contienen. En los países de elevada tecnología las harinas se utilizan en la alimentación animal; el salvado se destina en particular, para la alimentación de rumiantes, peces y aves, lo mismo que el cilindro y otros subproductos.

El valor nutritivo de estos subproductos se basa normalmente en el contenido porcentual de proteínas y lípidos, expresado como la suma de ambos; mientras que el contenido del salvado se sitúa entre los valores 24 y 30, el cilindro oscila entre 18 y 25. En EE. UU. se garantiza, por el contrario, un contenido mínimo de proteínas y grasas y un valor máximo de fibra bruta y cenizas.⁴²

⁴¹ Ibidem.

⁴² Ibidem.

3.3.10 Cascarilla de Arroz

Durante la trilla, las **brácteas florales** que forman parte de la flor de los cereales y recubren en la maduración las cariósides, en algunas especies se separan y caen, como sucede con el trigo o el maíz; en otras, permanecen adheridas y estrechamente unidas al grano, como en la cebada o en el arroz. Separados de la cariósida, estos órganos toman el nombre de cascarilla. El peso de la cascarilla representa aproximadamente una quinta parte del peso total del grano. En realidad varía entre 16 y 26%. La variabilidad está correlacionada con la variedad, en primer lugar, pero también depende del grado de maduración del grano en el momento de la recolección.⁴³

Cuando la maduración es incompleta e imperfecta, el peso porcentual de la cascarilla es superior. Las condiciones climáticas y las prácticas de cultivo también son causa de variaciones.

- El color de la cascarilla es, según la variedad del arroz de la que procede, amarillo pajizo o ligeramente rojo-cobrizo o púrpura oscuro. La dimensión mayor de las glumillas varía entre los 5 y 9 mm, paralelamente a las correspondientes dimensiones del grano de arroz.
- La cascarilla absorbe poco la humedad del exterior y tiende a reducir los intercambios hídricos para quedar en equilibrio con un contenido de humedad del 14-15%, cuando la humedad relativa del aire está próxima al 90%.

⁴³ Unnikrishnan, K. R., Bhattacharya K R., Changes in properties of parboiled during ageing; India, 1995.

- La dureza de la cascarilla medida en función de la resistencia relativa al rayado según la escala de Mohs, oscila entre el 6 y 6.5. Índices bastante próximos al valor de 7 de la arena. El grado de dureza se encuentra en relación estrecha con la capacidad de abrasión, capacidad bastante conocida en la cascarilla por las dificultades que se derivan de su transporte por vía neumática a consecuencia del desgaste de los materiales, que ocasiona.⁴⁴

Aceptando que el peso de la cascarilla supone el 20% del arroz con cáscara pulido, se está hablando de una considerable cantidad de residuo que las arroceras deben eliminar y que difícilmente pueden colocar o destruir, debido al escaso uso que de él se hace en nuestro país. Actualmente, la cascarilla se destina principalmente a la combustión y venta sucesiva de las cenizas. Otra cantidad importante de cascarilla se tritura adecuadamente y se destina -previa mezcla con otros productos- a la alimentación animal. Una pequeña cantidad es utilizada como combustible en algunas arroceras, como cama para ganado, diferentes usos agrícolas, como material de embalaje o como aislante.

La utilización racional de la cascarilla depende muy estrechamente, de las situaciones objetivas del entorno en el que se desenvuelve la arrocera; de las dimensiones de la explotación y por lo tanto, de la cantidad total disponible de subproducto; de la irregular distribución del trabajo durante el año y de la discontinuidad de su disponibilidad; de la posibilidad técnica y económica de efectuar instalaciones de transformación del subproducto para la obtención de ganancias, así como de la solución de los problemas relativos a l financiamiento y mercado en el que la arrocera -con otra muy distinta especialización comercial- se encuentre inmersa.

⁴⁴ Ibidem.

A nivel de investigación básica y aplicada, los mayores esfuerzos en las distintas partes del mundo, se han dirigido hacia el empleo en la alimentación animal, como producto principal o secundario, natural o modificado químicamente. Otras líneas de investigación se refieren a los productos que se obtienen de la fermentación de la cascarilla.

La fabricación de bloques, planchas, tejas etc., también ha sido objeto de investigación, con un interés semejante al de la extracción de furfural. A las investigaciones sobre el uso de la cascarilla como materia inerte base de fertilizantes e insecticidas hay que añadir las relativas a la química de la extracción de los compuestos, obtenidos de ella, a las aplicaciones metalúrgicas y de filtración, a los refractarios y a los abresivos.

La cascarilla como tal, o por sus derivados puede ser utilizada conforme se señala en la tabla No. 2.

TABLA N°. 2

Utilización De La Cascarilla

1. Abrasivos	17. Alimento para el ganado
2. Materiales absorbentes	18. Materiales para cultivos hidropónicos
3. En la industria cerámica	19. Materiales para nidos en avicultura
4. En la industria del acero	20. Fertilizantes
5. En la industria del vidrio	21. Correctores del suelo
6. Materiales refractarios	22. Protectores
7. Materiales de construcción	23. Aditivo para jabones
8. Material de relleno	24. Pigmentos
9. Aditivos industriales	25. Extracción del furfural
10. Materiales de aislamientos	26. Fuente de carbón activado
11. Materiales de embalaje	27. Fuente de silicio
12. Embalajes para transporte	28. Producción de silicato de sodio
13. Filtros para aguas y combustibles	29. Producción de silicato de calcio
14. Combustible	30. Producción de tetracloruro de silicio
15. Pulpas de celulosa	31. Producción de carburo de silicio
16. Cama para el ganado	32. Producción de alcohol y otros destilados

Fuente: Organization of the United Nations, FAO, Statistics No. 57, Vol. 39, 1985.

Las posibles aplicaciones de la cascarilla o de sus derivados son ciertamente numerosas, pero en la práctica existen grandes dificultades para que las arroceras mismas puedan desarrollar las actividades correspondientes. La dificultad de la disponibilidad de cascarilla a consecuencia de la variabilidad en los ritmos de producción, los costos derivados y los aspectos de gestión y técnicos, así como los de competencia de otros productos similares, limitan las posibilidades prácticas.

3.3.11 Utilizaciones Industriales

Combustible.- La primera idea sobre el empleo práctico de la cascarilla no puede haber sido otra sino la de producir energía, quemando en la misma arrocera el embarazoso residuo del procesamiento. La energía obtenida se emplea principalmente, para producir vapor (de 2.5 a 3 kg de vapor por cada kg. de cascarilla), utilizado para usos energéticos u otros fines. De hecho los usos actuales se refieren a la producción de aire caliente para calefacción o secado del arroz con cáscara: más generalizado es sin embargo, el empleo del vapor para los procesos de sancochado del arroz y para las máquinas de vapor que hacen funcionar las instalaciones de la arrocera.

La cascarilla tiene la ventaja respecto a otros combustibles, de arder sin producir contaminantes, por la ausencia casi absoluta de azufre. La utilización de la cascarilla como fuente de calor permite obtener energía -mediante instalaciones adecuadas- al mismo tiempo disponer de sílice bastante pura. La mayor pureza es consecuencia de las mejores condiciones de combustión, en flujo de aire forzado, que se pueden conseguir. La cascarilla también se puede comprimir para formar conglomerados, en forma de ladrillo, mediante el equipo necesario y los adecuados adherentes -combustibles o comburentes- y se puede comercializar por las mismas explotaciones arroceras, en paralelo, con materiales similares como combustible de chimeneas.⁴⁵

Destilación.- Con la destilación seca -o carbonización de la cascarilla en ausencia de aire- se produce, junto con un carbón finamente dividido y ligero llamado negro de humo, una serie de sustancias gaseosas y un destilado acuoso-alquitranado. De este producto se puede obtener ácido acético, metano,

⁴⁵ Pillaiyar, P., et al: **Quality changes in HTST processing of rice parboiling**; Tamil Nadu, India. 1994.

acetona, metil-etilcetona y alquitrán. El carbón, decolorado, se puede utilizar en la industria del azúcar.⁴⁶

Furfural.- Tratando la cascarilla bajo presión con ácido sulfúrico se produce la hidrólisis de las pentosanas en pentosa y después en aldehído furílico o furfural. El furfural se utiliza como disolvente, decolorante o en la fabricación de adherentes y resinas.⁴⁷

Aislantes.- La conductividad térmica de la cascarilla de arroz es algo menor que la del amianto y ligeramente superior a la de la fibra de vidrio. Esta característica permite construir paneles aislantes similares en su presentación a los de fibra de vidrio.

Materiales de Construcción.- La cascarilla puede formar parte de conglomerados para la producción de bloques, ladrillos, tejas, baldosas y paneles ligeros cuyas principales características positivas son: bajo peso, porosidad, poder ignífugo e hidrófugo, elasticidad y poder aislante antiaústico y térmico.

Pulpa y Papel de Celulosa.- La celulosa, el compuesto más importante como materia prima del papel y de cualquier otro producto celulósico, se encuentra en la cascarilla en menor proporción que en la madera.

Filtros de Cascarilla.- En Estados Unidos la cascarilla se utiliza ampliamente en la extracción de zumos de frutas, excepto en los cítricos. La cascarilla se mezcla en proporción de 1% en relación con el peso de la fruta y se prensa. La cascarilla en este caso, no sirve como filtro sino para facilitar la

⁴⁶ Ibidem.

⁴⁷ Ibidem.

extracción: para reducir los tiempos de extracción, para aumentar los rendimientos y mejorar el secado de las pulpas.

Abrasivos.- La cascarilla se utiliza por su capacidad abrasiva para dar brillo a los metales: hierro, aluminio, bronce y cobre en sustitución de la arena; comparativamente, realiza una acción más suave. También es empleada en el pulido de los mármoles y piedras preciosas.

Aditivos.- La cascarilla finamente molida se utiliza como aditivo en la fabricación del linóleo, en los productos para calafatear, en las pinturas antideslizantes o en los revestimientos y también en las suelas de calzado y los neumáticos.

Soporte y Absorbente.- El polvo de cascarilla puede servir como soporte o producto absorbente en una amplia gama de productos: desde vitaminas y antibióticos hasta pesticidas y explosivos. Frecuentemente, la cascarilla se utiliza como complemento de los alimentos para el ganado por los minerales que aporta. La cascarilla sin moler puede ser utilizada como materia inerte de insecticidas, líquidos o en polvos, para su empleo en lamacenes de cereales.⁴⁸

3.3.12 Usos Agrícolas

Desde el punto de vista de las aplicaciones agrícolas, la cascarilla puede encontrar múltiples y prácticos empleos, aunque algunos sean desconocidos y por lo mismo muy poco utilizados. Se puede usar desde poco triturada hasta finamente molida imperceptible al tacto. También se puede prensar formando gránulos. Actualmente se emplea poco con motivo de la modernización de los piensos.

⁴⁸ Ibidem.

Piensos.- Uno de los empleos más antiguos de la cascarilla consiste en servir de aditivo a los alimentos para el ganado; se mezcla con los piensos mejores o excesivamente ricos, particularmente proteicos, destinados para la alimentación de los ruminantes, aves y conejos también para el ganado caballar, mular, porcino y gatos.⁴⁹

La digestibilidad y el valor nutritivo de la cascarilla son bastante escasos, por lo que se debe dosificar cuidadosamente la cantidad en la mezcla para piensos, según su destino. A los rumiantes les puede causar molestias y lesiones en las vías respiratorias, en el esófago, en la panza y otros órganos de la digestión.⁵⁰

Cama para el ganado.- En la estabulación intensiva no se utiliza frecuentemente la paja como cama para el ganado. La salud de los animales en este caso, se puede salvaguardar mejor, sin renunciar a los beneficios derivados de la paja, mediante el empleo de la cascarilla. Esta cama no obstruye y no impide la evacuación rápida, a través de los emparrillados de todos los residuos que hay que eliminar.⁵¹

La cría de cualquier animal, incluso en laboratorio, se puede facilitar con el empleo de cascarilla tratada con formulados y aditivos, que mejoran sus características, como absorbente, insecticidas y reactivos.

⁴⁹ Ibidem.

⁵⁰ Ibidem.

⁵¹ Ibidem.

3.3.13 Los Medianos y su Empleo

Los medianos de arroz forman parte de los subproductos derivados de su elaboración. Como quiera que estas fracciones se separen del arroz entero durante las operaciones de calibrado, la composición porcentual de los diferentes elementos o compuestos químicos que contiene no puede ser muy diferente de la del producto base del que se deriva; en estas condiciones los valores se corresponderán con los del arroz elaborado.

La utilización de los medianos es muy variada porque son muchas sus características en relación con los tratamientos a los que pueden haber sido expuestos. Por su elevado contenido en azúcares los medianos de tamaños medio se emplean en la fabricación de la cerveza. Mediante procesos análogos de fermentación, con el empleo de las levaduras y hongos, también se pueden utilizar para la obtención de bebidas alcohólicas. La cerveza de arroz asiática "Badek" y "Arak tapali" se obtiene mediante la trituración y cocción de los medianos y posterior fermentación, durante un breve periodo de tiempo, con levaduras chinas. Semejante es el "Sakurada", cerveza japonesa que contiene entre el 5 y 6% de alcohol.⁵²

Bastante laboriosa es la fabricación del "Sake" japonés y del "Berem" malayo, bebidas con un contenido alcohólico variable entre el 12 y 18%. Un mayor grado alcohólico tiene el "Chum-Chum" vietnamita y el "Samsú" malayo. Mediante el empleo de levaduras del género *Sacharomyces* se puede producir y destilar alcohol a partir del arroz, al igual que se obtiene de otros productos que contengan azúcares. Anteriormente, se obtenía de los medianos de arroz, acetona y alcohol butílico, por fermentación con el *Clostridium acetobutylicum*. Mediante la maceración de los medianos triturados, en solución de sosa que solubiliza las sustancias proteicas, se obtiene almidón que se conserva, después

⁵² Tinarelli, Antonio Op. Cit.

de secado, normalmente en moldes. Los residuos proteicos de la fabricación del almidón pueden formar parte de las dietas alimenticias para la cría animal. Las aplicaciones industriales del almidón son muy variadas: colas, dextrinas, films y cosméticos.

3.3.14 Salvado de Arroz

El salvado de arroz está formado principalmente, por las envolturas del arroz. La pulidura contiene una parte de las capas externas del edospermo, es rica en celulosa, proteínas y almidón. Estos subproductos se emplean como alimento del ganado y solamente en casos de excepción se usa en la pulidora del arroz para enriquecer algunos alimentos que consumen las personas.⁵³

Las vainas del arroz, las cuales comprenden alrededor de un 25% del peso del arroz con cáscara, están compuestas principalmente de celulosa, lignina y ceniza silíceas y tiene usos industriales pero no alimenticios.

Por otro lado el germen y el salvado de arroz son ricos en proteínas, lípidos, vitaminas y micro elementos minerales. Estas cualidades conducen a una alta demanda de estos productos como alimento para animales, y son utilizados extensivamente, aunque no exhaustivamente, para este propósito en todo el mundo. Frecuentemente, estos productos también son utilizados como combustible o fertilizante.

La cantidad de salvado y de germen disponible de las operaciones de molido de arroz en todo el mundo está estimada en el orden de 30 millones de toneladas métricas (MTM) representando cada una, aproximadamente 4.5 MTM

⁵³ Ong, M. H. The significance of starch polymorphism in commercially produced parboiled rice; Univ. of Nottingham, Loughborough. 1995.

de proteína y aceite. Aún así, a excepción de limitados casos como en Japón, ni la fibra ni el germen ni sus nutrimentos asociados son consumidos como alimentos. Paradójicamente las deficiencias nutricionales tienden a estar concentradas en áreas en donde el arroz es consumido en gran escala. Estos nutrimentos presentes en el salvado y en el germen ayudarían a aliviar las deficiencias nutricionales si se pudieran encontrar los medios para consumirlos en los alimentos, pero con raras excepciones el salvado es consumido como alimento. Esto se debe a su alto contenido de fibra y a la posible contaminación de vaina y al rápido desarrollo de ranciedad y de ácidos libres de grasa.⁵⁴

Las propiedades del salvado de arroz y los obstáculos para su utilización como alimento son muy discutidos. Las tecnologías desarrolladas para superar estos obstáculos son descritas en varios niveles de detalle con el objeto de apoyar el potencial del salvado y del germen para su aplicación directa en alimentos.⁵⁵

En el caso del salvado precocido, el arroz crudo es remojado y pasado por vapor antes de ser secado para su posterior molienda. Primero es removida la cubierta, seguido por la separación del salvado de su conversión en arroz blanco y salvado precocido. Los procesos de vapor y remojo actualmente endurecen el centro de tal forma, que el rompimiento del endospermo ocurre durante la molinada. Como consecuencia el salvado de arroz precocido contiene substancialmente menos almidón que el salvado de arroz el cual no está precocido. Debido a este nivel bajo de almidón, el salvado precocido muestra un incremento porcentual en todos los otros nutrimentos. En la tabla No. 3 se puede observar la composición aproximada y el contenido calorico del salvado estabilizado y el precocido.

⁵⁴ Ibidem.

⁵⁵ Ibidem.

TABLA N°. 3

Composición Y Contenido Calórico De Salvado Estabilizado Y Precocido

	Mezcla %	Proteína %	Grasa %	Fibra Cruda %	Ceniza %	Calorías %
Salvado de arroz	8-12	12-16	16-22	8-12	7-10	90-100
Salvado de arroz parboilizado (sin carbonato de calcio)	7-9	17-20	23-32	12-15	8-10	100
Salvado de arroz parboilizado (con carbonato de calcio)	7-9	14-18	23-27	10-13	10-13	100

Fuente: American Association of Cereal Chemistry. Canadá. 1989.

El arroz con cáscara es desvainado para obtener el arroz café o no pulimentado, el cual es subsencuentemente molido con abrasivos para separar la delgada y altamente nutritiva capa de salvado y extraer el germen. La combinación de estos dos componentes da origen al salvado básico del arroz.

El salvado fresco del arroz molido se deteriora rápidamente debido a la actividad de la enzima presente en forma natural la cual descompone los lípidos. Sin embargo hay procesos donde el producto se toma directamente del molino de arroz y se trata térmicamente por técnicas de extrusión por un periodo muy corto. Este tratamiento destruye la enzima responsable del deterioro de los lípidos, mejorando el sabor del salvado y alargando su vida de anaquel. También mediante un cuidadoso control del expulsor, el salvado de arroz es

texturizado en una forma granular para facilitar el manejo y obtener una apariencia agradable.⁵⁶

Los blanqueadores o removedores de salvado y germen del arroz café son de dos tipos: De roce, el cual es como un molido de cono y de fricción como un pulidor. El rendimiento y composición del salvado obtenido del molido sencillo o molido múltiple varía, conforme al grado de molido practicado.⁵⁷

En general el rendimiento final del arroz teóricamente es de un 25% de cáscara, 65% de arroz blanco y un 10% de salvado, el cual incluye germen y grasa. Sin embargo, el grado de molienda (o del monto de salvado removido del arroz café) varía considerablemente, como se observa en la tabla No. 4. En consecuencia, tanto el rendimiento del germen en el salvado así como la composición de la fibra varían.

TABLA N°. 4

Rendimiento De Salvado En Diferentes Países

País	% Removido de Salvado
India	4-6
Indonesia	4
Japón	7-9
españa	8
U.S.A.	8-10

Fuente: Journal of the Science of Food and Agriculture. EE. UU. 1993.

⁵⁶ Ibidem.

⁵⁷ Houston, D.F.: Rice-Chemistry and Technology; St. Paul, M.N.; American Association of Cereal Chemistry, 1972.

Un bajo grado de molienda es practicado usualmente por razones económicas. El resultado es menos salvado removido, con un bajo valor en el mercado, lo que significa más arroz con un alto valor en el mercado. Un alto grado de molienda tiende a ser practicado en donde el arroz es dirigido a la exportación o a canales de mercado en los cuales hay requerimientos por la considerable vida de anaquel.⁵⁸

Un arroz con un bajo grado de molienda es menos estable que un arroz bien molido. Esto es debido a los residuos de salvado restantes en el disco.

3.3.15 Proteínas del Salvado

La proteína del salvado de arroz tiene un valor nutricional relativamente alto. Los rangos de distribución de proteína del recipiente descascarador son aproximadamente de:

Salvado (incluyendo germen y grasa): 17-30%
Arroz molido: 70-83%

Esta distribución varía en proporción directa al grado de molienda.

La distribución de fracciones de proteína soluble en salvado es de: 37% de albúmina, 36% de globulina, 5% de prolamina y 22% de gluteína. También se reportan valores de 40% de albúmina, 21% de globulina, 3% de prolamina y 36% de glutelina. La principal proteína soluble en salvado ha sido descrita como citocromo. Los principales aminoácidos libres son: ácido glutámico, alanina y serina. El salvado de arroz contiene numerosas enzimas, algunas de las cuales vienen a ser, por lo menos en parte de origen microbiano.⁵⁹

⁵⁸ Ibidem.

⁵⁹ Ibidem.

La enzima lipasa es el factor responsable de la no utilización del salvado de arroz como materia prima. El contenido de proteína es influido por la variedad, medio ambiente y fertilización de nitrógeno. La ingestibilidad de proteína en el salvado de arroz es de 73%, sin embargo en extractos concentrados la ingestibilidad de proteína fue mayor al 90%.⁶⁰

3.3.16 Carbohidratos

Los principales carbohidratos en salvado comercial son celulosas, hemicelulosas y almidón. El almidón no está botánicamente presente en capas exteriores del pericarpio, pero debido al rompimiento del endospermo durante la molienda, este aparece en el salvado. La cantidad varía de acuerdo al grado de rompimiento y de molienda.

Los componentes amilosa y amilopectina en el almidón dependen de la variedad del arroz. En general el contenido de amilosa es casi nulo en variedades cerosas (dulces) sin embargo se han reportado valores tan altos como 5,7% de 10-20% en variedades de granos chicos a medianos y 20-33% en variedades de granos grandes.⁶¹

Las hemicelulosas solubles en agua tienen una arabinosa y contienen galactosa y proteína. Las paredes de celulosa de salvado contienen hexosanós (27-28%), pentosanós (30-34%), proteínas 8-9) y ácido uránico polisacárido (5-6%). Los azúcares presentes en estos polisacáridos son arabinosa (27-31%), xilosa (26-29%), glucosa (30-36%), galactosa (6-9%) y manosa (2%).⁶²

⁶⁰ Ibidem.

⁶¹ Redy, H.G.R.: "Rice bran stabilization"; Unido Ad-Hoc Expert Group Meeting; Viena Report ID/EG. 240-3, 1976.

⁶² Ibidem.

Se ha reportado celulosa en salvado en un rango de 9.6 a 12.8% y está concentrado en el cimientó del pericarpio. La lignina contenida en el salvado varía de 7.7-13.1%. Los azúcares libres en el salvado de arroz están concentrados en las capas de aleurona y se reportan en un rango de 3.5%. También se ha encontrado glucosa, fructuosa, sucrosa y rafinosa.⁶³

3.3.17 Lípidos

El salvado normalmente contiene del 20 al 23% de aceite; sin embargo, los valores pueden exceder del 23% en un grado bajo de molienda. Los tres principales ácidos grasos, palmítico, oleico y linoleico componen aproximadamente el 90% del total de los ácidos grasos del salvado de arroz.

El aceite de salvado de arroz se asemeja en composición al del maíz, semilla de algodón y aceite de cacahuete. Los lípidos en el salvado son clasificados dentro de los grupos de glicerolípidos, esterol y espingolípidos. Los glicerolípidos comprenden glicéridos (89%), glucolípidos (8%) y fosfolípidos (2%).⁶⁴

Los glicolípidos incluyen predominantemente mono y diglicosildiglicerides, los azúcares de los cuales son galactosa y glucosa. El colesterol se ha identificado en los lípidos del arroz. El aceite del salvado de arroz contiene del 2 al 5% de cera. Los principales ácidos cerosos son behénico, cerótico, isocerótico y lignocérico. Los lípidos en fibra molida son rápidamente hidrolizados por la acción de lipasas. En la Tabla 5 se pueden observar los principales ácidos grasos del aceite de salvado.

⁶³ Ibidem.

⁶⁴ Ibidem.

TABLA N°. 5

Principales Ácidos Grasos De Aceite De Salvado De Arroz

Acidos Grasos	%
<i>Mirístico</i>	tr
<i>Palmítico</i>	16
<i>Estearico</i>	2
<i>Oleico</i>	42
<i>Linoleico</i>	38
<i>Linolénico</i>	1.4
<i>Araquídico</i>	0.6

Fuente: University of Nottingham, Loughborough LE12. 1991.

3.3.18 Vitaminas

La variación en el contenido de vitaminas indudablemente refleja una metodología analítica la que básicamente depende de: la variedad de arroz, grado de molienda y contaminación de cáscara. Sin embargo está claro que todas las vitaminas están concentradas en las capas exteriores, principalmente en la capa aleurona y escutelum.⁶⁵

En esta proporción, el residuo del proceso del pulido del salvado contiene el 78% de la tiamina de la semilla de arroz, 47% de la riboflavina y el 67% de la niacina.

En la molienda de arroz resultante para consumo humano se pierde un 76% de tiamina, 57% de riboflavina y 63% de niacina. pérdidas similares

⁶⁵ Parakash, J.: Effect of stabilisation treatment of rice bran on functional properties of vitamin concentrates; Mysore, India.

ocurren en todas las otras vitaminas debido a su concentración en salvado y germen. La vitamina B6 provista por el salvado de arroz no es aprovechable por el ser humano. Esto se debe a que el salvado tiene efectos adversos en la absorción de vitamina B6 en comparación con otros alimentos.⁶⁶

3.3.19 Minerales

Los minerales están concentrados en las capas de salvado. La fracción de aceite de germen de salvado contiene aproximadamente tres veces el mineral contenido en el arroz blanco molido. El fósforo es el principal mineral y cerca del 90% es fósforo de potasio.

La concentración de mineral varía con el grado de molienda, algunos elementos como magnesio, fósforo y potasio se incrementan inicialmente, después decrecen con los grados de molienda, otros como el calcio y hierro muestran un agudo detrimento.⁶⁷

La composición de minerales también varía con el medio ambiente. Con la molienda se reducirá el consumo de la mayoría de los minerales del arroz.

3.3 TECNOLOGÍA.

3.4.1 Fraccionamiento del Arroz

Numerosos estudios han coincidido en que la conversión del salvado de arroz en subfracciones puede contener más de los nutrientes deseables y menos de los componentes indeseables. Las proteínas se han usado generalmente como un índice de enriquecimiento positivo, al que en algunos casos se le ha

⁶⁶ Ibidem
⁶⁷ Ibidem

identificado como "proteínas concentradas" siendo aplicadas a algunas subfracciones del salvado.

El salvado ha sido generalmente considerado como un subproducto de componentes indeseables, sin embargo esta idea ha sido modificada en años recientes gracias al salvado dietético. Ya que los procesos de fraccionamiento incluyen una mollienda en seco de arroz moreno crudo o precocido, una clasificación de aire de salvado de arroz y la extracción acuosa de salvado a un pH alcalino seguido por la recuperación de fracciones, siendo diferentes en su solubilidad a propiedades de emulsificación.⁶⁸

3.4.2 Fraccionamiento en Seco

El separo individual del salvado de diferentes abrasivos o blanqueadores, encontrados en algunas operaciones de mollienda, pueden proveer fracciones de salvado de diferente composición, a excepción del arroz pulido, el cual es algunas veces recolectado por separado.

El separado del salvado vía clasificación por tamaño de partícula no ha sido particularmente exitoso. A través de una mollienda y una clasificación por aire, se convirtió en salvado de arroz defectuoso con contenidos originales de proteína y salvado de 19.4% y 8.2% respectivamente, a fracciones con un contenido de proteína tan alto, que alcanzó un 23.5% y salvado tan bajo, que llegó al 1.9% en un rendimiento del 50%.⁶⁹

⁶⁸ Ibidem.

⁶⁹ Nguyen J. H.: *Fissure related to postdrying temperature in rough rice*; Cereal Chem. 1984.

Desafortunadamente el contenido de ceniza de las subfracciones de proteína enriquecida es probablemente muy alto para aplicaciones directas como alimento.

3.4.3 Fraccionamiento Húmedo

Al triturar el salvado de arroz con germen en agua usando discos de rotación o molinos coloidales, seguido por una clasificación por tamaños de partículas usando mallas o hidrociclones, se obtienen tres fracciones: 1) fracción alta en fibra; 2) fracción baja en fibra; y 3) un concentrado acuoso de vitaminas y minerales. Desafortunadamente en este proceso interfieren altos costos de secado.⁷⁰

Proteínas concentradas de varias composiciones han sido preparadas a partir de salvado de arroz (grasa incluida) mediante una técnica de extracción alcalina similar a los procesos de preparación de proteínas aisladas de granos de soya.

Para proteger la mezcla acuosa alcalina y remover material (fibra), se provee una fase acuosa conteniendo una porción principal de proteína, lípidos y almidón del salvado original. Un concentrado de proteínas, lípidos y almidón puede ser obtenido de la fase acuosa por calor o precipitación de ácidos. La remoción del almidón antes de la precipitación de proteína altera la composición. La extracción de lípidos de estos concentrados de proteína puede incrementar el nivel final de la misma.

Otro proceso para el fraccionamiento húmedo se basa en remojar el salvado en agua, seguido de la separación de las fases acuosa y líquida por centrifugación. De la fase acuosa, una mezcla de aceite y proteína es removida

⁷⁰ Jayaraman, P. Changes in storage mycoflora of parboiled rice through different stages of processing; Univ. of Madras, India. 1994.

por medios químicos; después se desgrasa para obtener proteína concentrada y aceite.⁷¹

3.4.4 Estabilización del Salvado del Arroz

La utilización del salvado de arroz como alimento está relativamente limitada por su contenido en fibra, pero su principal obstáculo es su estabilidad. Enzimas naturales y de origen microbiano son la principal causa del deterioro del salvado. Lipasas y en menor medida oxidasas, son las responsables de estos cambios deteriorativos al promover la hidrólisis del aceite del salvado formando glicerol y ácidos grasos libres.⁷²

La hidrólisis y la rancidez oxidativa están asociadas a esta deterioración. El consumidor lo comprueba por un sabor a rancio. Un proceso para evitar este problema es el llamado X-M en donde el arroz es molido con hexano.

Las enzimas en el salvado de arroz pueden ser destruidas con calor. El calentamiento debe ser realizado en el menor tiempo posible después de ser molido. De este modo se obtendrá una apreciable acumulación de ácidos grasos libres. Una efectiva estabilización inmediatamente después de la molienda, transformará el salvado de arroz en un recurso alimenticio de gran impacto en el mundo.

⁷¹ Ibidem.

⁷² Barber, S., et. al: "Rice: Production and utilization", B.S. Lah. De. AVI Publishing, Co. Wesport, Conn. 1980.

3.3.5 Proceso de Estabilización

Los procedimientos para estabilizar el salvado a través de tratamientos por calor incluyen retención de humedad, adición de humedad y secado, por calentamiento.

El secado por calentamiento es atractivo por su simplicidad de operación, pero su efectividad de estabilización es variable.

El cocinado por extrusión con extrusores de bajo costo, el cual se realiza por medio de electricidad, y el calor es generado a través de fricción sin vapor ni secado, parece ser más apropiado. Análisis económicos preliminares indican que el uso de semejante cocinado para estabilizar el salvado será factible.

Las principales razones para la estabilización del salvado son convertir este recurso en un proveedor de aceite comestible. El salvado producto a partir de arroz precocido es estable y no requiere un tratamiento especializado de estabilización. Todo el salvado de arroz vendido como alimento doméstico en el mercado ha sido estabilizado o es derivado de arroz precocido.

3.5 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES

3.5.1 Valor Nutritivo del Salvado de Arroz

El contenido y composición de aminoácidos de las proteínas del salvado de arroz han sido comparadas favorablemente con otros granos de cereales, pero su proteína es de digestibilidad limitada. La razón de esto no ha sido enteramente establecida, ni ha sido confirmada en estudios humanos. Sin

embargo si la digestibilidad de la proteína es baja en animales es lo mismo para los humanos.

Los índices de nutrición señalan que la digestibilidad de la proteína en productos de arroz molido es inversamente proporcional al contenido de fibra.

La relación de eficiencia protéica (PER) para salvado, germen de arroz y subfracciones del salvado enriquecidas con proteínas obtenidas por extracción alcalina, reporta altos valores del PER. Esto refleja un valor nutritivo de proteína el cual se esperaba para un aminoácido en subfracciones preparadas del salvado. Estos valores de PER son extraordinariamente altos para un material derivado de una fuente de cereal.⁷³

3.5.2 Factores Antinutritivos

Los inhibidores de enzimas en el salvado de arroz incluyen tripsina y pepsina. La inhibición de pepsina se cree es causada por la presencia de potasio en el salvado. Los inhibidores alfa-amilasa como aquellos encontrados en el trigo, están ausentes.

Otros componentes potencialmente perjudiciales en el salvado incluyen hemaglutinina, un factor antitiamina y de actividad estrógenica. El inhibidor de tripsina y actividades de hemaglutinina fueron destruidas por calor durante procesos de estabilización.

El fósforo es el mineral más abundante en el arroz. Hay controversia concerniente al ácido ftico y la disponibilidad de nutrientes. Observaciones "in

⁷³ Amarjeet, Kaur: Evaluation of nutritional quality of parboiled rice; Univ. Ludhiana, India. 1994

vitro" sugieren que el fósforo es un inhibidor de proteasa, pero para jugar un rol "in vivo" necesitaría estar en solución.⁷⁴

Se considera que el potasio previene la absorción de elementos minerales, particularmente elementos divalentes y hay numerosos estudios que confirman estas afirmaciones.

3.6.3 Usos Como Alimento

El uso del salvado de arroz como alimento se encuentra extremadamente limitado, primordialmente por los problemas asociados al deterioro del aceite y de la contaminación de la cáscara. Al aceite de arroz aunque es manufacturado en muy pocos lugares, se le encuentra uso en alimento para bebés.

El uso de salvado deteriorado también está extremadamente limitado, pero existe una pequeña variedad de usos y productos entre los que se incluyen: panes especiales; como acarreador para especies artificiales; suplemento protéico; ingrediente adhesivo para productos de carne y embutidos; materia prima para producción de proteínas vegetales hidrolizadas; cereal; excipiente en tabletas; fuente de inositol e ingredientes en adobos.

Concentrados de proteína de salvado han sido extensivamente estudiados como ingredientes en panes, pastas, bebidas y confituras. Niveles por arriba del 10% tienden a dar productos satisfactorios desde un punto de vista sensorial. Nutricionalmente, el contenido de proteína fue invariablemente aumentado. Los extractos de aceite de salvado en Japón son refinados y usados como aceite comestible. En la India la producción de aceite comestible parece variar año con año, sin disminuir de 5000 TM anuales.⁷⁵

⁷⁴ Kinsella, J. E.: Functional properties of protein in foods: A survey Critical Reviews in food Sci. EF. UU., 1976.

⁷⁵ Kratochvil, C. P.: Quality assurance in the food industry: United States, 1994.

Parece ser que el salvado de arroz precocido tiene una gran posibilidad de incrementar el contenido de fibra de pan. El salvado de arroz contiene 60% más de fibra insoluble que el salvado de avena, propiciando cualidades laxativas. Debido a las propiedades de absorción del agua en los procesos de cocinado de cereales, se pueden formular productos con un máximo de 30% de salvado de arroz contra un límite de 15% de salvado de avena. Además los costos del salvado de arroz son mucho más bajos y tienen mejor sabor y es más fácil de trabajar con él, pero no se le ha dado la publicidad necesaria.

Por generaciones las dietas de los orientales han incluido alimentos que están considerados saludables y bajos en grasas saturadas. Esto puede explicar el nivel más bajo de colesterol en la población.⁷⁶

Uno de los aspectos confusos en cuanto al poder de disminución del colesterol del salvado de arroz, es que éste es bajo en fibra soluble.

A continuación se muestran algunos factores en el salvado de arroz que pueden contribuir a disminuir la concentración de colesterol:

1. Tocotrienoles
2. Oryzanolos
3. B-sitosterol
4. Hemicelulosas
5. B-glucano
6. Aceite insaturado
7. Proteína

⁷⁶ Urbanski, AI: Food and Beverage Marketing; EE. UU., 1990.

3.5.4 Salvado de Arroz y Residuos del Proceso de Pulido

El salvado de arroz y los residuos del proceso del pulido son como ya se ha mencionado, los productos obtenidos de las capas exteriores del arroz con cáscara durante el proceso de molienda para obtener arroz blanco.

El término descriptivo para salvado sugerido por la Food and Agricultural Organization (FAO) es: "...un producto intermedio de la molienda del arroz, constituido por capas exteriores del salvado con una parte de germen". El correspondiente término para "residuo del pulido", señalado por la FAO es: "... producto intermedio de la molienda del arroz, que consiste de capas de salvado internas con parte de germen y una pequeña porción de almidón interior."⁷⁷

Diversos tipos de salvado deben ser diferenciados. La molienda usual del arroz ordinario produce el tipo más común de salvado.

El salvado de arroz pulido debería ser muy similar y no ser considerado separadamente. Después de la extracción de aceite el salvado es llamado desgrasado.

El salvado similar se obtiene mediante molienda por extracción con solvente (X-M). Finalmente la molienda de arroz precocido produce salvado precocido. El salvado comercial es una considerable mezcla de substancias. En adición a los componentes originales, ocurre un aumento variable de partículas de cáscara, hierbas y pequeñas partes de endospermo roto. El aumento de estos ingredientes puede depender un poco de variedades y diferencias culturales, pero están conjuntamente relacionadas con las condiciones y el grano

⁷⁷ Food and Agricultural Organization. *Production Year Book*. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome. FAO Statistics No. 55, Vol. 37, 1983.

de molienda. Los aceites deben mostrar menos variabilidad, excepto por aumentos de endospermo.⁷⁸

Hace algunos años el aumento de cáscara en el salvado ocasionó problemas internacionalmente. Un reporte de Holanda mencionaba que el valor nutricional de algunos salvados adulterados fue tan bajo que se dejó de importar. Considerables aumentos de salvado no son utilizados para alimentación en algunos países y sirven solo como fertilizantes o combustible.

3.5.5 Composición

Los análisis de salvado reportados varían mucho, principalmente debido a diferencias en los procesos de molienda. En general los resultados pueden ser solo considerados representativos de varias condiciones de molienda y sirven para mostrar el rango de valores observados. Los análisis generalmente se centran en el salvado comercial con su respectivo germen, aceite y cáscara. En la tabla No. 6 se muestra la composición del salvado de arroz y su aceite en base seca, dependiendo del tipo de molino.

⁷⁸ Houston, D.F., Op. Cit.

TABLA NO. 6
Composición De Salvado De Arroz Y Grasa En Base
Seca

<i>Tipo de molienda y subproducto</i>	Proteína %	Grasa %	Almidón %	NFE %	Fibra cruda %
Molino en cono					
Salvado Fino	12.94	13.81	11.83	51.75	9.28
Salvado áspero	10.03	8.81	15.90	49.17	16.35
Salvado-cáscara	9.77	6.46	18.02	45.67	20.09
Aceite	12.04	16.56	7.97	56.24	7.33
Molino de cáscara					
Salvado- cáscara fino	6.74	4.77	17.38	44.35	26.90
Salvado- cáscara áspero	4.05	8.32	17.46	39.68	35.03

Fuente: Center Food Tech. Res. Inst. Masore, India. 1991.

3.5.6 Germen de Arroz

Sólo en ocasiones especiales el germen es separado del salvado durante la operación de molienda. Este es el caso en España y Egipto, donde el germen demanda un precio interesante como alimento. Una pequeña cantidad de germen purificado encuentra especialmente uso como alimento en Japón. El geremen es rico en proteína, aceite, vitaminas y rastros de minerales.

3.5.7 Fibra de Arroz Dietética

La fibra dietética es frecuentemente definida como cualquier componente alimenticio que no es destruido por enzimas del tracto digestivo, incluyendo hemicelulosas, celulosas, sustancias pépticas, ciertos carbohidratos y lignina.

Los principales componentes de la fibra en los cuales nutriólogos y científicos de la salud están interesados son: celulosa, hemicelulosa y peptinas. Las propiedades de la fibra que contribuyen a este interés son la capacidad para absorber agua y actuar como resina de intercambio cationico. Esta última propiedad puede tener efectos indeseables, como reducir la absorción de muchos elementos minerales.

En años recientes se ha manifestado un considerable interés en los efectos de la fibra dietética en el metabolismo de lípidos. Hay evidencia que indica que la fibra puede incrementar excreción fecal de lípidos y alterar la digestión y absorción de lípidos en el intestino delgado.⁷⁹

Se ha encontrado que hemicelulosas de arroz crudo contienen significantes cantidades de ácidos biliares "in vitro". Se sugiere que estas hemicelulosas probablemente obstruyan ácidos biliares en la porción alta del intestino.⁸⁰

Desde que los ácidos biliares son requeridos para la emulsificación de grasas para la hidrólisis "in vitro" la absorción de ácidos biliares por fibra dietética

⁷⁹ Schneeman, B. O.: Effects of plant fiber on lipase, trypsin and chymotrypsin activity; J. Food Sci. 1978.

⁸⁰ Normand, F. L and Kunze, O. R.: Fissure related to postdrying temperature in rough rice; Cereal Chem. 1934.

puede decrecer la formación de micelas y con eso el límite de hidrólisis de grasas.

La fibra tiene muchos efectos benéficos en la salud como prevención de cancer, reducir el colesterol y controlar el peso, prevención de males estomacales y vasculares, aunque estos efectos dependen de la variedad de la fibra.

Los rangos listados para fibra dietética soluble y total en la tabla No. 7 son ejemplos representativos analizados por USDA

TABLA N°. 7

Rangos De Fibra Dietética Total Soluble

Tipo de Salvado	fibra dietética total %	fibra dietética Saludable %
Salvado estabilizado	20-25	1.8-2.6
Salvado precocido	31-33	2.0-2.5
Salvado estabilizado desgrasado	24-28	2.0-2.4
Salvado precocido desgrasado	44-51	2.4-2.9

Fuente: Indian Institute, Bengal, India. 1990.

3.6 CALIDAD DE ARROZ

El concepto de calidad en el arroz depende de las características del producto valoradas por el industrial que compra, vende y transforma el arroz con cáscara en apto para el consumo; no obstante, la calidad en su esencia, debería

ser definida principalmente por quienes van a consumir el producto. Los criterios conforme al concepto de calidad en el arroz son, en efecto, bastante numerosos y en algunos casos están en oposición entre sí. Indudablemente, la calidad depende también del destino que el producto va a recibir y de la forma de empleo, porque en sus diversas aplicaciones y técnicas de empleo, cierto arroz puede ser satisfactorio o no, según el destino, forma de tratamiento y cocción. Es también cierto que no se puede hablar de valor comercial sin hacer referencia a noción alguna de calidad.

Cualquier país que produzca o comercie con arroz, ha adoptado parámetros concretos y particulares cualitativos, con el fin de definir y clasificar el producto. Algunos países, aunque bastante pocos, se limitan por el contrario, a exigir simplemente que el arroz esté seco y limpio. El concepto de calidad es complejo porque es polivalente y plural. No se puede prescindir del valor que cada intermediario (desde el productor al consumidor) quiera dar a los distintos factores que pueden aumentar o disminuir, según su propio juicio e interés, el precio del producto.

La industria arrocera y también el agricultor (en relación con el máximo beneficio económico) consideran como factores importantes de calidad, los parámetros citados a continuación:

- 1) El máximo rendimiento en productos utilizables y de mayor precio, obtenibles mediante la elaboración del arroz con cáscara.
- 2) La menor presencia de defectos en el arroz blanco o en subproductos de la elaboración
- 3) El estado de conservación, y
- 4) Las características del aspecto.

Tales características están estrechamente relacionadas con la variedad, por lo que se utilizan para su clasificación en grupos comerciales. La variedad botánica con sus propias características intrínsecas transmitidas por línea hereditaria, es uno de los factores que influyen en la verificación de diferencias de carácter cualitativo.⁸¹

3.6.1 Factores que Influyen en la Calidad

Entre los factores independientes de tipo de variedad, los que influyen en las características de cocción, conservabilidad y rendimiento en granos enteros y total de arroz elaborado, es decir, las características intrínsecas de calidad, las cuales son:

- a) El grado de duración del producto: obviamente, depende del momento en que se realiza la recolección, de las condiciones climáticas que se verifican durante la maduración y de la capacidad de la variedad al madurar perfectamente la carópside.
- b) La humedad del producto antes, durante y después de su elaboración en arroz blanco.
- c) La técnica y metodología utilizada para la recolección y secado del arroz con cáscara.
- d) El envejecimiento, es decir la duración del periodo de almacenamiento en relación estrecha con las condiciones de humedad y temperatura con las que se almacena el arroz con cáscara.

⁸¹ Tearelli, A. Op. Cit.

- e) El grado de elaboración, es decir, el porcentaje de harinas (salvado y cilindro) extraído de las capas externas del grano por las máquinas blanqueadoras.
- f) Los tratamientos especiales antes o después de la elaboración del arroz con cáscara.⁸²

3.6.2 Medida de Calidad

Con el fin de regular el mercado del arroz de una forma ordenada, cada país productor dispone de reglamentaciones para evaluar la calidad del arroz. Por muy esmerados que sean los procedimientos adoptados, ninguno puede ser absolutamente objetivo porque algunos factores tienen una parte subjetiva de análisis difícil de definir y describir. Algunos factores o parámetros son difíciles de analizar o determinar; como es el olor, el gusto y la consistencia; no existen instrumentos de medida objetivos.

En todos los países excepto en el caso de interpretación distinta de los caracteres cualitativos necesarios para fines de calificación, o sin que constituyan necesariamente test válidos para la ordenación comercial, con el objeto de definir la calidad, son los detallados a continuación:

- 1) **Las variedades:** determinan las dimensiones del grano de arroz, el peso de 1000 granos y el peso por hectolitro.
- 2) **El color y la transparencia del grano**
- 3) **Las impurezas orgánicas e inorgánicas,** es decir todas las materias extrañas al arroz.
- 4) **Los granos dañados que presenten manchas de colores extraños al arroz sobre la superficie del grano.**
- 5) **Los granos blancuzcos, verdes o deformes.**

⁸² Ibidem.

- 6) Los granos rojos.
- 7) El rendimiento y grado de elaboración.
- 8) Las impurezas varietales o mezclas de variedad.
- 9) Los olores
- 10) La humedad del producto.

Recientemente se han puesto a prueba algunos métodos de análisis con el fin de estimar la calidad del arroz, en relación con el destino y el modo de empleo del mismo. Los usos diferentes a los que puede ser destinado son causa de que se preferan de forma diferenciada algunas variedades, como consecuencia de características y atributos que (en el caso de empleo alternativo) no siempre son las idóneas.⁶³

En todos los alimentos, el concepto de calidad depende estrechamente de tres factores:

- el nutritivo
- el sensorial
- el intrínseco

El valor nutritivo es ciertamente el esencial, pero el sensorial tiene un importante significado con motivo de una mayor aceptación del alimento. La calidad propia o intrínseca se deriva, por el contrario, de las causas que mueven al consumidor a comportarse de forma diferente, como el tipo de grano de arroz, el precio o las dificultades relacionadas con la preparación del alimento y otras.

⁶³ Risk L. F., et. al; Chemical composition and mineral content of rice bran of five varieties heated by microwave; Dep., Agric. Res. Cent., Giza, Egypt. 1994.

Tratándose del arroz, el valor sensorial es consecuencia de numerosos factores variables; el color y forma del grano de arroz, es decir, el aspecto; el olor y sabor diferente en algunas variedades; la consistencia del producto cocido y el tiempo en que mantiene tal consistencia; el aumento de volumen del producto después de la cocción y la diferente capacidad de absorber los condimentos y los aromas.

En el comercio las propiedades morfológicas del grano son las que determinan el valor del arroz. La longitud, anchura y forma del grano se consideran muy importantes porque influyen, en parte, en algunas características intrínsecas organolépticas. Algunos consumidores prefieren arroces cuyos granos son pequeños y redondos; otros, por el contrario, prefieren los largos, algunos los estrechos bastante consistentes después de la cocción; otros, los más anchos y blandos, cuando están cocidos. Las características que califican el arroz en el momento de ser adquirido son:

- El estado sanitario: dependiente de las condiciones físico-químicas, micóticas y bacterianas, normales o anormales que dependen del estado de conservación o degradación de los compuestos del grano de arroz: las grasas, proteínas y carbohidratos.
- La humedad: factor responsable, junto con otros, de las características relativas al estado de conservación y factor interferente sobre la cocción del producto.
- Las características estéticas: es decir, las dimensiones y forma del grano; la uniformidad del producto por su pureza varietal; los defectos derivados de una maduración imperfecta o de una técnica inadecuada de elaboración; los caracteres estructurales específicos de la variedad: el color y el olor.

- El grado de elaboración; que influye en las características de cocción.
- La calidad culinaria, según el gusto del consumidor y el modo de preparación y en relación con las características intrínsecas del tipo comercial al que pertenece.
- El valor nutritivo: referido no sólo al contenido de hidratos de carbono, como fracciones de almidón o azúcares simples, sino en relación estrecha con las sales, grasas, vitaminas y aminoácidos esenciales, cuyo contenido es diferente según los distintos tipos de arroz.⁶⁴

⁶⁴ Ibidem

CAPÍTULO 4

ARROZ PRECOCIDO

4.1 HISTORIA

El precocido del arroz es un proceso hidrotérmico aplicado como tratamiento previo a la etapa de molido. Este proceso ancestral probablemente fue inventado para facilitar la remoción de la vaina. Hoy la ventaja reconocida más importante es el aumento en la producción.

Este proceso es originario del lejano Este, principalmente de la India y algunas regiones de África Ecuatorial, de donde se ha extendido más recientemente a otros continentes. Antiguamente el proceso se utilizaba para hacer el descascarillado más fácil. Después de que la molienda mecánica fue introducida, el proceso no sólo sobrevivió sino que se fue extendiendo, en virtud de los resultados económicos y nutricionales producidos en el arroz.

En cambio, el método más simple usado hace muchísimos años, consistía en colocar el arroz en agua únicamente y secarlo al sol. En el sistema clásico, sin embargo, hay tres diferentes operaciones, llamadas: remojo en agua, vaporización y secado. La aplicación de agua y calor brinda considerables modificaciones de naturaleza física, química, bioquímica y organoléptica.⁶⁵

Los primeros estudios sobre arroz precocido se remontan a principios de siglo, cuando opiniones médicas empezaron a enfatizar sobre que, las personas

⁶⁵ Bhattacharya, K.R. and Subba Rao, P.V.: Effect of processing conditions on quality of parboiled rice. *J. Agr. Food Chem* 14 (5). 1966.

que consumían este arroz raramente eran afectadas por el beriberi, enfermedad endémica causada por una carencia de vitamina B-1 o tiamina.

Sin embargo, fue sólo después de la Segunda Guerra Mundial que un determinado porcentaje de industrias, especialmente en los Estados Unidos mostró interés en un programa amplio de estudios e investigaciones sobre arroz precocido y sus técnicas de elaboración y aprovechamiento.

El proceso de precocido gelatiniza superficialmente el almidón e imparte una dureza apropiada al grano. No obstante, el grado óptimo de gelatinización del arroz precocido para ser empacado, aún no está bien definido. El arroz precocido empacado por diferentes marcas muestra variaciones en el grado de gelatinización, así como en otros niveles en los cuales puede ser precocido para determinar las características del cisurado del grano a diferentes niveles de tratamiento.⁶⁶

Los granos cisurados resultan cuando semillas de arroz relativamente secas absorben la humedad del aire bajo condiciones ambientales.⁶⁷

Se ha estudiado la formación de grietas en el arroz crudo y en el precocido durante el remojo, observándose que tomá más tiempo la formación de las cisuras en el arroz precocido que en el crudo, cuando ambos fueron sumergidos en agua.⁶⁸

⁶⁶ Arullo, E.V., D.B. de Padua and Michael; Parboiling: in "Rice Post Harvest Technology"; International Development research center; Ottawa, Canada. Graham, editors, 1977.

⁶⁷ Stahel, G.; Breaking of rice in milling in relation to the condition of the paddy, Tropical Agriculture. 1985.

⁶⁸ Desicachar H.S.R.; The formation of cracks in rice during wetting and its effect on the cooking characteristic of the cereal; Cereal Chem. 1971.

El arroz precocido (moreno o molido) puede ser empacado en un clima seco antes de ser embarcado para su venta, a un clima húmedo. Esta operación expone a los granos de humedad baja a un ambiente húmedo y puede originar que los granos precocidos se cisuren a causa de la absorción de humedad. Estas semillas cisuradas pueden entonces romperse durante el manejo y el proceso subsecuente.

La hipótesis que se tiene de dicho fenómeno, es que la humedad absorbida por las células externas, da origen a que se expandan fuerzas compresivas en las capas de la superficie de las semillas, las cuales, actúan como un cuerpo libre. Por lo tanto, las fuerzas contrarias pueden ser producidas por algo más dentro del grano. Cuando la fuerza tensora de la semilla junto con la longitud del axis se excede, las cisuras se desarrollan perpendicularmente a la longitud del axis.⁸⁹

4.2 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

Desde muchos puntos de vista los resultados producidos en los granos de arroz debido a los procesos de precocido son positivos, pero al mismo tiempo, existen otros que no lo son, haciendo difícil su consumo. El cambio más notable causado por el agua es la gelatinización del almidón y la desintegración de cuerpos proteicos en el endospermo, el cual se expande y llena de espacios de aire internos. Independientemente del tipo original de estructura perteneciente a su variedad agrónoma, los gránulos de almidón están presionados entre sí creando una fuerte cohesión entre ellos mismos.⁹⁰

⁸⁹ Kunze, O. R. y Hall, C.W.; *Moisture adsorption characteristics of brown rice*; Transactions of the ASAE, 1977.

⁹⁰ Gariboldi, F.; *Rice parboiling*, FAO agricultural development paper No. 97, Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, 1974.

Como efectos secundarios, otras sustancias presentes en el arroz con cáscara son solubilizadas, divididas e inactivadas. Estas sustancias pueden extenderse y reaccionar entre sí y con otras presentes en el medio ambiente del proceso.

Existen modificaciones causadas por el proceso de precocido, como las señaladas a continuación:

- El arroz con cáscara, cuando se calienta a la temperatura de gelatinización del almidón se hace estéril y no germina.
- Si la temperatura se aumenta hasta cierto grado, cualquier insecto o espora que pudiera infectar el producto serán destruidos.
- Cuando los gránulos de almidón se gelatinizan y se presionan entre sí, las grietas presentes en el endospermo se cierran haciendo el grano translúcido, fuerte y duro. Esto significa, después de la molienda, un mejor rendimiento de arroz comestible, con una reducción en la cantidad de granos rotos.
- La dureza y compactibilidad del endospermo mejora las cualidades de almacenamiento del arroz procesado, haciéndolo resistente a la perforación de insectos y menos expuesto a la absorción de humedad.
- Como el almidón contenido en el endospermo se gelatiniza, el arroz se engrosa más durante el cocimiento debido al incremento en la capacidad de absorción de agua, y a la menor pérdida de almidón durante el cocimiento.

- Después del cocimiento el grano se mantiene mejor y por mayor tiempo, resistiendo a la descomposición y ataque de moho. El tiempo que se toma en alcanzar el punto de gelatinización durante el cocimiento es más largo. También se requiere de un mayor tiempo para alcanzar el máximo punto de viscosidad en el producto cocinado. El arroz es más digerible, pues los granos separados ofrecen una superficie más grande para que los jugos gástricos trabajen en ellos.
- La solubilización de un número de vitaminas y sustancias minerales, se extiende hacia adentro del endospermo, enriqueciendo el arroz procesado e incrementando su valor alimenticio. Hay sin embargo diferentes opiniones en cuanto a las causas que dan lugar a este enriquecimiento: si las sustancias solubles en agua se expanden en presencia del calor, o si elementos perispermicos o endospermicos conteniendo depósitos granulares de aleurona se dirigen hacia adentro del endospermo formando depósitos granulares de almidón, ésto, significa que los procesos primitivos de precocido no causaban ninguna expansión de sustancias, sólo originaban que las capas de la cariósida se adhirieran al endospermo y que después no pudieran ser removidas enteramente por la molienda. Algunos procesos modernos, sin embargo, pueden causar que las sustancias hidrosolubles migren y se mezclen dentro del endospermo. Por lo tanto, estas sustancias están a salvo aunque el producto sea pulido.
- La distribución de glóbulos de aceite en las capas aleurónicas, la inactivación de lipasas y la fisión de sustancias termosolubles contenidas en el germen y su expansión en toda la superficie de las capas de la cariósida, significa que el salvado obtenido del

procesamiento del producto es rico en sustancias grasas y con resistencia a un mejor almacenamiento.

- Estudios recientes indican que hay sólo un insignificante grado de alteración en el contenido y distribución de sustancias proteicas en el arroz procesado. La extracción de la fracción proteica es, sin embargo, un poco difícil, probablemente debido al incremento en la cohesión entre los gránulos de almidón y los cuerpos proteicos.
- El contenido de amilosa, es el factor más importante para establecer las peculiaridades del cocinado del arroz. Por otro lado, se ha notado una reducción en el contenido de almidón (aproximadamente el 2%), pero esto se balancea mediante un incremento en el contenido de azúcares reductores (los cuales son duplicados).
- Los resultados menos deseables en el proceso consisten en: dificultad en el pulido; olor y sabor particulares y la presencia de granos descoloridos y oscurecidos. Un proceso perfectamente ejecutado y la supervisión de cada una de las operaciones, son muy importantes en la reducción de estas características, las que, para un consumidor acostumbrado a comer arroz bruto, no tienen importancia alguna.⁹¹

Se ha llegado a la conclusión de que la calidad inicial del arroz precocido influye sobre la calidad del producto. Esto es válido para todos los tipos de arroz, pero para producir arroz de diferentes atribuciones sería preferible usar diferentes tipos de calidad de arroz.⁹²

⁹¹ Ibidem.

⁹² Arai, K., et. al.: Studies on the effect of parboiling on japonica and indica rice. *Ja. J. Trop. Agric.* 1975.

El arroz ha sido clasificada en ocho diferentes tipos de calidad basados primordialmente, en la cantidad total de amilosa insoluble en agua. Muestras representativas de estos diferentes tipos de calidad, fueron precocidas bajo condiciones moderadas y severas y varias de las atribuciones de las muestras fueron determinadas. El propósito principal era demostrar que la calidad inicial del arroz influye en la calidad del producto precocido. El resultado correspondiente permitió verificar la exactitud de la hipótesis, dando la pauta de los cambios en las propiedades del arroz ocurridas durante el precocido.⁹³

Es posible sustituir arroz crudo por blando o severamente precocido y viceversa en función de una determinada demanda de consumo, si la variedad o condiciones de procesamiento, o ambos, son apropiadamente seleccionadas. En particular, consumidores de arroz crudo firme pueden aceptar arroz precocido con amilosa baja e intermedia conservando sus ventajas nutricionales. De producir arroz precocido con una textura dada para que el procesador pueda ajustar ya sea, las condiciones de procesamiento o la variedad, o ambos, se puede aumentar la flexibilidad en su operación.

El contenido de amilosa insoluble del arroz crudo juega un papel importante en la calidad del arroz, incluyendo su textura después del cocido.⁹⁴

Algunas variedades con una pérdida de sólidos de 16 a 17% bajo condiciones standard, son consideradas adecuadas para el proceso de precocido y enlatado.

Se ha demostrado que las relaciones con las propiedades del grano también se ven afectadas con la temperatura del cocimiento. De esta forma, no

⁹³ Doos, H. A.: *Technological properties of microwave parboiled rice*; Inst. Agric. Res. Cent. Giza, Cairo, Egypt, 1993.

⁹⁴ Ibidem.

son necesarias pruebas especiales para determinar la calidad del arroz cocido en un programa de cultivo, dado que ya se conocen por la calidad del arroz crudo.⁹⁵

4.3 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES

No hay estadísticas disponibles acerca de la producción y consumo de arroz precocido individualmente por países, a excepción de Norte América y algunos países en Europa. En algunos otros, como Burma y Tailandia, el arroz precocido se produce casi exclusivamente para exportación; el consumo interno es limitado a un porcentaje de la población inmigrante o sus descendientes.⁹⁶

Como regla, la mayor parte de los países asiáticos tampoco producen arroz precocido para su consumo. En países como China, Japón, Corea y Taiwan, el arroz cocinado se prefiere pegajoso, debido a lo práctico de su manejo con los palillos.

Además de las tradiciones de consumo en algunos países, basadas en preferencias de sabor y hábitos de cocimiento, el uso del arroz precocido en lugar del ordinario se acerca a las características de calidad, especialmente a la eliminación de defectos en color, olor y sabor.

Desde el punto de vista económico, la producción y consumo de arroz precocido ofrece ventajas considerables. La alta producción después del proceso incrementa la cantidad de cereal disponible para consumo humano. Además, parte de las sustancias de alto valor nutricional, en vez de perderse en

⁹⁵ Bhattacharya, K. R., Op. Cit.

⁹⁶ Gariboldi, F.; "Rice: Chemistry and Technology"; D.F. Houston, editor *American Association of Cereal Chemistry*, 1972.

la molienda pueden ser aprovechadas. Esto es muy importante para quienes el arroz es el principal artículo en su dieta, pues les puede proveer de una cantidad suficiente de vitaminas y minerales.

El alto costo de producción implicado en el proceso de precocido es compensado por el incremento en el rendimiento después de la molienda. En los mercados donde hay una considerable diferencia en el precio entre arroz de grano entero y de grano quebrado, la ventaja financiera es mucho más evidente, debido a la reducción en el porcentaje de granos rotos.

En general, la fibra proveniente de arroz precocido contiene substancialmente más aceite que la fibra del arroz crudo. Se han reportado contenidos de aceite de fibra de arroz precocido en el rango de 28.2-34.2% en relación a 24.2-25.9% del arroz crudo. Sin embargo estos contenidos son anormalmente altos en cualquiera de los casos. Otros reportes señalan un contenido de aceite en fibra cruda de 19.9% contra 23.1% para fibra precocida.⁹⁷

La migración de grasa de las células aleuronas a las capas exteriores de la fibra durante el proceso de precocido es difícil de percibir. La fibra de arroz precocido contiene menos almidón y por lo mismo, menos carbohidratos, pero más cenizas y proteínas. Menos fragmentos de endospermo (almidón) son observados en la fibra, porque el arroz precocido sufre menos rompimiento durante la molienda.

El arroz obscuro precocido contiene considerablemente más azúcares reductores, pero menos sucrosa y aminoácidos libres que el arroz obscuro crudo. Durante la molienda hay una considerable pérdida de sucrosa y

⁹⁷ Rama Rao, G.: Additive developed for vegetable oil industry: Paper presented at all India Oil seeds and oils trade and industry held at Madras. Nov. 1974

aminoácidos libres en arroz crudo, pero muy poca en arroz precocido; los azúcares reductores cambian un poco en ambos. El máximo incremento en azúcares reductores y decremento en el contenido de sucrosa ocurren después del remojo a 60 grados.⁹⁸

Algunos estudios muestran que el arroz precocido molido contiene más azúcares reductores que el arroz crudo molido. Esto es atribuido, en analogía al comportamiento de vitaminas B, a la difusión hacia el interior de los azúcares desde las capas de salvado durante el proceso de precocido. Por otro lado, el incremento en el contenido de azúcar bien pudiera elevarse por reacciones bioquímicas durante el remojo del arroz con cáscara, así como el paso del remojo puede ser considerado para representar la fase inicial de germinación. Los azúcares y aminoácidos liberados, pueden seguramente, contribuir a la reacción de oscurecimiento y de aquí la calidad del producto.⁹⁹

Una buena parte de sacarosa parece ser convertida en azúcares reductores. La producción de azúcares reductores de otras fuentes también es tomada en cuenta bajo ciertas condiciones.

La gran retención de vitamina B en la molienda de arroz precocido no es algo único; azúcares y aminoácidos también son similarmente retenidos. Sin embargo, el mismo dato también muestra que ésta gran retención no es debida necesariamente al incremento en la migración de compuestos solubles en agua durante el remojo y evaporación, como generalmente se pensaba.¹⁰⁰

⁹⁸ Ali, S. Z. y K. R. Bhattacharya: Studies on pressure parboiling of rice. J. Food Sci. Technology. 1982.

⁹⁹ Ibidem.

¹⁰⁰ Ibidem

Claramente la retención contra la pérdida en la molienda, se origina por alguna forma de fijación causada por la gelatinización del almidón, como también ha sido sugerido en el caso de la vitamina B.¹⁰¹

El aceite de salvado de arroz es útil tanto como aceite comestible como industrial. En vista de la corta vida de anaquel de estos aceites, hay una necesidad urgente de incrementar la producción de aceite y al mismo tiempo mantener su calidad.¹⁰²

Se ha reportado un incremento en el contenido de aceite en el salvado por arriba del 25 a 35% debido al precocado, además de que se puede reducir la deterioración de la calidad del salvado y por consiguiente mejorar la calidad del aceite.

El salvado de arroz contiene una lipasa extremadamente poderosa la cual actúa muy rápido en el salvado en almacenamiento. Esto da como resultado un incremento en el contenido de ácidos grasos libres en los extractos de aceite de salvado, lo cual lo hace incomedible. Para contrarrestar este incremento, se ha recurrido a varios métodos de estabilización. Estos incluyen algunos conservadores químicos, estabilización por vapor y estabilización por aire caliente. El método más efectivo para controlar los ácidos grasos libres en el salvado de arroz des¹⁰³pués de la molienda, es el método de precocado.

El proceso de presión por vapor posiblemente ha conseguido completar la inactivación de la lipasa durante el precocado. Sin embargo, la presión del

¹⁰¹ Bhaskard, G. et. al: Effect of phosphate and citrate on quick of rice. Indian Inst Kharagpur, India 1989.

¹⁰² Ibidem

¹⁰³ Ibidem.

precocido ofrece mejores efectos de estabilización al salvado que otros métodos adoptados.¹⁰⁴

La elaboración de platos "listos para comer" que incluyen arroz cocinado congelado, deberían ser considerados interesantes para la industria. Sin embargo, la naturaleza y posibilidad de cambios en la calidad del arroz debido a los procesos de congelación no son muy conocidos. Muchos métodos para el congelamiento de arroz ya han sido patentados.¹⁰⁵

Sin embargo se ha demostrado que el precocido antes del cocimiento y después del congelamiento, reduce la calidad del arroz, se ha probado por medios sensoriales e instrumentales, que el producto final tiene menos firmeza, menos adherencia y es menos suave que el arroz regular. Se sugiere que éste decremento de la calidad es unidimensional a lo largo del principal componente, el cual es lineal en combinación de elasticidad, dureza, soltura y pegajosidad. Este decremento de la calidad obedece principalmente, a la gelatinización del almidón durante el proceso de precocido.¹⁰⁶

El consumo de grasa en los países donde la alimentación es a base de arroz, es considerablemente inferior al de los países occidentales en general. La grasa facilita la absorción de ciertas vitaminas y economiza tiamina.¹⁰⁷

La industria debería de suministrar arroz que esté relativamente libre de impurezas y que por consiguiente requiera un lavado menos vigoroso y prolongado; el arroz no debe ser cocinado en una cantidad excesiva de agua que generalmente no se utiliza después. Una forma adecuada de cocinarlo es al

¹⁰⁴ Hendrickx, M.: *The relation between rice soaking behaviour and its kernel dimension distribution characteristics*; Inst. of Food Science & Technology, Singapore, 1989.

¹⁰⁵ *Ibidem*.

¹⁰⁶ Mahanta, C. L.: *Nature of starch crystallinity in parboiled rice*. Inst. Mysore, India, 1990.

¹⁰⁷ *Ibidem*.

vapor, ya que se conservan los elementos nutritivos. Es probable que el enriquecimiento del arroz resulte especialmente benéfico en las regiones en las que el beriberi constituye un importante problema de salubridad pública. La tiamina es uno de los elementos nutritivos requeridos cuando la mayor parte de la alimentación consiste en arroz pulido beneficiado sin precocer y predomina el beriberi.

Existen dos métodos principales de enriquecer el arroz, y estos difieren de la simple adición de vitaminas y minerales en forma de polvo que se puede usar en el caso de la harina. Uno de los métodos consiste en recubrir los granos de arroz pulido con una mezcla enriquecedora y, encima de ésta una película comestible impermeable. Al endurecerse ésta película, impide que se disuelvan los ingredientes enriquecedores cuando el arroz se lava, como se hace comúnmente.¹⁰⁸

El segundo método consiste en precocer los granos enteros de arroz en agua caliente antes de eliminar la cáscara, salvado y germen de la molienda. Esto redundaría en la lixiviación de las vitaminas B y minerales de la cáscara, salvado y germen hacia el endospermo. Al final del proceso el arroz se seca, se muele y se pule como de costumbre. Al arroz que ha sido precocado para enriquecerse, se le conoce como convertido.

Los principales nutrientes con que conviene enriquecer el arroz son tiamina, niacina y hierro, los cuales son particularmente efectivos para reducir la incidencia de beriberi en donde el arroz pulido es un artículo básico de la dieta. En Puerto Rico, la ley obliga al enriquecimiento de todo arroz vendido para su consumo. En los Estados Unidos, el estado de California del Sur en el que se consume bastante arroz, también ha hecho obligatorio su enriquecimiento.

¹⁰⁸ Ibidem

Aunque dicho proceso no es obligatorio en los demás estados, la mayor parte del arroz vendido en Estados Unidos está enriquecido.

Es indispensable eliminar el desperdicio del arroz en todas las etapas de su manejo, desde su producción hasta su consumo, así como el mejoramiento de su valor nutritivo; promover el consumo del arroz precocido y la introducción del enriquecido; con objeto de mejorar la alimentación a base de arroz como sustituto de otros alimentos.

4.4 TECNOLOGÍA

El más primitivo método de precocer el arroz es el doméstico, aún usado en la India y Asia. El arroz es remojado en agua fría en vasijas de fierro por muchas horas. Una porción del agua es drenada y la vasija es colocada sobre calor para evaporar el agua remanente. Durante esta operación el arroz es agitado continuamente, de modo que el calor es aplicado en forma uniforme. El cocinado termina cuando las cáscaras han sido aflojadas; después el arroz es secado al sol sobre tapetes. La molienda, usualmente se hace en un mortero usando una "meno" o "maja" para moler el arroz. Este sistema casero también es usado para grandes cantidades de arroz tratado sobre una base industrial¹⁰⁹

En Pakistán el método conocido como "chatty" es simplemente una repetición del método antiguo tradicional antes mencionado. En Ceilán e India, el arroz es colocado en tanques de cemento con agua fría de 12 a 48 horas, después es calentado en contenedores rectangulares aproximadamente a 30 cm. de fondo, estos contenedores tienen una pieza de metal perforado, el cual

¹⁰⁹ Vorwerck, K: *Low moisture parboiling of paddy*; Journal of Food Science and Technology, Thanjavur, India, 1993.

contiene el arroz y permite el vapor de agua caliente que penetra a través de éste. El secado se realiza en forma normal, en el sol.¹¹⁰

El uso de las calderas de vapor ha propiciado el primer paso hacia la industrialización del proceso por medio del poder mecánico. Inyectar vapor al arroz con cáscara ha remplazado la aplicación de calor a los contenedores sobre un horno. El arroz remojado es colocado en contenedores verticales estrechos abiertos por la parte de arriba y cónicos en la parte del fondo, capacitados con una puerta corrediza para descargar el arroz. Conductos perforados son colocados en forma alineada dentro de estos altos contenedores a intervalos variados y son conectados a la caldera, la cual produce vapor bajo presión.¹¹¹

En Africa, Centro y Sud América el arroz es colocado en tambores de metal cuya tapa ha sido removida. Se adiciona agua suficiente hasta cubrir el arroz y el remojo continúa por el tiempo requerido. Después el agua es drenada a través de un orificio tapado en el fondo. Se conectan conductos perforados para suministrar vapor y son deslizados por medio del arroz, desde el tope a la mitad del tambor. Desde el punto de vista higiénico y comercial, el producto obtenido de estos métodos deja mucho que desear.

Tratado de esta manera el arroz precocido solo puede ser consumido por aquellas personas acostumbradas a sus características de apariencia, olor y sabor; exportarlo a otros mercados, en los cuales los consumidores comen arroz crudo blanco, es prácticamente imposible.

Un menor grado de molienda proporciona un mayor valor nutricional del arroz, el cual deja las capas exteriores del endospermo o al menos parte de

¹¹⁰ Ibidem.

¹¹¹ Ibidem.

**ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA**

ellas, intactas. Deficiencias encontradas en los productos terminados son causadas directamente por algunas etapas del proceso, algunas de las cuales pueden ser:

- A) Un largo remojo significa que las vitaminas, sales y albúminas se pierden en el agua. Estas sustancias junto con impurezas orgánicas mezcladas con el arroz con cáscara, forman suspensiones, las cuales se decomponen y causan fermentaciones pútridas; los compuestos que resultan son absorbidos por el arroz.
- B) El calentamiento por vapor en vasijas abiertas significa que el arroz no obtiene el suficiente calor como para ser esterilizado.
- C) La inyección de vapor a una cantidad de arroz con cáscara, la cual no es mezclada, significa que el calor no es completamente distribuido. Por lo tanto, el grado al cual el almidón gelatiniza en el endospermo es diferente para cada uno de los granos.
- D) El secado por medios naturales depende de las variaciones del clima; si el día es soleado se realiza en pocas horas, si está nublado o lluvioso el secado tal vez tome días y el producto terminado puede ser dañado.

Procesos modernos de precocido se desarrollaron y pusieron en práctica entre 1935 y 1960. Sus técnicas no difieren de los métodos clásicos e incluyen las tres operaciones de remojo, calor de vapor y secado, pero introducen nuevos principios y medios para evitar dañar el arroz y desechan algunas de las características impopulares del arroz precocido.

A pesar de que muchos procesos modernos son patentados como inventos y llamados en diferentes formas, en esencia, son más o menos los mismos.

Los pasos esenciales involucrados en el proceso son: remojo del arroz crudo, tratamiento de calor con vapor a presión y secado a niveles de humedad adecuada para un procesamiento subsecuente. Al final de la etapa del tratamiento de calor con vapor a presión, el contenido de humedad del arroz normalmente es de 35% base húmeda. La etapa de secado, no obstante que se asumen diferentes formas basadas en las prácticas de un país en particular, es un paso muy importante en el proceso de cocimiento. Si la etapa de secado no es llevada a cabo adecuadamente, la ventaja económica de obtener menos fracturas del arroz se perderá.¹¹²

Para obtener buenos rendimientos, el secado del arroz debe ser detenido temporalmente a un nivel de humedad de aproximadamente 16% base húmeda. En este punto la distribución de humedad se hace más uniforme. Esta interrupción temporal con frecuencia es referida como "templado".¹¹³

Si el secadoo fuera continuo a un nivel de humedad por debajo del 16% (b.h.) sin ningún templado, resultarían rendimientos bajos de los granos enteros. La fractura o rompimiento del arroz en general, está relacionado con las propiedades físicas de los granos de arroz y las condiciones bajo las cuales el grano es molido.¹¹⁴

¹¹² Lehrack, U.: *New possibilities for the hydrothermal tratment of parboiled rice*: Bergholz-Rehbruecke, Germany, 1992.

¹¹³ Ibidem.

¹¹⁴ Ibidem.

Cuando el arroz es cocido adecuadamente, muchas de las deficiencias tales como las cuarteaduras en los granos son eliminadas. Bajo estas condiciones las principales causas de la fractura del grano serían debidas a los procedimientos adoptados en el secado y templado. De tal forma que los tratamientos adecuados de secado y templado serían la clave para obtener buenos rendimientos de grano entero en el arroz cocido. Este estudio centra su atención en los tratamientos adecuados de secado y templado para el arroz cocido e intenta relacionarlos con los parámetros resultantes de la calidad del grano: rendimiento, color, solidez o resistencia.

Se ha establecido que los elementos principales del secado del arroz precocido son:

- a) Reducir el contenido de humedad a un nivel óptimo para el molido y almacenamiento.¹¹⁵
- b) Obtener los rendimientos máximos del molido en términos de granos enteros. El secado del arroz cocido es diferente al secado del arroz no cocido. Las diferencias son causadas por el hecho de que el contenido de humedad inicial del arroz cocido es considerablemente más alto que el del arroz no cocido, y la textura de los granos de arroz es diferente a la naturaleza compacta y a la forma gelatinizada del almidón.

En general, al aumentar el tratamiento de calor a vapor aumenta también la capacidad de los granos del arroz precocido para resistir las fuerzas del molido. A este respecto, se han estudiado las conclusiones de procesamiento y el rendimiento del molido del arroz crudo y reportaron que bajo condiciones adversas de secado, sólo se podrían obtener buenos resultados del molido si el

¹¹⁵ Marshall, W. E.: Determining the degree of gelatinization in parboiled rice; USDA, New Orleans-1993.

tratamiento de calor previo (en la etapa de calentamiento con vapor a presión) hubiese sido severo.¹¹⁶

La etapa de templado en el secado permite que la humedad dentro de los granos de arroz se redistribuya para reducir la pérdida de humedad provocada por la etapa previa de secado. Siempre que un arroz con alto contenido de humedad inicial, tal como el arroz cosechado tempranamente o el arroz remojado y calentado a vapor para su cocimiento, es secado para tener niveles aceptables de almacenamiento o procesamiento, dos factores clave influyen en la necesidad de templado. Estos son la tasa de eliminación de humedad y la calidad del grano. La tasa de eliminación de humedad podría ser mayor si los granos son templados entre las etapas de secado, y la calidad del grano (en términos de rendimiento principal) fuera siempre mejor cuando el arroz fuera templado. Varios investigadores están de acuerdo en los efectos benéficos del templado.¹¹⁷

Se ha observado que el daño (bajo rendimiento de grano entero) ocurre durante un secado rápido solamente por debajo del 16% b.h.) de contenido de humedad y solamente después de que el secado había sido terminado. Para un secado seguro del arroz crudo cocido, el proceso debe ser conducido en dos etapas con templado a un nivel de humedad de aproximadamente 16% (b.h.) seguido del mantenimiento del arroz caliente de dos a tres horas.

Se ha encontrado que el arroz cocido secado adecuadamente es muy resistente a la rotura mecánica y que la calidad de molido del arroz cocido se

¹¹⁶ Ibidem.

¹¹⁷ Ibidem.

determina solamente por los tratamientos de secado, y es independiente de la historia previa de los granos.¹¹⁸

Un precalentamiento rápido de arroz cosechado recientemente a niveles altos de humedad, da como resultado un marcado incremento tanto del rendimiento total como del rendimiento de grano entero.

En un estudio del secado de una sola capa de arroz moreno se reporta que las cargas térmicas alcanzan un máximo de 276 kPa (40 psi) cuando se sujetan a una diferencia de temperatura de 65.5 grados C. mientras que las cargas de humedad alcanzan un máximo de 13938 kPa (2020 psi) bajo una diferencia de humedad de 20% (b.h.)¹¹⁹

En comparación con la fuerza de tensión de los granos de arroz, las cargas térmicas son inofensivas, en tanto que las cargas de humedad son destructivas. De esta manera, las cargas de humedad son una de las principales causas del resquebrajamiento del grano y de la fractura subsecuente en la etapa de molido.

Diversas investigaciones se han centrado en el estudio del color del arroz precocido. La mayoría de tales estudios se interesan en los cambios de color del arroz precocido provocados en las etapas de remojo y calentamiento a vapor. Pocos estudios han relacionado los tratamientos de secado o post-secado con el cambio de color. Se ha determinado la influencia de la temperatura del aire en dichos cambios y se atribuye en la mayoría de los casos, a un incremento en la temperatura del aire de 50 a 140 grados C.

¹¹⁸ Quaglia, G. B., et. al. "Physico-structural characteristics of pre-cooked compressed freeze-dried rice". Instituto Nazionale della Nutr. Rome, Italy. 1992.

¹¹⁹ Ibidem.

Las variedades de arroz preferidas para el precocido son aquellas cuyas estructuras calcáreas en el endospermo son más quebradizas, o lotes que presentan un bajo rendimiento después de la molienda debido a condiciones especiales asociadas con el cultivo, cosecha o secado. La razón de esta preferencia, es que el proceso aumenta el rendimiento en la molienda. Una ventaja de los granos delgados y largos es que las operaciones de remojo y calentamiento son más rápidas y fáciles, pues el agua y calor penetran rápidamente al centro del endospermo. Muchos mercados muestran una marcada preferencia por los granos largos y consecuentemente su precio es más alto.¹²⁰

Algunas de las características del arroz con cáscara pueden afectar los resultados desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo del proceso. Estas incluyen:

- 1) La presencia parcial o total de granos con cáscara, los cuales son destruidos o deformados por el proceso, esto también ocasiona la función irregular de la planta.
- 2) Las aristas y abundancia de cáscara van reduciendo el peso a granel del arroz. También reducen el rendimiento y algunas veces, hacen difícil la operación, debido a la tendencia del grano a flotar en la superficie del agua, produciendo espuma y algún otro material de desecho.
- 3) Color o pigmentación de la cáscara el cual es removido en el remojo y calentamiento, penetrando al endospermo y profundizando su color.

¹²⁰ Ibidem.

- 4) La presencia de moho o infección bacterial puede afectar sustancias químicas bajo el efecto del calor y ocasionar un parcial o total oscurecimiento del endospermo. Si la infección es sólo superficial y limitada a la capa exterior de la cáscara, no causará tal oscurecimiento en el producto procesado.
- 5) La presencia de lesiones, a veces diminutas, causadas ya sea mecánicamente o por insectos, si son profundas, pueden haber causado oxidación de las partes grasas de las capas corticales, o probablemente, conduzcan a una parcial decoloración del producto procesado.
- 6) El contenido de granos verdes, rojos (ya sea de cutícula o de pericarpio) o manchados, puede afectar el proceso y que el producto molido resulte ligeramente coloreado.

4.4.1 Prelavado

El prelavado es de gran importancia para asegurar que todas las impurezas orgánicas o inorgánicas sean removidas del arroz con cáscara antes del precocido para evitar posibles fermentaciones o partículas en suspensión.

Después de una limpieza mecánica (limpieza con aire, separación por densidad) el arroz es lavado con agua antes del remojo. Posteriormente, el salvado que no ha sido totalmente eliminado, debe ser removido antes de que el arroz sea procesado. La extracción de estos granos es efectuada mecánicamente, de acuerdo con las diferencias en espesor y en tamaño.

Para obtener un producto uniforme, en ocasiones puede ser necesario dividir el arroz con cáscara en lotes homogéneos. El tiempo requerido por el agua y el calor para alcanzar el centro del endospermo depende del espesor del grano. Los tiempos de remojo y evaporación empiezan a variar de acuerdo a los lotes, pero pueden ser tratados de tal manera, que la profundidad del calor y gelatinización del almidón sea la misma.

4.4.2 Remojo

Las características de hidratación del arroz con cáscara dependen de la variedad agrónoma, de condiciones de cultivo y del tiempo de almacenamiento. Otro factor de gran importancia en el remojo es la temperatura del agua. El proceso puede ser acelerado por el uso de agentes físicos y químicos, tales como aire y vacío, presión hidrostática y agentes de humedad.¹²¹

Los principales objetivos a seguir en la etapa de remojo son: absorción rápida y uniforme de agua en el grano y evitar, hasta donde sea posible, que las cáscaras se quiebren. Si el tiempo de remojo es muy prolongado, ciertas sustancias contenidas en el arroz pueden disolverse y además, la semilla puede iniciar el proceso de germinación si hay suficiente aire en el agua. Esto conduce a muchos y complicados cambios de naturaleza bioquímica.

Un gran número de procesos modernos incluyen la adición de soluciones especiales al agua de remojo. De esta forma, el arroz puede absorber sustancias de las cuales carece normalmente (por ejemplo calcio y vitaminas), además de otras soluciones para prevenir el oscurecimiento. La temperatura del agua y la duración del tiempo de remojo tienen un efecto en la solubilización

¹²¹ Chandrasekhar, P. R.; Rice puffing in relation to its varietal characteristics and processing conditions: Center, Vet. Coll. Campus Mannuthy, Kerala, India. 1991

de sustancias en el arroz, además del color, olor y sabor. El contenido de minerales u otras sustancias en el agua de remojo debe ser cuidadosamente considerado, pues podría afectar los resultados del proceso. El grado de dureza y el contenido de sulfitos, tales como H. S. deben ser analizados, ya que pueden formar algún compuesto de sulfito que afectaría el olor y sabor del producto terminado.

Se ha hecho hincapié en que el color del arroz molido es afectado por el pH del agua de remojo y por la posibilidad de ajustarlo. Aún se requieren estudios para determinar el pH más favorable para evitar o reducir la coloración. Por otro lado, si el pH es muy ácido, puede causar un efecto hidrolizante así como la formación de compuestos tales como azúcares y aldehídos, los cuales tienen un efecto adverso en el sabor del producto terminado.¹²²

Además de la fermentación causada por la presencia de impurezas orgánicas en el arroz, las albúminas son solubilizadas durante el remojo, pudiendo descomponerse o mejor dicho, hidrolizarse. El calor del vapor origina que los aminoácidos se dividan con más fuerza, liberando hidrógeno y otros productos orgánicos de sulfuro de bajo peso molecular. Combinados con alcoholes producidos por descomposiciones de lignina, estos productos forman otros de naturaleza olorosa, tales como tio-alcoholes y tio-éteres, los cuales contribuyen, en algunos tipos de arroz precocido al olor y sabor del mismo.

Si la temperatura del agua excede el grado en el que el almidón gelatiniza, la hidratación se presenta más rápidamente y una mayor cantidad de agua es absorbida. Esto también significa que las cáscaras se abran en una extensión apreciable y parte de las cariósides sale del agua, junto con una gran cantidad de sustancias hidrosolubles contenidas en el arroz. Una temperatura del agua

¹²² Ibidem.

por debajo del punto de gelatinización, incrementa proporcionalmente los tiempos de hidratación y reduce la cantidad de agua absorbida, de tal forma que las cáscaras se dividen y la cantidad de sustancias solubles en suspensión disminuye. De todo esto se puede deducir que la temperatura adecuada de remojo puede variar entre 60 y 70 °C.

Cuando la impregnación del grano no alcanza el centro del endospermo, la parte que no ha absorbido agua no gelatiniza por la aplicación de calor. Además de la desigual apariencia de su "panza blanca", los granos no gelatinizados totalmente son más quebradizos durante la molinada. La temperatura del agua y la cantidad de agua absorbida tal vez puede alterar la extensión a la cual se hincha el arroz cuando es cocinado.

4.4.3 Evaporación

El uso de vapor para la gelatinización del almidón es preferible a otros métodos de calentamiento, pues este método no elimina humedad del arroz, sino más bien la adiciona por condensación, incrementando la cantidad total absorbida. Otras ventajas del vapor es que su alto contenido de calor es aplicado a una temperatura constante, es estéril y no tiene olor, es fácil de conducir y también puede ser usado para producir energía antes de ser aplicado para calentar el arroz.

Con el calentamiento de vapor, hay que tener en cuenta las siguientes propiedades: su naturaleza (si es saturado o sobrecalentado), la presión que determina la temperatura a la cual es transmitido y la longitud del tiempo de evaporación.

Aunque el vapor es estéril por naturaleza, existe la posibilidad de contaminación del arroz durante la evaporación. El agua y el calor pueden, de hecho, provocar reacciones químicas entre el material del contenedor y componentes del arroz. La presencia de sulfuro de hierro puede ser encontrada en el agua tomada de autoclaves de fierro, mientras que varios análisis de arroz precocido han demostrado la existencia de un alto contenido de fierro el cual se localiza originalmente, en el arroz con cáscara. Para prevenir esta contaminación y sus consecuencias en el producto terminado, son necesarios contenedores hechos de un material apropiado y una continua eliminación del agua de condensación

El calor total aplicado al arroz para causar la gelatinización del almidón es una combinación del total provisto por la temperatura del agua de evaporación adicionada para calentar y de la condensación del vapor usado en la etapa de calentamiento.

La intensidad del tratamiento de calor se define como el total de efectos combinados de tiempos de remojo y temperaturas con evaporación, aplicándosele a esta intensidad el término "grado de precocido". Habiendo verificado que las variaciones en las condiciones de precocido afectan el color del arroz molido su contenido de almidón soluble, y el supuesto volumen por aire seco expuesto a una corriente de aire calentado a 250 grados C de 16 a 18 segundos, los investigadores han sugerido la posibilidad de medir estos factores para determinar el grado de precocido óptimo.¹²³

El calentamiento de arroz con vapor no presurizado (temperatura no por encima de los 100 grados C) es usual en métodos tradicionales orientales. Sólo

¹²³ Abraham, T. E., et. al. "Process for producing instantized parboiled rice". *General Foods*, Don Mills, Canada. 1990.

pequeñas variaciones son encontradas en el color y cantidad de almidón soluble y en el total del hinchamiento del arroz precocido molido.

Las temperaturas de calentamiento tienen un efecto considerable en el color. El color aparece como resultado de diferentes causas y éstas aún no han sido totalmente acertadas. Además de la cantidad de pigmentos colorantes contenidos en la cáscara, parece que la coloración del endospermo también es causada por absorción de azúcares reductores. Los cuales reaccionan con los aminoácidos y por fusión de las capas de aleurona del endospermo con el núcleo del almidón.

Cuando la temperatura de evaporación excede de 100 grados C el color se hace considerablemente más profundo. En Asia para producir arroz profundamente colorado, se realiza un calentamiento por vapor a presión atmosférica. El producto es apilado para mantener la temperatura tan alta como sea posible.

4.4.4 Secado y Templado

El arroz es secado con dos propósitos fundamentales: preservarlo el mayor tiempo posible y reducir el contenido de humedad sin causar grietas o crear estrellamiento en la cariopsis, la cual se podría romper durante la molienda. El secado del arroz precocido puede efectuarse de diferente manera a la del arroz trillado, en tanto que el contenido de humedad y temperatura sean altos. El sistema más difundido de secado en países tropicales, consiste en extender el arroz sobre pisos secos al sol.¹²⁴

¹²⁴ Ferrero F., "Process for precooking parboiled rice"; Panzani Ponte Liebig: Giovanni, Italy. 1993

Actualmente, el proceso de precocido se realiza mediante el calentamiento del arroz en aire al vacío o por contacto con superficies calientes por donde circulan corrientes de aire.

4.4.5 Molienda y Almacenamiento

No existe ninguna dificultad en desvainar el arroz precocido, pues las cáscaras se dividen o se parten cuando la cariósida se hincha. Ninguna cantidad de germen se obtiene por medio de esta operación, aún cuando éste se realiza con máquinas descascarilladoras con discos de piedra.

El blanqueado, sin embargo, presenta grandes dificultades pues las capas exteriores se adhieren al endospermo y penetran parcialmente en él. A esto se debe agregar el hecho de que las sustancias grasas provenientes del germen se difunden hacia el exterior del salvado, haciendo que los granos sean resbaladizos bajo la acción de fricción de las pulidoras. El alto contenido de aceite en el salvado ocasiona que los agujeros en los tamices de las máquinas blanqueadoras se obstruyan. Para obtener un buen grado de pulimento, el arroz precocido debe ser pasado a través de más pulidores de los que se requieren para el arroz ordinario y éstos deben mantenerse fríos por medio de una succión fuerte de aire. Debido a su dureza, el grado de molienda es más pobre que en el arroz ordinario al que se le ha dado el mismo tratamiento en máquinas con la misma producción por hora.

La molienda de productos intermedios tiene características y usos especiales. La cáscara tiene una apariencia oscura, pero nada se puede hacer al respecto. El salvado con su rico contenido en aceite se mantiene mejor y por más tiempo. Ya que la acción de lipasa es suspendida por varios días en razón del tratamiento de calor al cual es sometido el arroz, la hidrólisis grasa y la

formación de ácidos grasos libres son retardados. El rendimiento y calidad del aceite obtenido por extracción son más altos que los obtenidos de salvado ordinario. El aceite obtenido es, sin embargo difícil de blanquear.

No se ha encontrado un uso especial para granos rotos debido a su color y rompimiento causados por la gelatinización del almidón. por su dureza el triturado es difícil y deben usarse métodos especiales. Además no pueden ser usados en la producción de almidón ni en industrias de fermentación, y casi en su totalidad son usados para fabricar alimento para animales.

En plantas más modernas y avanzadas se le da un acabado final al arroz molido, clasificándolo por color, para eliminar granos manchados y obsucros. Esta operación se realiza por medio de maquinaria electrónica. Los productos intermedios obtenidos también se usan para producir alimentación animal. Si por un lado el arroz se mantiene mejor debido a su dureza y compactibilidad del endospermo existe una desventaja debido al posible deterioro en sabor y olor provenientes de oxidación e hidrólisis de la materia grasa. Una molienda defectuosa es en ocasiones, la principal causa de este deterioro. Sin embargo, después de varias semanas de almacenamiento aún el arroz precocido y bien pulido, puede mostrar deterioro en cuanto a sabor y olor.

En algunos experimentos se han usado antioxidantes para reparar este defecto de almacenamiento, el cual aumenta cuando el arroz es empacado en pequeños paquetes para su venta a menudeo. Las materias grasas también tienden a machar el interior de las cajas o paquetes en los cuales se encuentra empacado el arroz. Una extracción con solvente en la molienda evita este problema, pues remueve la grasa de la superficie o dentro del endospermo.

4.5 PRINCIPALES USOS

4.5.1 Perspectivas para el Futuro

A la solución de muchos problemas de agricultura se le ha llamado "revolución verde" y casi todos los países productores de arroz se han beneficiado con ésto. Sin embargo, se han suscitado nuevos problemas, como los concernientes a los campos de cosecha de productos para consumo humano, a los que no se les ha encontrado solución. El precocido provee un medio muy importante para conseguir el propósito de aumentar su rendimiento, no obstante, el proceso posee diversos aspectos que requieren de un análisis específico.

Desde un principio los científicos han enfocado su atención al valor alimenticio del arroz precocido. Su objetivo tendrá que abarcar otros aspectos relacionados con la producción, que requiere una solución orientada a hacer posible su aceptación por gran parte del público consumidor; para lo cual, se hace necesario eliminar todas aquellas características que hasta ahora han influido en esa no aceptación.

Si el arroz precocido va a remplazar al arroz ordinario a gran escala, los principales objetivos a alcanzar son: la eliminación de un cierto porcentaje de dureza cuando es cocinado, su sabor particular y sus características de color.¹²⁵

Como se señala con anterioridad, las investigaciones se han encauzado al estudio del secado con objeto de comprobar si mediante las altas temperaturas, el almidón puede ser gelatinizado y aprovechar el alto contenido de humedad. Ahora bien, las variedades que tienen granos de textura arenosa y de los cuales

¹²⁵ Ibidem.

Ahora bien, las variedades que tienen granos de textura arenosa y de los cuales usualmente se obtiene un bajo rendimiento después de la molienda pueden, por medio del precocido, experimentar rendimientos verdaderamente altos. Los ataques por moho o insectos que ordinariamente no dañan al arroz pero que si decoloran al arroz precocido, tendrán que ser resueltos en el campo.

Desde hace algún tiempo el arroz precocido ha presentado un relativo éxito en la preparación de sopas enlatadas, al igual que como parte de los ingredientes de sopas empacadas, lo que disminuye el tiempo de cocción.¹²⁶

Usos nuevos y prácticos deberán ser encontrados para el arroz precocido en un futuro, ya sea mediante la explotación de las características que actualmente posee o a través del enriquecimiento de las mismas, con la finalidad de resolver problemas especiales dentro de la industria. Los productos intermedios deben ser mejor aprovechados, a fin de disminuir los costos industriales en la preparación de arroz precocido.

¹²⁶ Ibidem.

CAPÍTULO 5

POSICIÓN DEL ARROZ PRECOCIDO EN LA INDUSTRIA MEXICANA

5.1 MATERIALES Y MÉTODOS

Inicialmente se realizó una investigación con objeto de obtener información sobre el uso e importancia del arroz precocido, en compañías arroceras ubicadas en el Valle de México. Una vez agotado este recurso por la dificultad que encierra la amplitud de información por vía telefónica, independientemente, de que las empresas que se sirvieron proporcionar la información requerida no producen arroz precocido, se optó por la obtención de ésta, a través de las tiendas de autoservicio.

Se llevó a cabo una encuesta en varias tiendas de autoservicio, con la finalidad de obtener información en relación a la existencia de compañías arroceras que manejaran productos a partir del arroz precocido, no obstante mediante el trabajo de investigación, únicamente fue posible la localización de cinco compañías que producen arroz precocido para el consumo interno y para la exportación a Estados Unidos principalmente. Las empresas que se visitaron fueron las siguientes:

Arrocera Covadonga, S. A. de C. V.

Distribuidora y Exportadora de Arroz Integral S.A. de C.V.,

El Rendidor, S.A. de C.V.,

Verde Valle, S. A. y

Exportadora Rotoplas, S.A de C.V.

Existe otra compañía de nombre Arroz Cristal que también se dedica a la producción de arroz precocido, sin embargo, no fue posible obtener información por la vía telefónica.

Una vez obtenidos los teléfonos y direcciones de las mencionadas empresas, se procedió a su contactación para la obtención de la información requerida, mediante la aplicación del cuestionario correspondiente.

5.2 FORMATO DE ENCUESTA

El cuestionario aplicado consta de dos apartados: El primero relativo a datos generales de la empresa. El segundo, a una serie de once preguntas que cumplen con los objetivos para la posterior determinación de los resultados. En este orden de ideas, a continuación se transcribe el contenido de dicho instrumento:

Fecha: -----

Nombre de la Compañía: -----

Dirección: ----- Tel. -----

Nombre del Entrevistado: -----

Puesto: -----

Nombre Comercial de los Productos:

Costo:

.....
.....
.....

QUESTIONARIO:

1.- ¿Qué tipo o variedad de arroz se maneja en la Compañía?

.....
.....

2.- ¿Qué subproductos se utilizan y cuáles se desechan?

Utilizados

Desechados

.....
.....
.....

3.- ¿Qué uso le dan a los productos intermedios?

.....
.....

4.- ¿Trabajan con arroz precocido? SI ----- NO-----

5.- ¿Qué técnicas utilizan en la elaboración del arroz precocido?

.....
.....
.....

6.- ¿Cuál es la producción mensual de arroz precocido?

.....
.....
7.- ¿Qué ventajas o desventajas industriales tiene la producción de arroz precocido?

Ventajas:
.....
.....

Desventajas:
.....
.....

8.- ¿Se obtienen mayores o menores pérdidas en la producción de arroz precocido en relación con el arroz normal?

.....
.....

9.- ¿Cuál es el tiempo de producción desde que se recibe el arroz hasta obtener el producto terminado?

.....
.....

10.-¿A qué sector de la población se dirige su producción?

.....
.....

11.-¿De qué lugar reciben el arroz para procesarlo?

.....
.....

5.3 RESULTADOS DE LA ENCUESTA

Nombre de la Compañía: *Arrocera Covadonga, S.A. de C.V.*

Dirección: *Av. Insurgentes No. 5, Santa Clara Ecatepec.*

Tel. *778-2122 778-1747*

Nombre del Entrevistado: *Srita Verónica Castañeda*

Puesto: *Encargada del Control de Calidad*

Nombre Comercial de los Productos:	Costo:
<i>Arroz Precocido Dorado</i>	_____
<i>Arroz Precocido Amable</i>	_____
<i>Comet Supremo</i>	_____

CUESTIONARIO

1. ¿Qué tipo o variedad de arroz se maneja en la compañía?

R. *Únicamente arroz tipo "Pali"*

2. ¿Qué subproductos se utilizan y cuales se desechan?

R. *Utilizados: Arroz medio grano, granillo, desperdicio, delgado y grueso y 5% de quebrados.*

Desechados: Algo de cascanilla.

3. ¿Qué uso le dan a los productos intermedios?

R. *Se utiliza el arroz medio grano y granillo para venta al público y todo el desperdicio se mezcla con melaza para obtener alimento para ganado llamado "Pelietizado".*

4. ¿Trabajan con arroz precocido?

R. *Sí*

5. ¿Qué técnicas utilizan en la elaboración del arroz precocido?

R. *La convencional. (la persona entrevistada no quiso dar mayores informes sobre técnica utilizada por no convenir a la empresa).*

6. ¿Cuál es la producción mensual del arroz precocido?

R. *Se llegan a producir más de 1,000 toneladas al mes, aunque la producción mensual varía mucho de acuerdo a la demanda y a la cantidad que se importe. Dicha producción corresponde a los últimos tres años, es decir, de 1994 a 1996.*

7. ¿Qué ventajas o desventajas industriales tiene la producción de arroz precocido?

R. *Ventajas: los granos enteros obtenidos son de mejor calidad, no se rompen y tienen mayor tamaño.*

Desventajas: Los desperdicios o productos intermedios que se obtienen del proceso casi no se pueden usar para venta y por lo tanto, en su mayoría son destinados a alimento para ganado. El proceso es más caro y el arroz precocido no tiene mucha demanda en México.

8. ¿Se obtienen mayores o menores pérdidas en la producción de arroz precocido, en relación con el arroz normal?

R. *Se obtienen menos pérdidas en la producción de arroz pulido que en el precocido.*

9. ¿Cuál es el tiempo de producción desde que se recibe el arroz hasta obtener el producto terminado?

R. *El tiempo de producción no es exacto pues varía según los diferentes contratiempos que se presenten o el estado en que se recibe el arroz.*

10. ¿A qué sector de la población se dirige su producción?

R. *Lo piden más en restaurantes, hoteles y tiendas naturistas.*

11. ¿De qué lugar reciben el arroz para procesarlo?

R. *Se importa de Tailandia, China, Viet Nam y algunas veces de Estados Unidos.*

7. *¿Qué ventajas o desventajas industriales tiene la producción de arroz precocido?*

R. *Ventajas: los granos enteros son de mejor calidad, más fuertes y de mayor tamaño.*

Desventajas: El desperdicio de productos Intermedios no se usa para consumo humano, generalmente, se destinan a alimento para ganado. producción de arroz

8. *¿Se obtienen mayores o menores pérdidas en la producción de arroz precocido, en relación con el arroz normal?*

R. *Las pérdidas son mayores en el arroz precocido.*

9. *¿Cuál es el tiempo de producción desde que se recibe el arroz hasta obtener el producto terminado?*

R. *Varia según las características del grano.*

10. *¿A qué sector de la población se dirige su producción?*

R. *Principalmente a restaurantes.*

11. *¿De que lugar reciben el arroz para procesarlo?*

R. *Se importa de Tailandia.*

Nombre de la Compañía: *El Rendidor, S.A. de C.V.*
Dirección: *Calzada de los Reyes Esq. con las Cruces, Tlanepanlla, D.F.*
Oficina: *Allende 301*
Tel. *580-0286*
Nombre del Entrevistado: *Sr. Felipe Gómez.*
Puesto: *Supervisor*

Nombre Comercial de los Productos: *Arroz Precocido Inmejorable* **Costo:** _____

CUESTIONARIO

1. **¿Qué tipo o variedad de arroz se maneja en la compañía?**
R. Arroz tipo "Chatty"

2. **¿Qué subproductos se utilizan y cuales se desechan?**
R. Utilizados: *granillo, delgado y grueso*
Desechados: *No hay*

3. **¿Qué uso le dan a los productos intermedios?**
R. *Granillo, delgado y grueso se vende al consumidor.*

4. **¿Trabajan con arroz precocido?**
R. *Si*

5. **¿Qué técnicas utilizan en la elaboración del arroz precocido?**
R. *La tradicional.*

6. **¿Cuál es la producción mensual del arroz precocido?**
R. *A partir de 1992 se producen de 800 a 1,100 toneladas mensuales dependiendo de la demanda.*

7. **¿Qué ventajas o desventajas industriales tiene la producción de arroz precocido?**
R. *Ventajas: la calidad de los granos es superior en todos aspectos.*

Desventajas: El proceso de arroz precocido encarece el producto

8. **¿Se obtienen mayores o menores pérdidas en la producción de arroz precocido, en relación con el arroz normal?**

R. Son mayores las pérdidas en el arroz precocido.

9. **¿Cuál es el tiempo de producción desde que se recibe el arroz hasta obtener el producto terminado?**

R. No es posible determinar un tiempo promedio en virtud de que el mismo depende de la calidad del arroz.

10. **¿A qué sector de la población se dirige su producción?**

R. Restaurantes y tiendas de autoservicio.

11. **¿De qué lugar reciben el arroz para procesarlo?**

R. De China.

Nombre de la Compañía: **Verde Valle, S.A.**
Dirección: **Azcapotzalco, D.F.**
Tel. **527-3280**
Nombre del Entrevistado: **Ing. Antonio Carmona**
Puesto: **Gerente de Ventas**

Nombre Comercial de los Productos: Costo:
Arroz Precocido Extra y Super Extra _____

CUESTIONARIO

1. **¿Qué tipo o variedad de arroz se maneja en la compañía?**
R. **Arroz tipo "Pali"**

2. **¿Qué subproductos se utilizan y cuales se desechan?**
R. **Utilizados: Medio grano, granillo, delgado y grueso.**
Desechados: Un porcentaje mínimo de cascarilla.

3. **¿Qué uso le dan a los productos intermedios?**
R. **Medio grano, granillo, delgado y grueso se destinan al consumidor.**

4. **¿Trabajan con arroz precocido?**
R. **Si**

5. **¿Qué técnicas utilizan en la elaboración del arroz precocido?**
R. **La característica de todas las aroceras: convencional**

6. **¿Cuál es la producción mensual del arroz precocido?**
R. **Entre 900 y 1,200 toneladas al mes.**

7. **¿Qué ventajas o desventajas industriales tiene la producción de arroz precocido?**
R. **Ventajas: la calidad del arroz es superior a la del arroz convencional.**
Desventajas: El costo de producción es mucho más alto.

8. ¿Se obtienen mayores o menores pérdidas en la producción de arroz precocido, en relación con el arroz normal?
R. *Considero que las pérdidas son superiores en el proceso del arroz precocido.*
9. ¿Cuál es el tiempo de producción desde que se recibe el arroz hasta obtener el producto terminado?
R. *Indeterminado, ya que se deriva precisamente de la calidad del mismo.*
10. ¿A qué sector de la población se dirige su producción?
R. *Hoteles y restaurantes.*
11. ¿De que lugar reciben el arroz para procesarlo?
R. *De Tailandia y Viet Nam.*

Nombre de la Compañía: *Exportadora Rotapias, S.A. de C.V.*

(Entrevista vía telefónica).

Tel. 625-0093

Nombre del Entrevistado: *Lic. Catalina Romero*

Puesto: *Gerente de Producción*

Nombre Comercial de los Productos: Costo:

Arroz Precocido Extra _____

Arroz Precocido Máximo _____

CUESTIONARIO

1. ¿Qué tipo o variedad de arroz se maneja en la compañía?

R. *Arroz tipo "Chatty"*

2. ¿Qué subproductos se utilizan y cuales se desechan?

R. *Utilizados: Medio grano, granillo, delgado y grueso y un 5% c. quebrado.*

Desechados: Cascarilla.

3. ¿Qué uso le dan a los productos intermedios?

R. *Se utilizan para la venta al público el medio grano, granillo, delgado y grueso.*

4. ¿Trabajan con arroz precocido?

R. *Sí*

5. ¿Qué técnicas utilizan en la elaboración del arroz precocido?

R. *Considerando que la adaptación de maquinaria y técnicas más avanzadas representan un gasto muy fuerte para la empresa, se sigue trabajando con la técnica tradicional.*

6. ¿Cuál es la producción mensual del arroz precocido?

R. *A partir de mediados de los 80, la producción se redujo considerablemente, por lo que de 1987 a la actualidad la producción varía entre 100 y 200 toneladas mes con mes, sin embargo, se puede decir que en promedio se producen entre 800 y 1.000 toneladas mensuales.*

7. ¿Qué ventajas o desventajas industriales tiene la producción de arroz precocido?

R. Ventajas: El arroz precocido es superior en calidad en comparación con el pulido.

Desventajas: El costo de producción es más alto.

8. ¿Se obtienen mayores o menores pérdidas en la producción de arroz precocido, en relación con el arroz normal?

R. Las pérdidas son mayores en el arroz precocido, debido a su proceso.

9. ¿Cuál es el tiempo de producción desde que se recibe el arroz hasta obtener el producto terminado?

R. El tiempo está determinado por la calidad del arroz.

10. ¿A qué sector de la población se dirige su producción?

R. Hoteles y restaurantes y tiendas de productos naturales.

11. ¿De qué lugar reciben el arroz para procesarlo?

R. De China.

5.4 DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Los datos obtenidos de las las cinco empresas encuestadas, en términos generales resultaron muy similares.

Con base en las respuestas obtenidas se deduce que las compañías productoras de arroz precocido, sólo utilizan arroz de importación debido a su mejor calidad y menor precio.

El cultivo de arroz se realiza en los diversos países, bajo condiciones ambientales muy diversas, ya sea mediante inundación o agua de lluvia, a nivel del mar o en lugares de gran altitud.

Sin embargo, el arroz que tiene mayor demanda es el tipo Palai, debido a que cumple con las características físicas más adecuadas para la producción de arroz precocido.

Del arroz tipo Palai, se utiliza para consumo humano según los resultados de la encuesta, exclusivamente el arroz de grano medio, llamado así cuando la longitud del 80% de la muestra de grano entero elaborado es de 5.0 mm a 5.99 mm. El resto del arroz y sus subproductos de desecho, en los cinco casos, son mezclados con melaza y utilizados como alimento para ganado. Como la digestibilidad y valor nutritivo de estos subproductos son muy escasos, se debe dosificar cuidadosamente la cantidad de melaza, pues en rumiantes ocasiona lesiones en vías respiratorias, esófago, y otros órganos del aparato digestivo.

Las mencionadas compañías están de acuerdo sobre el hecho de que muchas veces no pueden dar el uso adecuado a los productos intermedios derivados de la fabricación del arroz por diversas razones, entre las que destacan: falta de tecnología, inversión económica del proceso, o baja productividad.

La obtención del arroz precocido se realiza mediante la técnica convencional; no se pudo obtener mayor información al respecto debido a política de las empresas; por lo que se supone que basan su técnica en los procedimientos esenciales de prelavado, remojo, evaporación, secado y molienda. Aunque existen mejores métodos de obtención del arroz precocido, cuando menos las empresas encuestadas, se basan en estos principios y sus variaciones son muy pocas, dependiendo de su infraestructura de producción.

Por otra parte, no fue posible obtener una cifra exacta del monto de producción mensual del arroz precocido, en virtud de que aparentemente, presenta variaciones importantes en función directa de la demanda.

Las ventajas que se reportan son en cuanto al rendimiento y calidad de los granos obtenidos. En términos generales las empresas estuvieron de acuerdo en que el grano entero que se obtiene es más resistente al manejo, tiene una mayor vida de anaquel y por lo tanto, una mejor apariencia física al ser cocinado.

En cuanto a las desventajas, en su mayoría son de tipo económico, básicamente debido al costo del proceso, que no se compara con el del arroz convencional. Este incluye una técnica más elaborada y un mayor cuidado en cada uno de los procesos, puesto que pequeños descuidos representan pérdida del producto.

Se observó que se obtienen menos pérdidas en la elaboración de arroz convencional, debido a que los procesos son diferentes y por lo tanto se llega a productos terminados muy diversos. El tiempo de producción del arroz precocido en la industria depende de muchos factores, como problemas con el equipo de trabajo así como otros contratiempos propios del proceso. La calidad del arroz que se recibe es otro factor interesante, pues en la calidad se refleja el cuidado tenido desde la siembra hasta el cultivo. La formación y desarrollo de una planta depende de tres factores: el potencial genético propio de la variedad cultivada, las condiciones climáticas que se verifican durante las diversas fases de formación y el crecimiento de los órganos de la planta y de las prácticas de cultivo realizadas para permitir a la planta poner de manifiesto las capacidades intrínsecas que potencialmente, posee. Además, los factores climáticos, como calor, luz y humedad deben presentarse en una combinación adecuada. De esta

manera, se pueden realizar óptimamente los procesos fisiológicos y metabólicos indispensables para el desarrollo de la planta.

Por lo tanto si uno de los factores antes mencionados se altera o falta, el desarrollo de la planta no será el mismo y por consiguiente, no se obtendrá el producto esperado.

Aunque se sabe que el arroz es un producto básico en la dieta del mexicano y por consiguiente un producto popular, el arroz precocido no puede ser considerado como tal, pues como se ha mencionado, no es un producto muy aceptado por el consumidor.

Desde el punto de vista nutricional las ventajas del arroz precocido son muchas. Parte de las sustancias de valor nutricional contenidas en el arroz como azúcares reductores, vitamina B y aminoácidos pueden utilizarse en vez de perderse en la molienda. Por otra parte, el arroz precocido se puede enriquecer con vitaminas y minerales durante el proceso, mientras que es más difícil realizar este enriquecimiento en arroz convencional.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES

El arroz precocido es un producto de importancia mundial desde varios puntos de vista. Se ha comprobado que el arroz precocido es más rico en tiamina que el arroz convencional debido a que la tiamina se encuentra en mayores proporciones en la parte superficial del grano y en el germen. El precocido hace el cotiledón más adherente (aquí se encuentra el 59% de la tiamina), de modo que no se separa en la molienda.

Parte de las sustancias de alto valor nutricional (vitaminas y minerales), en vez de perderse en la molienda, pueden ser utilizadas. Esto es de vital importancia para quienes el arroz es el artículo principal en su dieta, pues les proporciona cantidades importantes de estos nutrimentos.

Aunque en un principio el proceso de precocido se usó para facilitar la remoción de la vaina, en la actualidad uno de sus principales objetivos es aumentar la producción del grano entero.

Debido a que el precocido gelatiniza superficialmente el almidón e imparte una dureza apropiada al grano, esto evita que el grano se cisure al exponerlo a condiciones ambientales de humedad, o que las grietas presentes en el endospermo se cierren haciendo el grano translúcido, fuerte u duro. Debido a esto el arroz precocido presenta mayor vida de anaquel, se obtiene un mejor rendimiento de arroz comestible, el grano se hace más resistente a la perforación de insectos y el ataque de mohos, hay menos pérdida de almidón al cocinarlo en casa y lo hace más digerible, pues los granos separados ofrecen una superficie mayor para que los jugos gástricos trabajen en ellos.

No obstante lo anterior, también existen aspectos negativos en el proceso de precocido, como son la dificultad en el pulido, un olor y sabor particulares, así como la presencia de granos descoloridos y oscurecidos, características que el consumidor considera como imperfecciones y evita su consumo.

El alto costo en la producción de arroz precocido se ve compensado por el alto rendimiento del producto, con un menor porcentaje de granos rotos.

El proceso de precocido también permite el enriquecimiento del arroz para aumentar el contenido de calcio en el arroz, así como el de reiboflavina, vitaminas y minerales entre otros.

Por todas las ventajas que ofrece el arroz precocido, se debe considerar la importancia que representa para la alimentación de los mexicanos el incremento de su consumo, dado que elevaría las condiciones nutricionales de su alimentación, independientemente, de que los productores también se verían beneficiados por una mayor demanda del mismo, así como por el consecuente incremento en la producción.

Resulta necesario destacar que el arroz precocido tiene muy poca demanda en México, no sólo en el área, materia de estudio sino a nivel nacional las razones principales para esto, son entre otras, los hábitos de consumo característicos del mexicano que prefiere el arroz integral al arroz procesado, además, hasta ahora los productores han descuidado el uso de la publicidad para generar nuevos hábitos de consumo, y en ésta deben señalarse las ventajas nutricionales y de presentación culinaria que ofrece el arroz precocido frente al no procesado. Se tuvo oportunidad de visitar algunas tiendas de autoservicio, en donde al platicar con las personas encargadas del

Departamento de Abarrotes, éstas comentaron que cuando no han tenido abasto de arroz no procesado, el desplazamiento del arroz precocido se incrementa sin que los clientes muestren desagrado al no existir en los anaqueles el arroz que habitualmente consumen, lo cual es indicativo de que mediante una verdadera campaña promocional el mercado del arroz precocido se incrementaría sensiblemente, dando margen a la generación del valor agregado derivado del procesamiento

CAPÍTULO 7

BIBLIOGRAFIA

- 1.- **Brown, Lester, R. Como Aumentar la Producción Mundial de Alimentos: Problemas y Perspectivas; Editorial Hispano Americana, México, 1993.**
- 2.- **Scharrer, W.: Química Agrícola; McGraw-Hill, México, 1992.**
- 3.- **Pequeño Larousse; (diccionario) Ediciones Larousse, México, 1991**
- 4.- **Potter, N.. Food Science; The AVI Publishing Company, Inco Westport, Connecticut, 1968.**
Ong, M. H. The significance of starch polymorphism in commercially produced parboiled rice; Univ of Nottingham, Loughborough, 1995
- 5.- **Luz, MLGS. Treptow, RO. Parboiled and milled rice preference-consumption evaluation; Univ. Fed. de Pelotas, Brazil 1994.**
- 6.- **Rizk, L F. Composition and mineral content of rice bran of two Egyptian rice varieties; United States, 1995.**
- 7.- **Jamuna, P.; Journal of Food Sciences and Nutrition; No 46, Vol 177 EE UU, 1995.**
- 9.- **Carreres, R. M.: El Arroz, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 1989**
- 14.- **Olacoaga, J.K. Dietética. Bromatología de los alimentos industrializados, Tomo 3, México, 1975.**

- 16.- Saunders, R.M.; **Western Regional Research Center**, United States
Department of agriculture Food Reviews
International, Albany, California 1985
- 18.- McCASKILL, d r . eT. aL. **Method of making a steanstable quality parboiled
rice product**; United States, 1991.
- 19.- Tinarelli, Antonio; **Edagricole**; Bologna, Italia 1988
- 23.- Chandrasekhar, P.R ; Rice puffing in relation to its varietal characteristics and
processing conditions; **Journal of Food
Process Engineering**, No. 14. 1994.
- 27.- Ong, M.H. and Blanshard, J.M. "Texture determinants in cooked parboiled rice
**Physicochemical properties and leaching
behaviour of rice**"; Nottingham, Sutton
Bonington Campus, 1995.
- 29.- Ong, M.H. and Blanshard, J.M V.; "Texture determinants in cooked parboiled
rice", **Rice Starch amylose and the fine
structure of amylopectin**; Univ. Of
Nottinham, 1995
- 32.- Strandt, T . et al **Determination of the qualitative properties of parboiled
rice and the effect of parboiling process**;
Germany, 1995.
- 35.- Jamuna, Prakash, Ramanathan, G.; **Effect of stabilisation treatment of rice
bran on nutrironal quality of protein
concentrates**; Mysore, India. 1995.
- 39.- Luz, MLGS, Treptow, RO. **Evaluation of parboiled rice submitted to several
conditions of complemental drying**; Univ.
Fed. de Pelotas, R.S., Brazil 1994.
- 40.- Luz-M.L., et. al.; "Parboiled and milled rice preference consupcion evaluation",
**Boletim-da-Sociedade-Brasileira-de-Ciencia-e
Tecnologia- de Alimentos**. Brasil. 1994.

- 43.- Unnikrishnan, K. R. Bhattacharya K.R. **Changes in properties of parboiled during ageing**; India. 1995
- 45.- Pillaiyar, P., et al. **Quality changes in HTST processing of rice parboiling**; Tamil Nadu, India. 1994
- 53.- Ong, M.H. **The significance of Starch polymorphism in commercially produced parboiled rice**; Univ. Of Nottingham, Loughborough. 1995
- 57.- Houston, D.F. **Rice-Chemistry and Technology**; St. Paul, M.N.; American Association of Cereal Chemistry, 1972.
- 61.- Redy, H.G.R.; "Rice bran stabilization", **Unido Ad-Hoc Expert Group Meeting**; Viena Report ID/EG. 240/3. 1976.
- 65.- Parakash, J.; **Effect of stabilisation treatment of rice bran on functional properties of vitamin concentrates**; Mysore, India
- 69.- Nguyen J. H.; **Fissure related to postdrying temperature in rough rice**; Cereal Chem. 1934.
- 70.- Jayaraman, P. **Changes in storage mycoflora of parboiled rice through different stages of processing**; Univ. of Madras, India. 1994
- 72.- Barber, S., et. al; "Rice: Production and utilization", B.S. Lah De. AVI Publishing, Co. Westport, Conn. 1980.
- 73.- Amarjeet, Kaur; **Evaluation of nutritional quality of parboiled rice**; Univ. Ludhiana, India. 1994
- 74.- Kinsella, J. E.; **Functional properties of protein in foods; A survey Critical Reviews in food Sci. EE. UU., 1976.**
- 75.- Kratochvil, C.P. **Quality assurance in the food industry**; United States 1994

- 76.- Urbanski, Al; Food and Beverage Marketing, EE. UU., 1990**
- 77.- Food and Agricultural Organization, Production Year Book. Food and Agricultural Organization of the Unites Nations, Rome. FAO Statistics No 55, Vol 37, 1983.**
- 79.- Schneeman, B. O.; Effects of plant fiber on lipase, trypsin and chymotrypsin activity; J. Food Sci. 1978.**
- 80.- Normand, F. L and Kunze, O. R.; Fissure related to postdrying temperature in rough rice; Cereal Chem 1934.**
- 83.- Risk L. F., et. al; Chemical composition and mineral content of rice bran of five varieties heated by microwave; Dep. Agric. Res. Cent., Giza, Egypt. 1994.**
- 85.- Bhattacharya, K. R. and Subba Rao, P.V.; Effect of processing conditions on quality of parboiled rice; J Agr. Food Chem 14 (5) 1996.**
- 86.- Araullo, E.V., D.B. de Padua and Michael; Parboiling: in "Rice Post Harvest Technology"; International Development research center; Ottawa, Canada. Graham, editors. 1977.**
- 87.- Stahel, G.; Breaking of rice in milling in relation to the condition of the paddy, Tropical Agriculture. 1985.**
- 88.- Desicachar H.S.R.; The formation of cracks in rice during wetting and its effect on the cooking characteristic of the cereal; Cereal Chem 1971**
- 89.- Kunze, O. R. Y Hall, C.W.; Moisture adsorption characteristics of brown rice Transactions of the ASAE 1977**

- 90.- Gariboldi, F : Rice parboiling. FAO agricultural development paper No. 97;**
Food and Agricultural Organization of the
United Nations Rome 1974
- 92.- Arai, K . et al : Studies on the effect of parboiling on japonica and indica
rice. Ja. J Trop. Agric. 1975.**
- 93.- Doos, H A. Technological properties of microware parboiled rice;** Inst.
Agric. Res. Cent. Giza, Cairo, Egypt 1993
- 96.- Gariboldi, F ; Rice: Chemistry and Technology;** D.F. Houston, editor American
Association of Cereal Chemistry. 1972.
- 97.- Rama Rao, G ; Additive developed for vegetable oil industry;** Paper
presented at all India Oil seeds and oils trade
and industry held at Madras Nov 1974
- 98.- Ali, S. Z. y K. R. Bhattacharya; Studies on pressure parboiling of rice J. Food
Sci. Technology. 1982.**
- 101.- Bhaskard, G. et. al: Effect of phosphate and citrate on quick of rice,** Indian
Inst. Kharagpur, India. 1989
- 104.- Hendrickx, M , The relation between rice soaking behaviour and its kernel
dimension distribution characteristics;** Inst
of Food Science & Technology. Singapore.
1989
- 106.- Mahanta, C. L. , Nature of starch crystallinity in parboiled rice. Inst. Mysore,
India. 1990**
- 109 - Vorwerck, K. Low moisture parboiling of paddy;** Journal of Food Science and
Technology; Thanjavur, India 1993
- 112.- Lehrack, U . New possibilities for the hydrothermal treatment of parboiled
rice;** Bergholz- Rehbruecke, Germany 1992.

- 115.- Marshall, W. E.; **Determining the degree of gelatinization in parboiled rice;**
USDA, New Orleans 1993
- 118.- Quaglia, G. B., et. al; "Physico-structural characteristics of pre-cooked
compressed freeze-dried rice" **Istituto
Nazionale della Nutr.** Rome, Italy 1992.
- 121.- Chandrasekhar, P. R.; Rice puffing in relation to its varietal characteristics and
processing conditions. **Center, Vet. Coll.
Campus Mannuthy, Kerala, India.** 1991.
- 123.- Abraham, T. E., et. al; "Process for producing instantized parboiled rice",
General Foods, Don Mills, Canada. 1190.
- 124.- Ferrero F.; "Process for precooking parboiled rice", **Panzani Ponte Liebig;**
Giovanni, Italy. 1993.