

62498

# CAPÍTULO 4

## USOS POTENCIALES DEL SALVADO DE ARROZ ESTABILIZADO EN LAS INDUSTRIAS DE ALIMENTOS, COSMETOLÓGICA Y FARMACÉUTICA, Y USOS ALTERNOS A DICHAS INDUSTRIAS

Industrias potenciales:  
de alimentos,  
cosmetológica,  
farmacéutica y  
usos alternos a dichas industrias

**Autor**  
Marisol Aguirre



## INTRODUCCIÓN

Se investigaron los usos y mercados potenciales del salvado de arroz (SA) basados en el contenido de proteína, antioxidantes y fibra dietaria entre otras. La investigación se centró en las industrias de alimentos funcionales, enriquecidos y fortificados; además se exploraron las industrias cosmética y farmacéutica. Adicionalmente se elaboró una investigación sobre usos alternos a estas industrias.

## EL SALVADO DE ARROZ EN LA INDUSTRIA DE LOS ALIMENTOS

Los alimentos a base de soya son bien conocidos por sus beneficios sobre la salud. Este tipo de alimentos generalmente contienen buena cantidad de grasas mono y poliinsaturadas, proteínas y otros beneficios tales como cantidades moderadas de fitoquímicos. No existe duda de que la industria de la soya ha hecho bien en la concientización sobre los beneficios de este producto en la salud, aunque el mercado alimenticio de la soya continua creciendo, ha sido incapaz de capturar el interés en todos los grupos de edades. De igual manera, existen cuestionamientos respecto a los problemas relacionados a su fabricación ya que se hace uso de procesamientos abrasivos contra el medio ambiente donde se gastan grandes cantidades de agua fresca y se realizan extracciones con hexano con el fin de aislar fracciones de proteínas. Desafortunadamente también se ha encontrado que el consumo de alimentos de soya puede causar inflamación intestinal y molestias debido a la difícil digestión de la estaquiosa y la rafinosa. Estos últimos dos carbohidratos restringen la aplicación universal de los ingredientes basados en esta materia prima en alimentos y carnes procesadas (Hoogenkamp H., 2009).

Conociendo que las industrias de alimentos fortificados, enriquecidos y funcionales están en aumento, debido a las nuevas tendencias alimentarias del mundo (alimentos saludables); es necesario encontrar una materia prima alterna que pueda cumplir con todos los requerimientos anhelados. Es entonces como el SA estabilizado se convertiría en una materia prima potencial para esta industria tan creciente. El SA es en promedio cerca del 40 % más barato que la soya. El precio del SA es del orden de los 400 pesos el Kg mientras que el de la soya es de 1070 pesos el Kg (Agrocadenas, 2004). De manera importante, es necesario resaltar que el SA estabilizado es considerado como un alimento seguro (GRAS) por la FDA (Qureshi *et al.*, 2002).

Al ver este gran potencial, muchos investigadores han querido conocer las propiedades y el comportamiento del SA en productos alimenticios, por lo tanto han surgido diversos estudios alrededor del mundo donde se comprueba el gran beneficio, no solamente nutricional sino también textural, y su aporte en la conservación de productos cuando es utilizado como aditivo alimentario.

## Antioxidantes

Compuestos sintéticos tales como butilhidroxitolueno (BHT), butilhidroquinona terciaria (TBHQ), butilhidroxianisol (BHA) y butilgalato (PG) han sido ampliamente usados como antioxidantes en la industria de alimentos. Sin embargo, muchos investigadores han reportado efectos adversos de estos antioxidantes sintéticos entre los cuales resaltan su toxicidad y su carcinogenicidad (Ito *et al.*, 1986; Whysner *et al.*, 1994; Williams *et al.*, 1999). Debido a las tendencias en mantener una seguridad alimentaria y por tanto a la limitación del uso de antioxidantes sintéticos y aspectos tales como la preferencia del consumidor por adquirir productos naturales, se ha popularizado el uso de antioxidantes de origen natural (Branen, 1975). Los antioxidantes naturales obtenidos de materiales comestibles, subproductos comestibles y recursos residuales se han convertido entonces en una alternativa interesante (Moure *et al.*, 2001). Por consiguiente, un gran número de investigadores se encuentra estudiando materiales provenientes de plantas como posibles fuentes de compuestos de alta eficiencia y antioxidantes seguros con una multitud de efectos biológicos.

El SA es una fuente potencial de esteroides, alcoholes superiores, gamma-orizanol, tocoferoles, tocotrienoles y compuestos fenólicos (Nicolosi *et al.*, 1994). Estos recursos han mostrado gran potencial para su biodisponibilidad (Liu, 2003). De acuerdo con reportes de literatura, los efectos antioxidantes de los extractos de SA se han destacado en sistemas *in vitro* como captadores de radicales libres, poseedores de habilidad quelante y poder reductor (Iqbal *et al.*, 2005; Nam *et al.*, 2006).

López & Rodríguez (2009) encontraron que la variedad de arroz colombiano con mayor capacidad antioxidante es Cimarrón Barinas con 7,68 mmol/kg de muestra para la primera etapa de pulido, seguida por las variedades Fedearroz 50 y Fedearroz 60 con 7,46 mmol/kg de muestra y 6,81 mmol/kg de muestra, respectivamente. Al mismo tiempo observaron una disminución de la capacidad antioxidante para las distintas variedades en la segunda etapa de pulido, probablemente debido a efectos del proceso o efectos enzimáticos que degradan los compuestos antioxidantes.

La actividad antioxidante del aceite del SA en este estudio presentó un valor mayor (7,68 mmol Trolox/kg de muestra) al de otros aceites como el de soya (2,20 mmol Trolox/kg de muestra) y el aceite extravirgen de oliva (1,79 mmol Trolox/kg de muestra), esto probablemente se debe a su alto contenido de tocotrienoles (Rovellini *et al.*, 1997) y a la presencia del gama orizanol, el cual no se encuentra presente en los otros aceites (Chen & Bergman, 2005).

## Aceites

### Aceite de pescado

El aceite de pescado tiene un gran contenido de ácidos grasos poliinsaturados (PUFA) especialmente los grupos omega-3 tales como eicosapentaenoico (EPA) y ácido

docohexaenoico (DHA). Este aceite al tener un alto nivel de ácidos poliinsaturados puede ser susceptible a la autooxidación y producir sabores indeseables conduciendo a la pérdida de su valor nutricional así como también a la formación de compuestos tóxicos durante su almacenamiento (Frankel, 1998). En la rancidez que a veces se produce en el aceite de pescado se originan descomposiciones proteicas de la cistina y cisteína que contienen enlaces disulfuro. Esto trae como consecuencia la formación del venenoso ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ). Muchos son los casos de muertes acaecidas en barcos pesqueros y silos contenedores de aceite de pescado crudo mantenidos mucho tiempo sin ventilación adecuada. Basta que una persona asome su cabeza en estos lugares recién destapados, para que colapse rápidamente. Sin embargo, la estabilidad oxidativa de este producto puede mejorarse mediante la adición de antioxidantes (Chotimarkorn *et al.*, 2008).

Los principales antioxidantes mayormente usados en los aceites incluyen los tocoferoles, el butilhidroxianisol (BHA) y el butilhidroxitolueno (BHT) (Chu & Hus, 1999), recordemos que como anteriormente se señaló el BHA y el BHT tienen efectos adversos sobre el organismo y su consumo resulta riesgoso para la salud de las personas. Sin embargo, varios estudios encontraron que el gamma-orizanol obtenido de extractos del SA tiene un marcado efecto estabilizante durante almacenamiento y freído (Chotimarkorn & Silalai, 2008; Kochhar, 2000). Además, se ha comprobado que los extractos de SA añadidos al aceite de atún pueden reducir los cambios en la composición de ácidos grasos, tocoferoles totales y contenido de fenólicos que ocurren durante la peroxidación de lípidos en el almacenamiento de aceites, sorprendentemente se observó que su estabilidad oxidativa se incrementó con el aumento en la concentración de los extractos añadidos (Chotimarkorn *et al.*, 2008).

### **Aceite de soya**

Normalmente los aceites líquidos con menor posibilidad para alcanzar su estabilidad oxidativa durante freído profundo son los hidrogenados. Estos aceites sufren de rancidez hidrolítica y rancidez oxidativa lo cual conduce a su rápido deterioro. Sin embargo, durante su hidrogenación se forman cantidades nutricionales de isómeros de ácidos grasos trans. Una alternativa para tratar la hidrogenación es mezclar estos aceites líquidos con aceites poliinsaturados que contengan antioxidantes naturales tales como el aceite de oliva, de semillas de ajonjolí y de SA (Kochhar, 2000).

Erickson & Frey (1994) afirman que ciertas mezclas de aceite de SA con aceite de soya decrecen la velocidad de deterioro del aceite debido a la notable capacidad antioxidante del aceite del SA. Esta mezcla de aceite para freír mejora la estabilidad y revela una menor cantidad de ácidos grasos poliinsaturados, particularmente ácido linoléico y linolénico.

Según la literatura, la composición de los ácidos grasos del aceite para freír es un factor importante que afecta el sabor del alimento freído y su estabilidad; por lo tan-

to, se recomienda que contenga un bajo nivel de ácidos grasos poliinsaturados tales como linoléico y linolénico y altos niveles de ácido oléico con cantidades moderadas de ácidos grasos saturados (Kiatsrichart *et al.*, 2003; Mehta & Swinburn, 2001).

En este estudio, los ensayos demostraron que la mezcla de aceite de soya con aceite de SA provee protección al producto freído contra la peroxidación de los lípidos durante su almacenamiento mediante la baja combinación inicial de los niveles de ácidos grasos insaturados y la disminuida velocidad en el decrecimiento de ácidos grasos poliinsaturados. De manera interesante, Kochhar (2000) demostró que mediante esta técnica la estabilidad de *snacks* freídos en estos aceites se incrementa sustancialmente. Varios estudios previos han demostrado que el contenido de ácidos grasos poliinsaturados disminuye rápidamente con el incremento del contenido de ácidos grasos saturados, fenómeno resultante de la peroxidación de lípidos en productos freídos durante el almacenamiento (Chung *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2004).

Chotimarkon & Silalai (2008) comprobaron que las mezclas de aceite de soya con 50 y 75 % de aceite de SA mejoran la estabilidad oxidativa y previenen la rancidez hidrolítica en productos freídos (a 60 °C) durante su almacenamiento ya que el aceite de SA tiene menos concentración de ácidos grasos poliinsaturados y mayor contenido de gamma-orizanol que el aceite de soya. En estos ensayos el contenido de gamma-orizanol no pudo ser detectado en la masa en cuyo freído se usó 100% de aceite de soya, sin embargo se observó que este compuesto se incrementó con el aumento en las proporciones de aceite de SA en la mezcla. El contenido de gamma-orizanol de la masa freída permaneció estable durante 10 días de almacenamiento. Estos resultados fueron consistentes con estudios previos mostrando que el gamma-orizanol tiene efectos notables en la estabilización durante el freído (Kochhar, 2000) y que el ferulato sitostanil fue más estable al calor que el  $\alpha$ -tocoferol a alta temperatura (Nystrom *et al.*, 2007). El gamma-orizanol es reconocido en el aceite de SA por su efecto antioxidante (Juliano *et al.*, 2005) y en su papel en la disminución de la peroxidación lipídica en masa freídas durante su almacenamiento. La gran cantidad de gamma-orizanol en las masas freídas mostró que este antioxidante puede retardar la degradación de tocoferol. Además, la combinación de factores tales como los altos niveles de gamma-orizanol, su estabilidad y la menor velocidad de degradación del tocoferol en la masa freída en la mezcla de aceite de soya y aceite de SA conducen a considerar un posible efecto antioxidante sinérgico entre diferentes agentes.

### Freído

El contenido de  $\gamma$ -orizanol del aceite de SA ha demostrado no cambiar después de someterlo a freído por encima de una temperatura de 180 °C y un tiempo estimado de 1 h (Krishna *et al.*, 2005).

### **Empanadas de carne**

Kim y colaboradores (2003) encontraron en un estudio sobre la estabilidad oxidativa de empanadas de carne, que aquellas que contenían  $\gamma$ -orizanol presentaron una estabilidad oxidativa mucho más alta durante su almacenamiento en comparación con otras empanadas que contenían otros antioxidantes. La carne cocida que contenía  $\gamma$ -orizanol presentó los valores más bajos en sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS –un medidor de peroxidación lipídica y por tanto de estabilidad oxidativa–), de igual manera obtuvieron bajos resultados al ser evaluadas sobre calificaciones de sabor, colesterol C<sub>7</sub>-oxidado, hidroperóxido y niveles de hexano.

### **Carne de vacuno**

Se ha comprobado que la carne de vacuno usada para asar que contiene fibra de arroz y/o aceite de arroz tiene una estabilidad oxidativa más alta durante el almacenamiento que aquella sin aditivos (Kim *et al.*, 2000).

### **Emulsiones de carne tipo *premium***

Para este tipo de emulsiones una adición del 1-2 % de SA puede ser suficiente. El ingrediente funcional se desempeña mejor cuando se adiciona en seco y en forma directa dentro del mezclador. Del tamaño granular del SA depende el rápido incremento de la absorción de agua. Diferente de la proteína de soya la cual, al incrementar su contenido, tiene la tendencia a incrementar el pH y debilitar el color de la carne, el SA aislado no tiene efecto sobre estas variables. Por el contrario, debido a sus fuertes propiedades antioxidantes, el SA mejora el tiempo de almacenamiento y color de las carnes curadas (NutraCea, 2008).

Generalmente, a mayor adición de proteína de soya se reduce el color típico de los productos curados. Aunque, el SA en alguna manera debilita el color después de 45 días de almacenamiento, este fenómeno es menos intenso que las carnes en las cuales se formula proteína de soya (NutraCea, 2008).

### **Leche entera en polvo**

En un estudio realizado por Nanua y colaboradores (2000) se redujo la oxidación de la leche entera en polvo durante su almacenamiento añadiendo 0,1% de aceite de SA. Cuando se comparó sensorialmente con el control, los consumidores no pudieron detectar ningún efecto en el sabor de la leche reconstituida con un contenido del 0,1% de este aceite.

### **Pardeamiento en dulces, caramelos y tortas**

Un subproducto importante de la refinación del aceite de SA es el ácido ferúlico, un compuesto polifenólico con propiedades antioxidantes y antibacteriales. El ácido ferúlico tiene gran potencial antioxidante, preservando alimentos del daño que ocasiona la peroxidación de los lípidos. Su efectividad antioxidante es atribuida a la presencia de bases hidroxilo-fenólicas. En la actualidad es usado para prevenir el pardeamiento en dulces, caramelos y tortas (Jariwalla, 2001).

### **Fibra dietaria y propiedades sensoriales**

El SA puede ser considerado como una fuente potencial de fibra dietaria principalmente de fibra dietaria insoluble (Choi *et al.*, 2008b; Kim *et al.*, 2000; Saunders, 1990; Pacheco de Delahaye *et al.*, 2005). Las fuentes de fibra dietaria no solamente son deseables por sus propiedades nutricionales sino también por sus propiedades funcionales (Thebaudin *et al.*, 1997). El alto contenido de fibra dietaria en las mezclas de harinas produce un efecto positivo sobre la salud, es útil para incrementar el volumen fecal con el fin de contribuir a la formación de heces voluminosas, decreciendo el tránsito intestinal y la presión en el colon (Penna *et al.*, 2002). La disminución en el consumo de fibra dietaria rápidamente incrementa la aparición de enfermedades degenerativas (NutraCea, 2008).

En adición a los beneficios psicológicos proporcionados por los alimentos con gran contenido en fibra, algunos estudios han demostrado que tal contenido puede proporcionar para ciertos alimentos textura, propiedades gelificantes, espesantes, emulsificantes y estabilizantes (Dreher, 1987; Sharma, 1981). Un número de investigaciones en los laboratorios cárnicos de la Universidad del Estado de Iowa, las Filipinas y evaluaciones a nivel piloto e industrial, confirmaron la habilidad del SA para inmovilizar y unir agua en grandes cantidades en un período de tiempo largo con respecto a los aislados de proteína de soya. De igual manera, Choi *et al.* (2007a) y Choi *et al.* (2008b) reportaron que la fibra de SA provee alta capacidad de retención de agua y mejora la estabilidad de la emulsión (Choi *et al.*, 2008b).

Al realizar un estudio sobre el efecto de la variedad de arroz y la etapa de pulido en la calidad nutricional del salvado, López & Rodríguez (2009) encontraron que el SA colombiano tiene un contenido de fibra dietaria que comprende entre el 17,5 y el 30,8%. Otras investigaciones presentan intervalos entre 30% y 40% de fibra dietaria muy próximos a los resultados del trabajo (Carroll, 1990).

En los productos donde ha sido adicionado SA, las evaluaciones sensoriales, en general, resultan en un cambio mínimo, agradable para el consumidor; aunque es de aclarar que es importante el tamaño de partícula en este caso. Esto indica que utilizar este material como aditivo alimentario resulta viable ya que no afecta de forma negativa las características organolépticas de los alimentos donde se es incluido. Además,

el SA es un producto no alergénico ideal para el uso en alimentos que contengan carne procesada. Su capacidad texturizadora es considerable y los procesadores de carne, los cuales han ido reemplazando la proteína de soya en sus fórmulas por razones tales como eliminar las etiquetas de advertencia de alergicidad, han descubierto las alternativas del derivado de arroz para hacer un reemplazo favorable (NutraCea, 2008).

## **Emulsiones**

### **Pastas cárnicas**

Yapar *et al.* (2006) afirman que es deseable un incremento en la viscosidad para emulsiones de alto contenido de grasa debido a que una alta viscosidad incrementa la elasticidad del producto. Investigaciones adicionales han mostrado grandes correlaciones entre la viscosidad de la emulsión y la estabilidad de esta en sistemas de emulsión (Turgut *et al.*, 1981; Zorba *et al.*, 1993). Además, es de resaltar que este tipo de emulsiones no se fracturan fácilmente (Aktas & Genccelep, 2006).

Los resultados de dicho estudio indicaron que el reemplazamiento de por encima del 50 % de grasa de cerdo por aceite vegetal pre-emulsificado en las formulaciones de pastas cárnicas afecta significativamente las propiedades reológicas y la composición de pastas cárnicas, crudas. Se comprobó además, que la incorporación de aceite vegetal y fibra de SA en la formulación reduce exitosamente la grasa animal en el producto final.

### **Salchichas tipo *hot dog***

En términos de vida de anaquel también se puede notar que el SA contiene cantidades considerables de antioxidantes tales como flavonas, por no mencionar los beneficios inherentes en propiedades de congelación para salchichas *hot dogs* al evitar su molesto humedecimiento (NutraCea, 2008).

En evaluaciones sensoriales practicadas a estas salchichas, los panelistas entrenados fueron incapaces de detectar diferencias entre el control (productos sin la adición de ingredientes funcionales) y los alimentos que contenían desde 0,5 hasta 3,5% de SA (adicionado para mejorar la firmeza interior, cohesividad interior y rancidez durante un período de almacenamiento completo de hasta 90 días). Sin embargo, se debe notar que los niveles de SA por encima del 3,5% hacen que la salchicha se perciba como menos jugosa comparada con la del control (NutraCea, 2008).

### **Albóndigas de cerdo**

Huang y colaboradores (2005) demostraron que las albóndigas *Kung-wan* al ser enriquecidas con partículas pequeñas de SA presentaron un alto perfil textural en los índices de análisis y sus puntuaciones sensoriales fueron mucho más altas que aque-

llas donde fueron añadidas partículas más grandes, indicando así, que el tamaño de partícula del salvado afecta profundamente las propiedades sensoriales y fisicoquímicas en los productos cárnicos. Propiedades tales como dureza y masticabilidad se incrementaron a medida que la cantidad de salvado también se incrementó, pero la adhesividad, elasticidad y cohesión no mostraron un incremento significativo. En cuanto a la evaluación sensorial, las albóndigas enriquecidas con el 10% de salvado no mostraron una diferencia significativa en comparación con el producto sin salvado en evaluaciones que consideraban factores como sabor, textura y aceptabilidad en general. Los resultados además revelaron que la adición de SA en estas albóndigas de cerdo con alto contenido graso puede incrementar el contenido de fibra y puede sustituir parcialmente la grasa animal de estos productos.

### **Hamburguesas de pollo**

Para productos tales como hamburguesas de pollo, un nivel de inclusión del 1 al 3% de arroz estabilizado resulta en el decrecimiento de pérdidas de peso durante la cocción, mientras que incrementa su jugosidad y su textura. No presenta efectos adversos en los atributos sensoriales tales como color, sabor y mordida. Sin embargo, es importante reportar que en el incremento en los niveles de arroz estabilizado hay una tendencia de desarrollar un ligero color blanco en todas las formulaciones en las pechugas (NutraCea, 2008).

### **Masa para pizza**

Burton (2000) reportó que debido a la buena calidad de las proteínas presentes en el SA ya que son ricas en aminoácidos esenciales, especialmente lisina, este producto puede ser usado como ingrediente en recetas de cocina (Wang *et al.*, 1999). En el caso específico de la masa para pizza, su producción se ha incrementado en los últimos años debido al aumento en su preferencia y aceptabilidad por parte de los consumidores. Por tanto, la producción de masa para pizza congelada es importante en el mercado (Pacheco de Delahaye *et al.*, 2005).

Estudios han demostrado que la adición de harina estabilizada de SA en harina de trigo para pizza disminuye propiedades tales como la viscosidad durante la cocción y en el momento de la mezcla. Al incrementarse el contenido de SA estabilizado, se incrementa igualmente la grasa cruda, cenizas y contenido de fibra dietaria en la masa para pizza. Esto significa que a medida que el SA estabilizado se incrementa, la calidad nutricional de la masa de la pizza mejora (Pacheco de Delahaye *et al.*, 2005).

Adicionalmente, se observa que el contenido de humedad aumenta también de acuerdo al enriquecimiento con harina con SA, de igual manera, a medida que se enriquece el salvado en la formulación, se incrementa también el contenido de fibra dietaria. Carroll (1990) reportó que la fibra dietaria tiene una alta capacidad de retención de agua.

Finalmente se encontró una relación positiva entre el porcentaje de adición de harina de SA estabilizada y el contenido de grasa cruda.

## Pan

Los resultados de los estudios realizados por Hu y colaboradores (2009) mostraron que la hemicelulosa B y la fibra dietaria insoluble provenientes de SA presentan actividad vinculante de agua y capacidad de hinchazón. Adicionalmente, se encontró que la fibra dietaria reduce el volumen del pan e incrementa su firmeza. La evaluación sensorial demostró que los panes incorporados con hemicelulosa B (1-3%) y fibra dietaria insoluble (1-4%) fueron aceptables para los panelistas. En dicha evaluación sensorial, el pan con 10% de fibra de SA añadida se destacó por tener un sabor parecido a la nuez, lo cual es típico de los salvados. Los panelistas también comentaron que los panes se podían comparar con aquellos con alto contenido en fibra actualmente disponibles en los supermercados.

Por otro lado, Skurray *et al.* (1986) encontraron que el SA era la mejor opción para la incorporación de fibra en el pan en comparación con la fibra de trigo. Sin embargo, declararon que el cambio en el color del pan debido a la presencia del salvado es más intenso en la miga que en la corteza. A pesar del ligero oscurecimiento, la adición de salvado resultó en el incremento del amarillamiento y rojicidad en el pan. Es importante mencionar que el color del pan elaborado con salvado no se encontró indeseable y fue similar a los comúnmente elaborados con trigo entero. Se determinó entonces que este salvado es un material natural y poco costoso, rico en fibra y que puede ser exitosamente usado en la producción de un pan nutricionalmente mejorado y aceptable para el consumidor (Skurray *et al.*, 1986).

En el caso de los *muffins* preparados con este salvado, todos fueron aceptados por el panel sensorial cuando los niveles de inclusión fueron hasta del 20% (Sloan & James, 1988).

Cobos *et al.* (2009) en su estudio sobre la utilización de SA para panificación realizado dentro del proyecto "Estabilización y usos potenciales del SA colombiano para su aprovechamiento industrial sin afectar su calidad nutricional y funcional" afirman que para la industria panadera, el SA se convierte en una variable importante para mejorar el producto en sus características nutricionales y organolépticas puesto que esta materia prima contiene ácidos grasos como los omega 9, omega 6 y omega 3 que le confiere excelente sabor y propiedades nutraceuticas al producto terminado (Kennedy & Burlingame, 2003). Expresan también que el consumo aparente de trigo en Colombia durante la última década ha presentado un crecimiento del 2,6% pasando de 958.859 toneladas en 1994 a 1'319.383 toneladas en 2005. Este crecimiento se debe principalmente al aumento en el volumen de las importaciones de trigo subsidiado del 3,2%, pasando de 851.206 toneladas en 1994 a 1'261.872 toneladas en 2005, ahora bien, a este comportamiento antes mencionado se le suma la sustituibilidad que ha venido

presentándose del maíz, sorgo y harinas de arroz por los subproductos del trigo (salvados y mogollas) para la elaboración de productos balanceados.

En cuanto a este tema a nivel nacional, es importante reconocer que actualmente el llamado pan de arroz en Colombia es elaborado a partir de harina de arroz partido y no de SA. Según cifras reportadas por la DIAN, en el lapso de 1993-2005, Colombia presentó un consumo per. cápita de 24 kilos de pan al año (Observatorio Agrocadenas, 2006).

Cobos *et al.* (2009) encontraron que el contenido de proteína de las harinas elaboradas con mezcla de trigo y SA muestra una diferencia estadísticamente significativa. Teniendo en cuenta que el SA es una materia prima rica en albúminas y globulinas (Pacheco-Delahaye, 2007) y la harina de trigo está compuesta de proteínas como la gliadina y glutenina (Calaveras, 2004), se evidencia claramente un aumento de esta propiedad nutricional en la medida que aumenta el nivel de mezcla dándole el SA un aporte importante de proteína y un valor nutricional de gran importancia a los panes elaborados con niveles de 5, 10 y 15% de SA.

La diferencia para el contenido de fibra dietaria entre los diferentes niveles de mezclas presentó también una diferencia estadísticamente significativa teniendo en cuenta que el SA utilizado como materia prima contenía un 22% de fibra dietaria, lo que hizo que en la medida que se aumentara la cantidad de SA en cada una de las mezclas, el contenido de fibra aumentara puesto que esta se conserva a pesar del proceso térmico que tuvo el SA para su estabilización. Este es un factor importante ya que como anteriormente fue señalado, la fibra dietaria mejora el valor nutricional de las harinas y directamente del producto terminado, además de esto, se logra la obtención de un producto funcional, teniendo en cuenta que la fibra dietaria tiene como característica mejorar la ingesta intestinal, dándole una gran importancia nutricional a cada harina en la medida que aumenta el nivel de SA.

Teniendo en cuenta los resultados en este estudio, los niveles de mezcla de hasta el 10% de contenido de SA con harina de trigo resultarían en una harina que por el tiempo de amasado reportado puede alcanzar a desarrollar el gluten y ser una harina panificable. Además, se encontró que el SA utilizado tenía un contenido de grasa aproximado del 25% en comparación con la harina de trigo que es de 6,35%, variable que indica una mejora en las características organolépticas del pan ya que dicho contenido hace que el producto terminado sea más suave, mejore el sabor y el aroma (Calaveras, 2004).

## **Pasta**

En estudios realizados por Avendaño *et al.* (2009) se demostró que es posible elaborar pastas con un nivel de sustitución de la sémola de trigo del 10%, sin embargo, aún con este nivel de mezcla se afectan de manera significativa todos los parámetros evaluados en este estudio. Se observó que el valor nutricional de las pastas alimenticias elaboradas con mezclas de sémola y SA aumenta, ya que a partir de las mezclas elaboradas

se obtuvo un producto con mayor contenido de proteínas, cenizas y fibra dietaria, que se incrementa de manera proporcional con el nivel de sustitución. Observaron también que las pastas obtenidas a partir de las diferentes proporciones de sustitución tienen una fuerza de fractura menor, disminuyendo al aumentar los niveles de mezcla. Bajo las condiciones del ensayo una muestra comercial resultó ser un 40% más dura.

### **Sinergia con aislado de soya**

El aislado de soya y el SA pueden ser considerados sinérgicamente cuando son aplicados apropiadamente. La proteína de soya puede proveer un mecanismo para reducir la tensión superficial en la grasa mientras que el SA absorbe e inmoviliza agua libre y extra celular junto con el agua añadida en la fórmula (NutraCea, 2008).

### **Fuente de fibra alterna a la comercial**

El SA contiene más del 20% de fibra dietaria que otros alimentos comerciales. En un estudio realizado se comprobó que la fibra dietaria extraída del SA es comparable con FIBREX (fuente de fibra comercial) en capacidad vinculante de agua la cual corresponde a un 4,89 ml/g. La fibra del SA exhibió mayor capacidad para vincular grasa (4,54 ml/g) y mayor capacidad emulsificante (14,4%) pero proporciona menor viscosidad (Abdul-Hamid & Luan, 1999).

### **Fuente de proteína**

Las proteínas extraídas de la estabilización térmica del SA podrían ser usadas como ingredientes nutracéuticos para alimentos (Tang *et al.*, 2003). Tienen mejor capacidad ligante de agua y aceite en comparación con la caseína.

Por otra parte, Higashi-Okai *et al.* (2004) encontraron que la actividad antioxidante y antigenotóxica del SA se encuentra asociada con sus respectivos componentes proteicos obtenidos a partir de extractos solubles en agua.

En ensayos realizados dentro del proyecto de investigación “Desarrollo de procesos para la valorización de subproductos de la industria arroceras” se encontró que el porcentaje de proteína cuantificado para Cimarrón Barinas, Fedearroz 50 y Fedearroz 60, tres variedades de arroz obtenidas en el departamento del Tolima en Colombia comprendían un rango desde el 13,1% al 18,4%. Estos resultados son comparables con los reportados en estudios realizados en Venezuela de otras variedades cultivadas en dicho país, que arrojan un promedio de contenido de proteína de entre el 11,3% y el 13% en base seca (Pacheco *et al.*, 2001). Por otra parte, en Malasia el contenido de proteína oscila entre 8,5% y 12,6%, expresado en peso húmedo (Abdul-Hamid *et al.*, 2007), lo que muestra que las variedades evaluadas son superiores en el contenido de proteína (López & Rodríguez, 2009).

### **Alimentos infantiles**

La proteína de SA es hipoalergénica y contiene una buena cantidad de lisina, esto podría representar una muy buena oportunidad para ser utilizada como un ingrediente apto para las formulaciones de alimentos infantiles en lugar de añadir una variedad de ingredientes a la restringida dieta de esta población (Burks & Helm, 1994). El perfil de aminoácidos de la proteína de arroz es mejor que la caseína y la proteína de soya aislada en cuanto al cumplimiento de los requerimientos de aminoácidos para niños de edades entre los 2 y 5 años (Wang *et al.*, 1999).

### **Emulsiones estables bajo altas concentraciones de azúcares**

Aunque el concentrado de proteínas del SA impiden la obtención de un pan con mayor volumen, tiene un muy buen potencial para la producción de emulsiones estables bajo altas concentraciones de azúcares y sales. Por lo tanto, este salvado puede ser usado efectivamente para elaborar concentraciones de proteína y aplicarlo en formulaciones alimenticias que incluyan mezclas secas, horneados, aderezos para ensaladas, etc., debido a su alta capacidad para ligar agua y aceite así como también aire (Chandi & Sogi, 2007).

### **Productos cárnicos**

Muchos procesadores de carne están buscando formas para reemplazar las fuentes costosas de proteínas vegetales y sustituirlas con soluciones de menor costo pero con igual desempeño (NutraCea, 2008).

Existe evidencia médica muy fuerte que prueba que las alergias producidas por los alimentos, incluyendo las provocadas por la soya, se están incrementado en las poblaciones occidentales.

Preocupaciones acerca de estas alergias hacen difícil para considerar a la soya como la proteína líder en aplicaciones de alimentos. De modo que no es secreto que los procesadores de carne se enfrenten con una difícil decisión donde tienen que escoger ingredientes que ofrezcan un buen desempeño y no representen un riesgo para la salud de los consumidores (NutraCea, 2008).

Para el desarrollo de un nuevo producto es necesario que los ingredientes funcionales no provoquen alergias y se pueden reemplazar todos o algunos de los tradicionales manteniendo el contenido de proteínas en sistemas de emulsiones bastantes complejas. Un nuevo aspirante en las aplicaciones en carnes procesadas es el SA el cual aparte de ser funcional es también nutritivo. Este ingrediente está mostrando gran potencial en alimentos y productos cárnicos procesados. De hecho, es muy probable que el SA aislado empiece prontamente a aspirar al liderazgo que tiene la proteína de soya en emulsiones de carne así como también en carne molida (NutraCea, 2008).

## **Mejorador de productos**

El SA ha sido usado para estabilizar una variedad de productos alimenticios, y también es un candidato atractivo para desarrollar alimentos funcionales (Bergman & Xu, 2003).

Se ha reportado un número de usos potenciales del SA con y sin grasa en alimentos para la preparación de panes, *muffins*, *pancakes* y tortas (Barber & Barber, 1980; James & Stoen 1984; Bera & Mukherjee, 1989; Carroll, 1990; Chavan & Kadam, 1993).

Además de utilizar el SA como tal, también se puede usar para obtener fracciones útiles tales como concentrados fitoquímicos (Devi & Arumughan, 2007), fracción de polisacáridos (Yamagishta *et al.*, 2003), concentrado de proteína (Prakash 1996; Wang *et al.*, 1999), fracciones de fibra enriquecidas (Babcock, 1986) y orizanol (Ambale *et al.*, 2007). De tal manera, la incorporación de concentrados de proteína de SA con y sin grasa en panes, galletas y alimentos para recién nacidos (Saunders, 1990; Prakash & Ramanathan 1995) ha sido objeto de investigación.

## **Margarinas y aceites**

Por contener aceites fácilmente extraíbles y con gran contenido de antioxidantes, este producto se puede utilizar para elaborar margarinas y aceites con bajo contenido de ácidos grasos trans, excelente sabor y propiedades nutraceuticas (Jariwalla, 2001).

## **Arepas**

Los usos potenciales del SA los podemos visualizar inicialmente como aditivo o sustituto de otros productos alimenticios que mejoren las propiedades nutricionales y funcionales y la vida útil del mismo; en estudios realizados en la adición de SA como sustituto del maíz durante la elaboración de arepas, se evaluó el efecto del salvado estabilizado sobre algunos parámetros físicos, químicos y atributos sensoriales al sustituir 5, 10 y 15% la harina de maíz. Los resultados mostraron que mejoraron tanto el sabor, la calidad nutricional y el tiempo de vida útil a treinta días (Pacheco-Delahaye, 2006).

## **Obtención de productos**

### **Producción de vainillina**

La vainillina (4-hidroxi-3-metoxibenzaldehído) es uno de los sabores más usados a nivel universal en los alimentos, fragancias, bebidas y farmacéuticos (Priefert *et al.*, 2001). Actualmente el consumo mundial de vainillina está estimado en 12.000 t por año (Zheng *et al.*, 2006).

Sin embargo, bajo la legislación corriente tanto de Estados Unidos como de la Unión Europea, los químicos sintetizadores de sabor no pueden ser usados para sabores

naturales (Muheim & Lerh, 1999). Por lo tanto, la creciente demanda por parte de los consumidores dirigida hacia productos naturales ha creado interés en la búsqueda de procesos biotecnológicos para producir “vainillina natural” (Lesage-Meessen *et al.*, 1999).

El ácido ferúlico es un ácido comúnmente obtenido a partir de gran variedad de residuos de la agricultura tales como salvados de cereales, pulpas de remolacha y por tanto estos materiales son adecuados para la transformación de vainillina llevada a cabo por hongos. Los procesos biotecnológicos para producir vainillina a partir de subproductos del agro han sido investigados. 105 mg l<sup>-1</sup> y 767 mg l<sup>-1</sup> de vainillina fueron obtenidos en una bioconversión de dos pasos combinando *A. niger* I-1472 y *P. cinnabarinus* MUCL39533 usando pulpa de remolacha y salvado de maíz como materias primas respectivamente (Lesage-Meeseesen *et al.*, 1999; 2002).

Zheng y colaboradores (2006) llevaron a cabo una investigación donde se puso a prueba otro subproducto de la agricultura, el considerado residuo: aceite de SA. Cerca de 1/3 de ácido ferúlico y 2/3 de sitoesteroles fueron obtenidos a partir de este residuo después de hidrólisis. La ventajas de esta fuente radica en el alto contenido de ácido ferúlico en el aceite de SA y que se puede extraer fácilmente. Esto es útil para obtener alto rendimiento de vainillina y acortar todo el tiempo de la bioconversión.

El aceite de SA tiene mayor estabilidad oxidativa porque no solamente contiene ácidos grasos y tocoferoles sino también gamma-orizanol. Por lo tanto, la presencia de gamma-orizanol inhibe posiblemente la peroxidación de lípidos en varios tipos de aceites (Nystrom *et al.*, 2005; Xu *et al.*, 2001).

Los resultados demuestran que el  $\gamma$ -orizanol es recolector de radicales orgánicos capaces de prevenir la lipoperoxidación. Más aún, el  $\gamma$ -orizanol muestra un incremento en su actividad dependiendo del tiempo; en particular, mejora la estabilidad oxidativa de aceites con altos contenidos en ácidos grasos poli insaturados (PUFA) los cuales son propensos a la peroxidación (Lerma-Garcia *et al.*, 2009).

Otras propiedades funcionales fueron reportadas por Hamid-Abdul & Luan (2000) sugiriendo que la fibra dietaria del SA desgrasado contenía mayor capacidad vinculante de agua, mayor capacidad para vincular grasa y mejores propiedades emulsificantes comparadas con la fibra comercial de la remolacha.

El contenido relativamente alto de glutamina y asparragina en la proteína de SA puede actuar como una fuente importante de sabor mejorando ingredientes después de posteriores desamidaciones (Hamada, 1997).

Otro potencial es extraer por diferentes métodos los compuestos de alto valor agregado como son sus componentes nutricionales y funcionales, para ser vendidos como productos funciones de muy alto valor (Parrado, 2006).

## EL SALVADO DE ARROZ EN LA INDUSTRIA COSMETOLÓGICA

Los antioxidantes son bien conocidos como ingredientes primarios en cosméticos por capturar radicales libres producidos por la luz ultravioleta y compuestos propios de la polución que se relacionan directamente con el proceso de envejecimiento de la piel (Lupo, 2001).

### Tratamiento de desórdenes en la piel, reducción de arrugas y absorción a la radiación UV

El aceite de SA, naturalmente rico en gamma-orizanol y en tocoferoles, puede ser sugerido como un novedoso y efectivo compuesto para aplicación tópica. Los extractos de este aceite son usados en cosméticos, en el tratamiento de desórdenes en la piel (es decir, relacionados con la melanina) y para minimizar arrugas (Indira *et al.*, 2004). Principalmente debido a su actividad antioxidante, pero también por su absorción a la radiación UV, el  $\gamma$ -orizanol es usado como protector solar en formulaciones cosméticas (Juliano *et al.*, 2005; Coppini *et al.*, 2001).

Otra sustancia abundante en el aceite del SA es el tocotrienol, una forma natural de la vitamina E. Los tocotrienoles son antioxidantes lipofílicos los cuales protegen la membrana celular de una degradación agresiva y la peroxidación de lípidos. Ellos también protegen la piel del daño inducido por la UV y mantienen el nivel del tocoferol (Weber *et al.*, 1997). Por otro lado, el ácido ferúlico, un compuesto que se encuentra también en este aceite, previene también la hiperpigmentación facial suprimiendo la melanogénesis inducida por la luz ultravioleta (Ichihashi *et al.*, 1999).

## EL SALVADO DE ARROZ EN LA INDUSTRIA FARMACÉUTICA

El SA ha mostrado beneficios prometedores en la prevención de diferentes enfermedades de la salud, incluyendo cáncer, hiperlipidemia, hipercalciuria, cálculos renales y complicaciones del corazón (Jariwalla, 2001). Según la American Heart Association (1988) y la National Research Council Committee on Diet and Health (1989) una dieta rica en alimentos de origen vegetal puede implicar el retardo del desarrollo de enfermedades coronarias. En el caso específico del SA, cuyo contenido de  $\beta$ -glucano es extremadamente bajo, este alimento se destaca por ser igual de efectivo que la avena rica en  $\beta$ -glucano y cebada en bajar el colesterol sérico (Kahlon *et al.*, 1992; Kahlon *et al.*, 1990; Seetharamaiah & Chandrasekhara, 1989).

Por otro lado, también se ha encontrado que el SA es una fuente rica de proteínas (16-20 %) (Landers & Hamaker, 1994) y fitoquímicos tales como ácido fítico (5-6 %) (Garçon a-Esteva *et al.*, 1999) y mio-inositol. En los años pasados, numerosos estudios *in vitro* e *in vivo* han demostrado que el ácido fítico y sus isómeros exhiben efectos anticancerígenos, anti inflamatorios y también han mostrado efectos benéficos tales como la protección de la diabetes y los cálculos renales (Chen & Li, 2003)".

Cabe igualmente destacar que los tocoferoles y orizanoles son los principales antioxidantes presentes en el SA. La actividad antioxidante del orizanol es casi 10 veces más alta que la de los tocoferoles, mientras que los tocotrienoles tienen de 40 a 60 veces mayor poder antioxidante que la de los tocoferoles en diferentes sistemas biológicos (Abdel-Aal E. S. M., y *cl P*, 1999.).

Son entonces muchos los beneficios que trae el consumo de SA sobre la salud en humanos. En la industria farmacéutica es factible encontrar la gran diversidad y extensión de los efectos de sus componentes tal como se ha descubierto en un gran número de estudios realizados a nivel mundial y que se presentan a continuación.

### **Enfermedades crónicas**

Estudios previos han demostrado que compuestos del SA tales como estigmasterol, campesterol y  $\beta$ -sitosterol tienen beneficios sustanciales sobre la salud ya que poseen propiedades hipocolesterolémicas e hipolipidémicas (orizanol, esteroides, tocoles), anticancerígenas (tocotrienoles y carotenos), antiinflamatorias (tocotrienoles) y antioxidantes (tocotrienoles y carotenos) (Arumughan *et al.*, 2004; Mayamol *et al.*, 2004).

El SA es un complejo único de orizanoles y tocoles, el cual puede ser una buena fuente de compuestos para la inhibición de la peroxidación de los lípidos. Recordemos que los productos resultantes de la peroxidación lipídica causada por los radicales libres pueden reaccionar más adelante con biomoléculas dañando la estructura de la membrana celular, decreciendo la actividad enzimática, causando toxicidad en células de mamíferos así como también la modificación del ADN lo cual acelera el riesgo de padecer cáncer (Hernández-Ledesma *et al.*, 2005). Se cree que los tocotrienoles en el SA contrarrestan los estragos de enfermedades crónicas tales como enfermedades del corazón, cáncer y efectos degenerativos de la vejez. Los tocotrienoles al incorporarse en los lípidos de las membranas inhiben efectivamente la cadena de peroxidación de lípidos (Burton & Ingold, 1981).

### **Cáncer**

La quimioterapia es considerada como la piedra angular para el tratamiento para muchos tipos de cáncer. Sin embargo, muchos agentes quimiopreventivos exhiben una gran dosis de toxicidad causando deficiencia cardíaca (Singal & Iliskovic, 1999), mielosupresión (Lorigan *et al.*, 1995), neutropenia, alopecia, mucositis, diarrea, mialgias (Francis *et al.*, 1995; Fossella *et al.*, 1995), trombocitopenia (Strauss *et al.*, 1995), neurotoxicidad, supresión inmunológica, así como también efectos mutagénicos y carcinogénicos (Marty *et al.*, 1985; Mills *et al.*, 1980; Sanderson *et al.*, 1996; Santin *et al.*, 2000). Adicionalmente, la mayoría de pacientes con cáncer tratados con quimioterapia recaen y mueren debido a la enfermedad. Es por tanto de particular interés explorar acercamientos terapéuticos que reduzcan la toxicidad mediada por la qui-

mioterapia. El uso de agentes quimioterapéuticos en conjunto con agentes seguros y naturales que actúen para incorporarlos en menos tóxicos, pero igual de efectivos, pueden entonces proporcionar la respuesta a esta necesidad tan urgente.

Debido a que las especies reactivas al oxígeno (ROS) son generadas por algunos promotores de tumores durante el desarrollo del cáncer (Frenkel, 1992; Jakobisiak *et al.*, 2003) y los compuestos fenólicos pueden reducir los niveles de ROS capturando y disipando los electrones libres (Friedman, 1997), es importante encontrar si los componentes de una dieta pueden inhibir la promoción de estos tumores (Afaq *et al.*, 2004; Hou *et al.*, 2004). La carcinogénesis es un proceso secuencial celular multiestado que consiste en la iniciación del tumor, su promoción y progreso. Debido a que el único proceso que puede tener reversa es la promoción del tumor (Jakobisiak *et al.*, 2003), su supresión se considera un medio efectivo para bloquear la carcinogénesis (Afaq *et al.*, 2004).

De modo que la prometedor actividad anticancerígena del arroz y sus derivados ha sido centro de muchas investigaciones.

### **Antocianina, antocianidina y compuestos fenólicos**

Las actividades antitumorales de los extractos de pigmentos del SA se debe a sus potentes propiedades antioxidantes (Seeram *et al.*, 2003). Se ha reportado que diferentes tipos de salvados de arroz contienen diferentes cantidades y tipos de antocianina, antocianidina y otros compuestos fenólicos que tienen la habilidad de inhibir el daño celular causado por radicales libres (Nam *et al.*, 2005).

Varios compuestos fenólicos incluyendo ácido cafeico, cicloartenil ferulato, ácido ferúlico, ácido metoxicinámico, ácido *p*-cumárico, ácido protocatético, ácido sinápico, tricina y ácido vainillínico han sido identificados en el extracto etil acetato del SA. Algunos de ellos han demostrado inhibir el crecimiento de células en el cáncer de mama y colon (Hudson *et al.*, 2000). El aceite de SA es entonces una fuente rica de polifenoles con propiedades antioxidantes y quimiopreventivas del cáncer.

### **Cicloartenil ferulato**

El cicloartenil ferulato (CF) es uno de los alcoholes triterpenos típicos y únicos presentes en el aceite de SA. Entre los compuestos fenólicos, el CF forma parte de uno de los mecanismos responsables en la inhibición del crecimiento de células SW480. Este compuesto no solo induce a la inhibición del crecimiento de dichas células, las cuales se encuentran en los estados tempranos de la carcinogénesis colorectal, sino que también las sensibiliza a la metástasis y su resistencia al tratamiento TRAIL (Carrie *et al.*, 2009).

En un estudio, el CF inhibió la promoción del tumor en los dos estados del modelo de carcinogénesis en la piel de ratón indicando un rol anticancerígeno en la quimio-

prevención del cáncer (Yasukawa *et al.*, 1998). Recientemente ha demostrado poseer potencial antiinflamatorio y actividad antioxidante (Carrie *et al.*, 2009).

### **Mio-inositol**

Diversos estudios demuestran que el mio-inositol es un agente quimiopreventivo con baja toxicidad y con habilidad para inhibir el desarrollo de cáncer en varios sistemas de órganos incluyendo glándulas mamarias, colon y pulmón. La combinación de este compuesto con la glucocorticoide dexametasona, produce un efecto inhibitorio adicional (Wattenberg & Estensen, 1996). La glucocorticoide dexametasona ejerce una acción contra el cáncer de colon atribuida al IP6 (Shamsuddin & Ullah, 1989) indicando otro aspecto respecto a los efectos anticancerígenos ya estudiados.

### **IP6**

En la mitad de los años ochenta se descubrió que el consumo de cereales y granos, los cuales son ricos en fitatos (IP6) pero pobres en fibra, presentaron un mejor desempeño en la disminución del cáncer de colon comparado con las frutas y vegetales, los cuales son alimentos pobres en fitatos (Graf & Eaton, 1985). Se observaron también efectos protectores en contra de cáncer de seno, colon, páncreas, hígado, piel y tejido conectivo. El IP6 no solamente previene la formación de tumores sino que también interfiere con su crecimiento o preformación sugiriendo una actividad importante en la prevención de cáncer y tratamiento.

### **Tocotrienoles**

La acción más notable antitumoral de los tocotrienoles es en contra del cáncer de mama, donde se inhibe la proliferación de las células y su acción resulta más efectiva que el  $\alpha$ -tocoferol y coopera con el tamoxifen en la producción de un efecto sinérgico (Guthrie *et al.*, 1997). También se reportó que el tocotrienol suprime el crecimiento de líneas de células derivadas de tumores sólidos. Este compuesto también tiene un efecto en la modificación de los efectos de la arterioesclerosis, reduciendo el riesgo de promover los factores que conducen al endurecimiento de las arterias (Jariwalla, 2001).

### **Fibra dietaria**

La fibra dietaria está principalmente compuesta por células de pared celular que contienen varios carbohidratos. Recientemente, la fibra dietaria ha mostrado jugar un papel importante en la fermentación gastrointestinal y como agente desmutagénico y antimutagénico (Tanaka *et al.*, 1998) tiene una variedad de funciones como inactivador químico, inductor enzimático y antioxidante. En estudios previos la fibra dietaria fue considerada como un inhibidor de cáncer colorectal (Harris & Ferguson, 1993; Reddy

*et al.*, 1983; Wilpart & Roberfroid, 1987) y de mama (La Vecchia *et al.*, 1997) de hormonas ligadas a esteroides (Sltz & Howie, 1986) ácido biliar (Story & Kritchevsky, 1976; Vahouny *et al.*, 1980), hierro (Reinhold *et al.*, 1981) y pesticidas (Ta *et al.*, 1999), así como también se presume que tiene un efecto quimiopreventivo en la formación de aminas heterocíclicas (Dingley *et al.*, 2003; Vikse *et al.*, 1992). Por tales razones se ha considerado a la fibra dietaria como un protector en contra del cáncer, especialmente cáncer colorectal (Harris & Ferguson, 1993; Reddy *et al.*, 1983; La Vecchia *et al.*, 1997).

La fibra de SA está compuesta en gran parte de polisacáridos no celulósicos (24%), celulosa (10,3%) y lignina (10,7%). Los contenidos de lignina encontrados en la fibra de SA son mucho más altos que aquellos que conforman otras fibras dietarias (Morita *et al.*, 1995). En varias fibras dietarias, la lignina ha sido reconocida por ejercer un efecto significativo en la excreción de pesticidas tales como la *chlorpropham* y en cáncer uterino y de mama inducido por el N-metil-N-nitrosourea (Birt *et al.*, 1998). Se predice que estos compuestos pueden formar enlaces covalentes con la fibra de SA o modifican el potencial de unión de hidrógeno con la lignina.

Gran evidencia científica favorece la idea de que el incremento en el consumo de fibra dietaria puede tener efectos benéficos contra enfermedades crónicas, tales como enfermedades cardiovasculares, diverticulosis, diabetes y cáncer de colon (Cara *et al.*, 1992; Chen & Anderson, 1986; Cummings, 1985; Dukehart *et al.*, 1989; Spiller *et al.*, 1980; Wrick *et al.*, 1983). El ácido fítico, el cual se encuentra entre los componentes de la fibra dietaria, ha sido reconocido por jugar un papel importante y contribuir en la inhibición del cáncer de colon (Shamsuddin & Yang, 1995). Este ácido, el cual está presente en un 9,5 al 14,5% en peso en el SA, ha sido también considerado de gran importancia por poseer beneficios significativos sobre la salud incluyendo su potencial como antioxidante (Jariwalla, 2001).

### Ácido fítico

El SA el cual es normalmente descartado como un subproducto de la producción de arroz puede incrementar su valor debido al potencial del ácido fítico como producto nutracéutico en la prevención del cáncer de colon. La acción anticancerígena del ácido fítico ha sido demostrada *in vivo* e *in vitro*, la cual se basa en la hipótesis de que su administración exógena puede ser internalizada, desfosforilado a IP<sub>(1-5)</sub> y por lo tanto puede inhibir el crecimiento celular (Verghese *et al.*, 2006).

El ácido fítico es un carbohidrato simple anillado con seis grupos fosfatos adheridos a cada carbón (una molécula de azúcar bioactiva). Es la mayor forma de inositol fosforilado presente en alimentos, constituyendo del 1 al 5% de peso de la mayoría de los cereales, nueces, leguminosas, legumbres y granos (Jariwalla, 2001).

Experimentos *in vivo* e *in vitro* proveen evidencia convincente que certifica los efectos anticancerígenos del ácido fítico (Shamsuddin, 2002). Shamsuddin & Vucenik (1999)

catalogaron a este ácido como el mayor componente de la dieta alta en fibra responsable de la prevención del cáncer. De acuerdo a Graf & Eaton (1990), el ácido fítico puede disminuir las especies activas del oxígeno que contribuyen al cáncer y al daño celular debido a su función antioxidante. Estudios por Shamsuddin & Yang (1995) reportaron que el ácido fítico puede reducir las especies activas del oxígeno que median la carcinogénesis y el daño de las células a través de esta función antioxidante ya que este compuesto se encuentra reportado por tener la singular habilidad para remover  $O_2$  sin generar radicales oxi.

El ácido fítico es un agente quimiopreventivo que suprime los cambios preneoplásticos en el cáncer de colon y reduce la formación de tumores en este. Ferguson & Harris (1996) sugirieron que el ácido fítico ejerce efectos protectores al estar involucrado en varios mecanismos en los que se incluye la dilución física de contenido del intestino, acortar tiempos en el tránsito intestinal, alteración en la mutagenicidad de los contenidos intestinales, alteraciones en la citocinética de la mucosa, incremento en la fermentación produciendo butirato y efectos en la producción, absorción y excreciones de presuntos carcinógenos.

Como fue reportado por Challa *et al.* (1997), el efecto anticancerígeno del ácido fítico es maximizado cuando este es administrado a los animales en bebidas, en comparación como cuando se proporciona en alimentos. Este ácido puede formar compuestos insolubles con proteínas y otras macromoléculas en la dieta y por tanto esto lo hace menos disponible (Thompson, 1993; Harland & Oberleas, 1987). Roedores alimentados con 1-2% de fitato de sodio en agua para beber mostraron un decrecimiento significativo en la velocidad de formación de colonocitos y en el tamaño de los tumores después de la inyección con azoximetano carcinógeno (AOM) (Shamsuddin & Ullah, 1989; Shamsuddin *et al.*, 1989). Shamsuddin & Ullah (1989) observaron los mismos efectos con fitato de sodio dado a ratas F344 por 5 meses después de la inyección con AOM, lo cual indica que el ácido fítico puede influenciar la carcinogénesis en el colon en estados pre y post-iniciados.

### **MGN-3**

El MGN-3 es un producto natural el cual es obtenido mediante la reacción de la hemicelulosa del SA con enzimas hidrolizadoras de múltiples carbohidratos obtenidas del hongo Shiitake. La principal estructura química del MGN-3 es el arabinoxilano, con una xilosa en su cadena principal y un polímero arabinoso al lado de su cadena (Ghoneum, 1998).

Existe evidencia sobre el papel del MGN-3 como un potente activador de células NK en sujetos saludables (Ghoneum, 1998; Ghoneum & Jewett, 2000) y en pacientes con cáncer (Ghoneum & Brown, 1999). Recientemente, se ha demostrado que la MGN-3 sensibiliza las células leucémicas T 78 ante la presencia de anticuerpos CD95 induciendo apoptosis de estas (Ghoneum & Gollapudi, 2003). El MGN-3 ha probado ser

un modificador biológico potente (BRM) que tiene la habilidad de estimular la función de diferentes armas del sistema inmune tales como las células NK (Ghoneum, 1998).

## Diabetes

Las dos formas de diabetes más predominantes son la Tipo I (diabetes mellitus [IDDM] dependiente de la insulina) y la Tipo II (diabetes mellitus [NIDDM] no dependiente de la insulina). El Tipo I es también referida como diabetes juvenil (edades entre 10 y 20 años) y requiere siempre insulina para su control (Krall *et al.*, 1994). La Tipo II es la más frecuente y ocurre principalmente en personas mayores de 40 años (Krall *et al.*, 1994). Entre las características propias de las diabetes Tipos I y II se encuentran los efectos de la hiperglicemia, hiperglucosuria, hiperlipidemia y glicación/glicoxidación así como también las placas producidas por la arterioesclerosis entre otras (Kahn *et al.*, 2001; Monner-Weir & Smith, 1994; Berdanier, 2001; Saudek & Eder, 1979; Kilo, 1987; Bette-ridge, 1989). La inyección de insulina y el control en la dieta con el fin de disminuir la ingesta de carbohidratos refinados y el incremento en la ingesta de ciertas fibras dietarias contribuyen en la disminución de los niveles de glucosa al mejorar la sensibilidad del tejido a la insulina y al bajar su velocidad de absorción (Goldstein, 1994; Childs, 1997; Goldberg, 1994; Peterson, 1985; Reiser, 1979; Kritchevsky & Bonafield, 1995). Sin embargo, estas medidas no pueden controlar las fluctuaciones de glucosa en la sangre. El arroz estabilizado o sus subfracciones pueden satisfacer estas necesidades.

Los resultados de varios estudios han demostrado claramente que los compuestos solubles en agua del SA y sus concentrados de fibra son efectivos en la reducción de los niveles de glucosa sérica en ambos tipos de diabetes (I y II) en humanos. Un gran número de investigadores ha reportado que estos efectos biológicos pueden ser debido a los efectos sinérgicos de múltiples microcomponentes bioactivos presentes en estas subfracciones de SA (Rukmini, 2000; Sharma & Rukmini, 1987; Sugano & Tsuji, 1997; Lichtenstein *et al.*, 1994; Nicolosi *et al.*, 1991; Gerhardt & Gallo, 1998; Rindi, 1996). Todos estos microcomponentes, incluyendo antioxidantes tales como tocoferoles (vitamina E), tocotrienoles,  $\gamma$ -orizanol, polifenoles (ácido ferúlico, ácido  $\alpha$ -lipoico, ácido *p*-sinápico) se presentan en diferentes concentraciones en todas las fracciones de SA y pueden mantener los niveles de glucosa al tener efecto en su absorción, utilización y excreción (Rukmini, 2000; Sharma & Rukmini, 1987; Sugano & Tsuji, 1997; Lichtenstein *et al.*, 1994; Nicolosi *et al.*, 1991; Gerhardt & Gallo, 1998; Rindi, 1996). Estos compuestos son recolectores de radicales libres y pueden mejorar las malas condiciones de salud que resultan de la glicación, glicoxidación, arterioesclerosis e hiperlipidemia (Rukmini, 2000). Además, se han reportado los efectos benéficos de la vitamina E para corregir las complicaciones de la diabetes debido a sus propiedades antioxidantes (Mock *et al.*, 1996; Ozer *et al.*, 1993; Karpen *et al.*, 1982; Karpen *et al.*, 1985).

Los compuestos del SA solubles en agua son más efectivos en la disminución de los niveles de glucosa sérica en ambos tipos de diabetes (I y II) en humanos. Los efectos

se pueden apreciar en la reducción de los niveles de hemoglobina glicosilada, glucosa en la sangre y un ligero incremento de los niveles de insulina. Otro hallazgo importante realizado por Qureshi *et al.* (2002) fue que estudiando un grupo de pacientes diabéticos que consumieron los productos solubles en agua del SA y contenido de fibra durante 60 días, aproximadamente el 25% decrecieron su dosis en la inyección de insulina y en la ingesta de drogas hipoglicémicas (30% - 60%). Por lo tanto, estos productos naturales pueden ser usados como suplementos nutricionales para el control de la diabetes mellitus tipo I y II en humanos.

### **Colesterol**

La regulación en la dieta es insuficiente en el manejo de hipercolesterol moderado o severo y es necesario el uso de drogas antilipídicas (Illingworth, 1988; Illingworth, 1987; Grundy & Vega, 1985; Illingworth, 1984). Las drogas antilipídicas comúnmente usadas incluyen secuestrantes de ácidos biliares, derivados de ácido fíbrico, niacina, D-tiroxina y estatinas. Las estatinas, particularmente la lovastatina, son las más efectivas en el control de la hipercolesterolemia ya que inhiben en forma competitiva la síntesis de ácido mevalónico, una sustancia que limita la velocidad de la síntesis del colesterol en el hígado por la enzima HMG-CoA reductasa (Mevacor, 1990). La lovastatina es un potente inhibidor competitivo de la HMG-CoA reductasa, suprime la síntesis de colesterol hepático y desinhibe el número de receptores hepáticos del LDL (Mevacor, 1990).

Numerosos estudios han mostrado que incluir el aceite de SA (Lichtenstein *et al.*, 1994; Ragram *et al.*, 1989; Wilson *et al.*, 2000) y SA entero (Gerhardt & Gallo, 1998) en la alimentación son efectivos para reducir los niveles de colesterol en la sangre (Kahlon *et al.*, 1992; Kahlon *et al.*, 1990; Seetharamaiah & Chandrasekhara, 1989; Sharma & Rukmini, 1987; Nicolosi *et al.*, 1991; Qureshi *et al.*, 2001). Ensayos en humanos y animales han demostrado, de igual manera, que el aceite de SA es tan efectivo como otros aceites vegetales en la disminución de los niveles de colesterol (Lichtenstein *et al.*, 1994; Rukmini & Ragram, 1991). Por ejemplo, Suzuki & Oshima (1970a y b) observaron que después de que el aceite de SA es consumido durante 7 días, su efecto hipocolesterolémico es igual al ofrecido por otros aceites vegetales comunes tales como maíz, cártamo y girasol. Por otra parte, Hegsted & Kousik (1994) confirmaron que el SA y el aceite de SA asimilan el efecto del colesterol dietario al decrecer la actividad de la enzima clave regulatoria de la síntesis del colesterol. La disminución en la actividad de la HMG-CoA reductasa duró por cerca de 4 horas, sugiriendo la necesidad de la presencia del SA o su aceite en cada comida no como una dosis única. En otro estudio previo en humanos, donde el SA se incorporó en el desayuno, almuerzo y cena, se encontró que el colesterol decreció en un total del 7%.

La actividad hipocolesterolémica del SA ha sido atribuida a la presencia de  $\gamma$ -orizanoles (ésteres de ferulato de alcoholes triperpenos) y esteroides de plantas (Sheetharamaiah

& Chandrasekhara, 1988; Yoshino *et al.*, 1989; Nicolosi *et al.*, 1991; Rogers *et al.*, 1993).

### **Gamma-orizanol**

El SA y sus principales componentes lipídicos (ácidos grasos insaturados, alcoholes triperpernos, fitoesteroles, tocotrienoles, tocoferoles, etc) han demostrado tener cierta habilidad para mejorar el patrón lipídico en el plasma de roedores, conejos, primates y humanos reduciendo el colesterol total y la concentración de triglicéridos e incrementando los niveles de lipoproteína de alta densidad (Cicero & Gaddi, 2001). Los estudios químicos indican que el SA es particularmente rico en  $\gamma$ -orizanol, una mezcla de ácido ferúlico con esteres de alcohol triperpeno y esteroleos. El  $\gamma$ -orizanol y la vitamina E en el SA han reportado actividad antioxidante significativa la cual protege células del daño oxidativo de la lipoproteína plasmática de baja densidad, proteínas celulares y ADN (Xu *et al.*, 2001).

Un estudio concluyó que el orizanol en el SA, es capaz de reducir la absorción de colesterol y/o áreas de grasa en la aorta en hamsters (Rong *et al.*, 1997) y en ratones (Qureshi, 2001). Wilson *et al.* (2002) observaron en su estudio que el SA inhibió significativamente esta área de grasa comparado con el salvado de trigo y la fibra de arroz. Concluyeron entonces que el SA al mismo nivel dietario que el salvado de avena es igual, sino mejor, para la prevención de hipercolesterolemia inducida por la dieta y el desarrollo de arterioesclerosis aortica en hamsters.

Se ha demostrado además, que el  $\gamma$ -orizanol presente en el SA en cantidades mayores a 10 veces que la vitamina E, tiene efectos mucho más poderosos en la reducción de la oxidación del colesterol que esta vitamina (Xu *et al.*, 2001). Por lo tanto, la presencia de antioxidantes permite al aceite de SA proteger el tejido del hígado del daño de la peroxidación.

### **Tocoferoles y tocotrienoles**

Se ha sugerido que las fracciones de tocoferoles son un agente efectivo para la disminución del colesterol ya que inhiben la HMG-CoA reductasa (Therriault *et al.*, 1999; Parker *et al.*, 1993).

A partir de una mezcla de tocoferoles y tocotrienoles provenientes del SA fue creado el TRF<sub>25</sub> la cual es una sustancia reconocida como GRAS en Estados Unidos y no tiene efectos secundarios en la reducción de los niveles de colesterol en la sangre (FDA, 1978), mientras que el lovastatín tiene efectos tales como dolor de cabeza, náusea, fatiga, insomnio, erupciones en la piel, calambres estomacales y dolor en el estómago (Mevacor, 1990). El TRF<sub>25</sub> no solo contiene tocotrienoles conocidos ( $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ -, y  $\delta$ -) también contiene otros dos tocotrienoles más potentes, el desmetil (*d*-P<sub>21</sub>-T3) y el didesmetil (*d*-P<sub>25</sub>-T3) (Qureshi *et al.*, 1999; Qureshi *et al.*, 1993; Qureshi *et al.*, 2000).

Qureshi *et al.* (2001) realizaron un estudio que demuestra que el TRF<sub>25</sub> aún en dosis bajas (50 mg/día) no es solo un producto natural que ayuda a disminuir los niveles de colesterol sino que también es un agente útil para terapias combinadas con otras drogas que reducen el colesterol (lovastatin o lipotor) debido a su capacidad de eliminar los efectos secundarios de estas drogas en humanos.

En otros ensayos, ratas alimentadas con una suplementación de aceite de SA (RBO) en su dieta, presentaron una tendencia al decrecimiento del peso de los órganos especialmente en la grasa de la epidermis, comparándose con el grupo de control con una dieta alta en colesterol. También se observó que el aceite tendió a disminuir el peso del hígado, el cual se incrementó con una dieta alta en colesterol. La disminución del peso del tejido, especialmente la disminución de grasa de la epidermis del grupo de RBO los condujo a concluir que el RBO puede reducir la acumulación de lípidos en los tejidos (Tae-Youl *et al.*, 2005).

### **Fibra dietaria**

Las fuentes de fibra dietaria han sido clasificadas en 3 tipos basándose en sus efectos en los niveles del colesterol humano. En el tipo 1 se encuentran las fibras dietarias que han mostrado previamente efecto en la disminución de colesterol, en estas se incluyen la pectina, goma guar, psyllium y salvado de avena. El tipo 2 comprende las fibras dietarias que tienen un posible efecto en la reducción del colesterol, en este grupo se incluyen las leguminosas, SA y varios tipos de gomas. El tipo 3 lo constituyen las fibras dietarias que no han demostrado ningún efecto en la reducción del colesterol en las cuales se encuentran la fibra de trigo, celulosa y lignina (Truswell, 1995).

Estudios realizados por Wilson *et al.* (2002) demostraron que la fibra de arroz y el SA reducen significativamente la formación de colesterol hepático comparado con el salvado de trigo. Por otro lado, la hemicelulosa B (RBHB) del SA ha sido reconocida por poseer una notable actividad biológica incluyendo el decrecimiento del colesterol en la sangre y la prevención del cáncer del colon (Hu *et al.*, 2009).

### **Proteína de arroz**

Las proteínas del SA son de alto valor nutricional (Kennedy & Burlingame, 2003), hipoadérgico (Tsuji *et al.*, 2001) y son igual de efectivas a la proteína de soya en bajar los niveles de colesterol en el plasma (Morita *et al.*, 1997). Estas proteínas son conocidas por su potencial hipocolesterolemico y efecto anti-aterogénico (Ni *et al.*, 2003), debido principalmente a su alto contenido de L-arginina (1,27%) (Parrado *et al.*, 2006). La suplementación dietaria de la L-arginina previene el desarrollo de la arterioesclerosis, probablemente a través de la conversión a óxido nítrico el cual tiene una variedad de efectos benéficos en el sistema cardiovascular (Tousoulis *et al.*, 2007).

Recientemente se ha demostrado que la proteína del arroz es igualmente efectiva a la proteína de soya aislada en reducir los niveles de colesterol en el plasma sanguíneo y reducir el desarrollo temprano de arterioesclerosis aórtica comparado con la caseína en hamsters hipercolesterolémicos (Tran & Nicolosi, 1997).

Es de resaltar que la proteína de SA es superior a otras proteínas de otros cereales ya que tiene una alta eficiencia, contenido de lisina y, como ya se comentó anteriormente, propiedades hipoalergénicas (Saunders 1986; Wang *et al.*, 1999).

### **Fitoesteroles**

Los fitoesteroles llevan a cabo funciones en plantas equivalentes a las desempeñadas por el colesterol en los animales, siendo estos compuestos requeridos como componentes necesarios de membranas celulares y como precursores de biomoléculas importantes, incluyendo hormonas sexuales y vitaminas. Entre las fuentes de alimentos con alto contenido de fitoesteroles totales (mg/100 g) están los aceites del SA (1055), maíz (952), germen de trigo (553), semillas de lino (338), semillas de algodón (327), soya (221), maní (206) y oliva (176) (Kritchevsky, 1997).

El efecto hipocolesterolémico del extracto enzimático del SA (EEBR) puede deberse principalmente a su contenido en fitoesteroles. El mayor esteroide del EEBR es el 4-desmetilesterol,  $\beta$ -sitosterol, el cual es muy efectivo cuando se trata de competir con el colesterol para ser incorporado en micelas mixtas. La diferencia estructural entre las cadenas laterales del fitoesteroide y el colesterol es el factor responsable para su particular efecto. La eficacia de los esteroides vegetales en reducir los niveles de colesterol ha motivado a la introducción de estos compuestos como aditivos alimenticios con el objetivo de ayudar para reducir los niveles de LDL en la sangre. Un incremento en la excreción fecal de esteroides neutrales en animales alimentados con SA fue observado por Wilson y colaboradores (2002).

Suzuki & Oshima (1970a y b) sugirieron que el alto contenido de ácido linoléico del aceite de cártamo, en combinación con los micronutrientes de la fracción insaponificable del aceite de SA, actúan sinérgicamente para disminuir los niveles de colesterol sérico.

### **Enfermedades cardiovasculares**

Se encuentran bien documentados los efectos en la disminución de colesterol y los efectos cardioprotectores debido al orizanol (Seetharamaiah & Chandrasekhara, 1988; Ragram *et al.*, 1989), fitoesteroles (Vanstone *et al.*, 2001), tocotrienoles (Parker *et al.*, 1993; Qureshi *et al.*, 1997) y fibra dietaria (Ayano *et al.*, 1980; Aoe *et al.*, 1989) al igual que la propiedad antioxidante debido a los componentes de los extractos acuosos del salvado (Nam *et al.*, 2006), fenoles (Iqbal *et al.*, 2005), pigmentos así como también orizanol (Xu *et al.*, 2001), tocoles (Packer, 1995) y el efecto anticancerígeno debido al tocotrienol (Wada *et al.*, 2005) y la hemicelulosa (Aoe *et al.*, 1993).

## **Reducción en el riesgo de padecer enfermedades coronarias y arterioesclerosis**

La relación entre los ácidos grasos *Trans* y el incremento en el riesgo de padecer enfermedades coronarias del corazón es bien conocida (Tarrago-Trani *et al.*, 2006). Las proteínas de arroz son igualmente conocidas por su potencial hipocolesterolémico y su efecto anti aterogénico (Ni *et al.*, 2003), principalmente debido a su alto contenido de L-arginina (12,7%) (Parrado *et al.*, 2006). La suplementación dietaria de la L-arginina previene el desarrollo de la arterioesclerosis, probablemente a través de la conversión de óxido nítrico, el cual tiene una variedad de efectos benéficos en el sistema cardiovascular (Tousoulis *et al.*, 2007).

## **Inflamaciones**

### **Inhibición en la agregación de plaquetas**

Se ha comprobado que tanto el  $\gamma$ -orizanol como el cicloartenil trans-ferulato inhiben marcadamente las reacciones inflamatorias. Por lo tanto, los ferulatos del fitoesterol pueden ser efectivos como agentes terapéuticos y/o preventivos para enfermedades inflamatorias gastrointestinales (Islam *et al.*, 2008).

La función antioxidativa del ácido ferúlico puede también tener un futuro uso en la protección contra los radicales libres que resultan del daño celular y se asocian con enfermedades inflamatorias (Jariwalla, 2001).

Por otro lado, se descubrió que los tocotrienoles comprenden el 70% de los tocoles en el aceite de SA crudo y estos han demostrado ser poderosos antioxidantes y agentes antitrombóticos (Arumughan *et al.*, 2004; Mayamol *et al.*, 2004). El aceite de SA por lo tanto puede ser usado como ingrediente para elaborar manteca vegetal nutricional. Existe una fuerte tendencia referente a la utilización de aceite vegetal en manteca vegetal sin hidrogenación para evitar la presencia de ácidos grasos *trans* (TFA) (Reshma *et al.*, 2008).

Los fitoesteroles también son abundantes en el extracto enzimático de SA ( $4084 \pm 98$  mg/kg). Varias propiedades les han sido atribuidas tales como efecto antiinflamatorio, antitumoral, bactericida y fungicida. Sin embargo, su efecto científico característico es el hipocolesterolémico (de Jong *et al.*, 2003).

Uno de los mayores descubrimientos de la última década fue la demostración de que el IP6 puede disminuir el colesterol y los triglicéridos en la sangre indicando un papel de protección contra enfermedades cardiovasculares (Jariwalla, 1999). En adición, este compuesto ha demostrado inhibición en la agregación de plaquetas (Vucenik *et al.*, 1999) y por lo tanto mejora la evolución de problemas inflamatorios al estimular la respuesta de los neutrófilos ante un estímulo microbiano (Eggleton, 1999).

### **Efecto antistress, antiulcerogénico, antifatiga, efecto laxante y secreción pituitaria**

Diferentes productos derivados del SA se han destacado por poseer actividad antioxidante (Hiramitsu & Armstrong, 1991; Yasukawa *et al.*, 1998). Se han hallado propiedades funcionales de carácter antihiperlipidémico, antiulcerogénico (Cicero & Gaddi, 2001) y antitumoral (Hayashi *et al.*, 1998) propias del SA. Su actividad antioxidante está directamente relacionada con el contenido de  $\gamma$ -orizanol. La capacidad antioxidante del  $\gamma$ -orizanol ha sido atribuida a su estructura, lo cual incluye ácido ferulico. Este constituyente es responsable de la actividad antioxidante significativa (Qureshi *et al.*, 2001). En adición, el consumo de SA se reconoce por tener un número de beneficios sobre la salud, tales como efectos laxantes y su influencia en el tamaño de las deposiciones (Tomlin & Read, 1988).

De manera importante, se encontró que el SA fermentado tiene efectos anti-stress y antifatiga desde que inhibe un cambio mayor en el peso de suprarrenales, timo, bazo y la tiroides (Kim *et al.*, 2002); sugiriendo que el efecto del SA fermentado en la recuperación del agotamiento puede estar relacionado al efecto de resistencia y al efecto mejorador de la inmunidad en el organismo humano.

Otras propiedades potenciales del aceite de SA y el  $\gamma$ -orizanol, estudiadas ambas *in vitro* y en modelos animales, incluyen la influencia en la secreción pituitaria e inhibición de la secreción del ácido gástrico (Lerma-García *et al.*, 2009).

### **Enfermedades emergentes**

#### **Pérdida de cabello y desarrollo anormal**

El mayor componente del SA es el inositol cuya deficiencia se encuentra asociada con la pérdida de cabello (alopecia) y desarrollo anormal. Adicionalmente, el inositol trifosfato cumple una función muy importante en la membrana celular como mensajero intracelular (Jariwalla, 2001).

#### **Acción gonadotrópica, estimulación del hipotálamo y promoción del crecimiento**

Diversos efectos del  $\gamma$ -orizanol han sido reportados, incluyendo el efecto hipolipidémico, la promoción de crecimiento, la acción gonadotrópica y la estimulación del hipotálamo (Kanbara *et al.*, 1992; Nakamura, 1967; Rukmini & Ragram, 1991).

#### **Acción protectora en las heridas inducidas por la ingestión de etanol**

Chotirmarkorn & Ushio (2008) han investigado los efectos de la administración oral del ácido trans-ferúlico y el  $\gamma$ -orizanol, en ratones con heridas inducidas en el hígado por etanol. Los ratones tratados con el ácido trans-ferúlico y el  $\gamma$ -orizanol se reco-

braron también de los niveles de glutatión hepático y presentaron la mayor actividad del superóxido dismutasa. Por lo tanto, ambos, el ácido trans-ferúlico y el  $\gamma$ -orizanol tuvieron una acción protectora en las heridas en el hígado inducidas por la ingestión de etanol.

### **Acción farmacológica en el sistema nervioso**

El alcohol triperpeno tiene acción farmacológica en el sistema nervioso, donde este acelera la formación y la fijación de la memoria y la activación de la actividad mental. Estas acciones fisiológicas y farmacológicas sugirieron que los componentes insaponificables del aceite del SA son candidatos potenciales para su utilización en alimentos funcionales (Jariwalla, 2001).

Otra sustancia abundante en el aceite de SA es el tocotrienol, una forma natural de la vitamina E. Los tocotrienoles son antioxidantes lipofílicos, protegiendo la membrana celular de degradación agresiva y la peroxidación de lípidos. Ellos protegen la piel del daño inducido por la UV y con la ayuda de los tocotrienoles mantienen el nivel del tocoferol (Weber *et al.*, 1997). La deficiencia de vitamina E está ligada a esterilidad, varias enfermedades hepáticas y de la sangre y la degradación del tejido nervioso (Jariwalla, 2001).

Igualmente se ha reportado el uso del orizanol en la cura de desequilibrio nervioso y desórdenes postmenopáusicos (Cicero & Gaddi, 2001).

### **Tratamiento en la formación de cálculos**

La disminución de los niveles de colesterol sérico en la sangre, específicamente de las fracciones lipoprotéicas de baja densidad (LDL) ayudan en la salud cardiovascular y tienden a disminuir la formación de cálculos biliares (Babcock, 1987). En base a los múltiples estudios que comprueban la eficacia del SA en el tratamiento de enfermedades crónicas se ha sugerido que este alimento se incluya en la dieta humana.

En un estudio en pacientes con hipercalciuria idiopática, Ohkawa *et al.*, (1984) se observó un decrecimiento significativo de calcio en la orina y en el número de cálculos después de la ingestión de 10 g de SA, dos veces al día, por períodos de 1 a 3 meses. Los estudios bioquímicos han demostrado que los fitatos del SA pueden interferir con la formación de cálculos (cristales) de oxalato de calcio y fosfato. Esto ha sido demostrado *in vitro* en un sistema que se asemeja a la formación de cálculos en el riñón así como también en modelos animales de nefrolitiasis donde la formación de los cristales y la calcificación en el tejido renal son inducidas por etilén glicol (Grases & Costa-Bauza, 1999).

En estudios previos en animales, los fosfatos de inositoles demostraron inhibir la calcificación en la aorta y la peroxidación de lípidos en riñones isquémicos (Jariwalla *et al.*, 1990).

### Fuente de nutrientes de bajo costo

Varias investigaciones han reportado que los tocotrienoles presentan actividad antioxidante mucho mayor que los tocoferoles y proporcionan protección más eficiente contra algunas enfermedades relacionada con los radicales libres (Qureshi *et al.*, 2002). Sin embargo, desde que la cantidad de  $\gamma$ -orizanol en el extracto enzimático del SA está por encima de 13 veces que la cantidad correspondiente a los tocoles, el  $\gamma$ -orizanol puede ser el antioxidante más importante en este producto. La actividad antioxidante del extracto enzimático del SA puede estar también relacionada con su relativo alto contenido de aminoácidos azufrados (Parrado *et al.*, 2006). Estos aminoácidos son precursores de dos antioxidantes naturales importantes: taurina y glutatión.

La taurina está presente en los tejidos animales, particularmente aquellos ricos en membranas. Hay evidencia que el mayor papel nutricional de este aminoácido es proteger dichas membranas. El glutatión es el tiol más encontrado a nivel celular y el péptido de menor peso molecular más abundante presente en las células. El glutatión protege las células de los efectos tóxicos provocados por compuestos reactivos al oxígeno al igual que interviene en la desintoxicación de radicales libres y peróxidos (Horton, 2003).

## EL SALVADO DE ARROZ CON NUEVAS APLICACIONES

El SA ha sido utilizado principalmente como ingrediente para la alimentación de animales, fertilizante y combustible (Juliano, 1985; Bera, 1992; Shi *et al.*, 1999), sin embargo puede ser utilizado en una gran variedad de campos como lo han demostrado diversas investigaciones.

Por un lado, el SA puede ser desarrollado como un adhesivo con aplicaciones industriales las cuales pueden incrementar su valor económico. Debido a las modificaciones químicas y térmicas las cuales se han utilizado para obtener adhesivos de almidón y proteína, el SA puede ser modificado similarmente en su capacidad de unión. El producto podría ser usado potencialmente como una biobase adhesiva en compuestos tales como de partículas y fibra (Pan *et al.*, 2005).

Fuera de las amplias aplicaciones del ácido láctico en alimentos, farmacia, cuero, industrias textiles, su uso potencial como material para la producción de plásticos biodegradables le ha dado un valor agregado. El SA, un desecho en la agricultura, puede ser reciclado para el desarrollo de procesos biotecnológicos (Gao *et al.*, 2008).

En el caso de los vegetales, la cobertura orgánica, con residuos de plantas como paja y hierbas, mejora los rendimientos en tomates y además incorpora materia orgánica al suelo, lo que mejora la calidad del mismo (Wilson, 1979). Los altos rendimientos bajo cobertura se deben al incremento en el número de racimos, flores, frutos por planta y rendimientos precoces (Gómez *et al.*, 1997). Al evaluar el efecto de diferentes tipos de

cobertura del suelo sobre el rendimiento y calidad del tomate de ramillete, el material destacado fue el SA (Rodríguez, 2007).

Por otro lado, es necesario destacar la función ambiental que se ha encontrado en el SA. Recordemos que existe un delicado balance entre el hombre y el ambiente. Últimamente, este balance se ha visto seriamente perturbado por las actividades directas e indirectas del hombre. Miles de contaminantes han sido vertidos en el ambiente. La presencia de iones metálicos en aguas residuales naturales o industriales y su potencial impacto ha sido objeto de estudio en la ciencia del ambiente por largo tiempo. Iones metálicos tales como cadmio, cromo, cobre, plomo, zinc y hierro son comúnmente detectados en efluentes naturales e industriales. Para solucionar este problema, la biosorción puede ser parte de la solución y la utilización de SA es una herramienta en potencia (Singh *et al.*, 2005).

Y también es importante resaltar la acción del SA en la remoción de cloroformo el cual se encuentra en todas las aguas cloradas provenientes del grifo. Este compuesto se forma como resultado de la reacción entre cloro y precursores orgánicos, generalmente en sustancias tales como ácidos húmicos. Un reporte del Instituto Nacional de Cáncer (NCI) mostró que el cloroformo causaba cáncer en ratas y ratones bajo condiciones de prueba en el laboratorio (National Cancer Institute, 1976).

### **Alimento para animales**

Los efectos del ácido trans-ferúlico y del  $\gamma$ -orizanol al ser utilizados como suplementos en la dieta en el besugo cultivado fueron examinados (Takashi *et al.*, 2008). El suplemento alimenticio comercializado para peces suplementado con ácido trans-ferúlico (0,01-0,5%) o  $\gamma$ -orizanol (0,05-0,5%) se dieron al año cero a los besugos por 98 días. La luminosidad del color del revestimiento de los peces alimentados fue mayor que el de los controles. Además, las especies reactivas al ácido tiobarbitúrico en el hígado de los peces administrados fue menor que en el de los peces de control. Estos resultados indicaron que el ácido trans-ferúlico y el  $\gamma$ -orizanol suprimieron no solamente la pigmentación de color oscuro sino también el stress oxidativo en el besugo.

Los resultados del estudio realizado por Garg *et al.* (2004) indican que el grano de maíz puede ser económicamente reemplazado con SA desgrasado por encima de un nivel del 50% en la mezcla del concentrado para oveja adulta sin ningún efecto adverso en su desarrollo.

### **Acción antibacterial**

El ácido ferúlico es un agente efectivo antibacterial (Maruta *et al.*, 1999) y por consiguiente es útil en la preparación de derivados antibacteriales del ácido succínico con potencial biodegradable. Recordemos que es una preocupación de salud pública encontrar nuevos agentes antibacteriales con características biodegradables con el fin

de reducir problemas ambientales en nuestro ecosistema y es el ácido ferúlico quien sostiene un futuro potencial para su aplicación con estos fines.

### **Adhesivo**

Las propiedades adhesivas de la proteína y el almidón han sido reconocidas ya por mucho tiempo. El SA puede ser desarrollado como adhesivo con aplicaciones industriales que pueden incrementar su valor económico. Modificaciones térmicas y químicas han sido utilizadas para obtener adhesivos a partir de almidón y proteína de manera que el SA puede ser modificado de manera similar para mejorar su capacidad adhesiva. Tratamientos a altas temperaturas y pH han probado ser efectivos en el desarrollo de las propiedades adhesivas en el SA para obtener adhesivo a partir de este producto con fuerza adhesiva mejorada comparado con el control no tratado (Pan *et al.*, 2005).

### **Producción de ácido láctico**

Muchos investigadores han trabajado en la viabilidad del SA como material para la producción de ácido láctico (Oda *et al.*, 1997; Tanaka *et al.*, 2006; Taniguchi *et al.*, 2005; Yun *et al.*, 2004). En aquellas investigaciones, el SA fue hidrolizado por la  $\alpha$ -amilasa y la amiloglicosidasa para la producción de ácido láctico como fuente de carbono. Por tratamiento enzimático, acerca de 28 g/L de ácido láctico fue producido a partir de 100 g/L de SA (Taniguchi *et al.*, 2005; Yun *et al.*, 2004).

El ácido láctico es comúnmente producido por bacterias ácido lácticas fermentativas. El uso de materiales de bajo costo puede conducir a la reducción de costos de fermentación. La aplicación de SA hidrolizado no reduce solamente el costo del medio sino también incrementa la productividad marcadamente y por tanto es una solución efectiva para bajar el costo total para la producción de ácido láctico (Gao *et al.*, 2008).

### **Cultivo de vegetales**

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es uno de los vegetales más importantes y populares del mundo (Peralta & Spooner, 2007). En Cuba, ocupa aproximadamente 60.000 ha anualmente. También se considera la especie hortícola más importante en Asia, con alrededor de 25 millones de toneladas métricas producidas anualmente en cerca de un millón de hectáreas (Hanson & Chen, 1996). China es el líder mundial en producción de tomate con alrededor del 25 % de la producción mundial (FAO, 2005).

Los factores más importantes que reducen la productividad del tomate son las altas temperaturas, alta humedad, exceso de temperaturas, alta humedad, exceso de precipitaciones, plagas y enfermedades (Opeña, 1985). La cobertura del suelo (*mulch*) es un factor importante en el control de malezas y conservación de la humedad, lo que

permite mantener un ambiente favorable para el desarrollo de raíces, manteniendo la temperatura uniforme. Se comprobó que cubrir el suelo con SA en cultivos de tomate cubanos acelera la maduración de los frutos (Rodríguez, 2007). Por otro lado, la distribución de la humedad en la capa arable de un suelo cubierto es más uniforme, comparada con un suelo descubierto. En un suelo cubierto se promueve el desarrollo de raíces en la capa arable, estrato rico en nutrientes y donde abundan microorganismos beneficiosos (Lippert & Takatori, 1964).

### **Remoción de cloroformo en agua de grifo**

El agua es posiblemente el mayor recurso en el ambiente expuesto al cloroformo. Con el fin de remover este compuesto en la industria química de aguas residuales, la adsorción de carbón activado o descomposición fitoquímica por radiación ultravioleta ha sido principalmente estudiada (Hoffmann *et al.*, 1995; Ollis, 1985). Uno de los problemas de estos métodos es el costo.

La eficiencia de la bentonita, carbón, caolín, diatomeas de tierra y SA en la remoción de compuestos organoclorados fue examinada. El SA fue el más efectivo de los adsorbentes (Adachi *et al.*, 1999). La velocidad de adsorción del SA fue similar a la del carbón activado (granular o en polvo). El cloroformo, en este estudio, fue exitosamente removido del agua de grifo con una eficiencia de remoción promedio del 70 % después de 60 minutos cuando el SA se aplicó al grifo del agua el cual contenía 0.0064 mg/l de cloroformo. Se encontró también que el SA no es efectivo en la remoción de fenoles o iones tales como  $\text{CN}^-$  y  $\text{PO}_4^{3-}$  pero sí es muy efectivo en la remoción de sustancias solubles de grasa (Adachi, 2001).

### **Remoción de cromo**

La biosorción de metales pesados por biomasa bacteriana fúngica o algas (vivas o muertas) y la biomasa de la agricultura (Melo & D'Souza, 2004; Singh *et al.*, 2003; Singh *et al.*, 2004; Singh *et al.*, 2003; Ahuja *et al.*, 2001; Bhainsa *et al.*, 2001; Filipovic-Kovacevic *et al.*, 2000; Ariff *et al.*, 1999; Marin & Ayele, 2003; Reddad *et al.*, 2003; Azamal *et al.*, 2003) han sido reconocidos como potencial alternativa a las tecnologías existentes tales como precipitación, intercambio iónico, extracción solvente y membranas líquidas para la remoción de metales pesados en aguas residuales debido a que estos procesos tienen limitaciones técnicas y/o económicas.

La literatura revela dos distintos acercamientos al uso de microorganismos y el uso de biomasa no viable (Darnall *et al.*, 1986; Teszos & Volesky, 1981; Khummongkol *et al.*, 1982). Existen limitaciones prácticas significativas con respecto al método que emplea sistemas de microorganismos vivos. Quizá la limitación más importante es que el crecimiento microbiano se inhibe cuando las concentraciones de iones metálicos son muy altas o cuando una cantidad significativa de iones metálicos es

absorbida por los microorganismos (Darnall *et al.*, 1986). Las células muertas o los desechos de la agricultura acumulan iones de metales pesados al mismo o a mayor nivel que las células vivas (Darnall *et al.*, 1986; Teszos & Volesky, 1981; Khummonkol *et al.*, 1982). La razón de esto es que los cambios que ocurren en la estructura de las células después de que las células se secan, afecta la adsorción en una manera positiva (Nourbakhsh *et al.*, 1994). Para las aplicaciones en la remoción de metal, el uso de biomasa muerta o desechos de la agricultura puede ser preferida ya que grandes cantidades están disponibles y a menor costo al ser un subproducto de varias industrias (Tobin *et al.*, 1993). Por lo tanto se ha escogido el SA para la remoción de Cr (VI) en aguas residuales, porque el SA es barato, de fácil disposición y en su mayoría biodegradable.

Se ha descubierto que el SA es un biosorbente muy efectivo para la remoción eficiente del Cr (VI) de aguas residuales. En un estudio realizado se encontró que la máxima remoción del Cr (VI) fue de 99,4% a un pH de 2, con concentración inicial de 200 mg l<sup>-1</sup> y a una temperatura de 20 °C. Los estudios de transferencia de masa confirmaron la velocidad de transferencia de masa desde el adsorbato al adsorbente fue lo suficientemente rápida. Los estudios termodinámicos confirmaron que el proceso fue espontáneo y endotérmico. Los datos obtenidos pueden ser útiles en el diseño y la fabricación de una planta de tratamiento eficiente para los efluentes ricos en Cr (VI) (Singh *et al.*, 2005).

## CONCLUSIONES

En las tablas 59, 60, 61, 62, 63, 64, 65 y 66, se pueden resumir los principales usos del salvado de arroz, en las diferentes industrias evaluadas.

A continuación se presenta el resumen de los usos potenciales como antioxidantes (tabla 59).

**Tabla 59.** Resumen de usos potenciales como antioxidantes.

PRESENTACIÓN DEL SALVADO DE ARROZ	USOS COMO ANTIOXIDANTE
Extractos	Aceite de pescado
Aceite	Aceite de soya
Extractos. Gamma-orizanol	Empanadas de carne
Aceite. Fibra de arroz	Carne de vacuno
Salvado	Emulsiones de carne tipo <i>premium</i>
Aceite	Leche entera en polvo
Extractos	Pardeamiento de dulces, caramelos y tortas.

En la tabla 60 se presentan los usos en cuanto a la fibra dietaria y como mejorador de propiedades sensoriales.

**Tabla 60.** Usos de la fibra dietaria y mejorador de propiedades sensoriales.

PRESENTACIÓN DEL SALVADO DE ARROZ	USOS EN FIBRA DIETARIA Y PROPIEDADES SENSORIALES
Aceite y salvado	Pastas cárnicas
Salvado	Salchichas tipo <i>hot dog</i>
Salvado	Albóndigas de cerdo
Salvado	Hamburguesas de pollo
Salvado	Masa para pizza
Salvado	Pan
Salvado	Pasta
Extractos	Sinergia con aislado de soya

En la tabla 61 se presenta el uso proteico potencial.

**Tabla 61.** Usos de la proteína del salvado de arroz.

PRESENTACIÓN DEL SALVADO DE ARROZ	USOS COMO FUENTE DE PROTEÍNA
Extractos	Alimentos infantiles
Salvado y extractos	Emulsiones estables bajo concentraciones elevadas de azúcares
Salvado	Productos cárnicos

En la tabla 62 se presenta el uso potenciales como mejorador de producto.

**Tabla 62.** Usos potenciales como mejorador de producto.

PRESENTACIÓN DEL SALVADO DE ARROZ	USOS COMO MEJORADOR DE PRODUCTO
Concentrados de proteínas	Panes, galletas y alimentos para recién nacidos
Aceite	Margarinas y aceites
Salvado	Arepas

La tabla 63 presenta el uso cosmetológico del salvado de arroz.

**Tabla 63.** Usos cosmetológicos del SA.

PRESENTACIÓN DEL SALVADO DE ARROZ	USO COSMETOLÓGICO
Aceite. Extractos de gamma-orizanol, tocoferoles, tocotrienoles y ácido ferúlico.	Tratamiento de desórdenes en la piel, reducción de arrugas y absorción a la radiación UV.

En la tabla 64 se presenta el uso de SA como tratamiento de enfermedades crónicas.

**Tabla 64.** Uso del SA para tratamiento de enfermedades crónicas.

PRESENTACIÓN DEL SA	USOS EN ENFERMEDADES CRÓNICAS
Salvado y aceite. Extractos de antocianina, antocianidina, compuestos fenólicos, cicloartenil ferulato, mio-inositol, IP6, tocotrienoles, MGN-3 y ácido fítico. Concentrados de fibra dietaria.	Cáncer
Extractos de salvado y concentrados de fibra.	Diabetes
Salvado y aceite. Extractos de gamma-orizanol, tocoferoles, tocotrienoles y fitoesteroles. Concentrados de fibra dietaria y proteína.	Colesterol
Salvado. Concentrado de proteínas.	Enfermedades coronarias y arterioesclerosis.
Aceite. Extractos de gamma-orizanol, cicloartenil trans-ferulato, tocotrienoles, fitoesteroles e IP6.	Inflamaciones.
Aceite. Extractos de gamma-orizanol.	Efecto antistress, antiulcerogénico, antifatiga, laxante y secreción pituitaria.

En cuanto a las enfermedades emergentes, en la tabla 65 se presenta el uso del salvado de arroz.

**Tabla 65.** Uso del salvado de arroz sobre las enfermedades emergentes.

PRESENTACIÓN DEL SA	USOS EN ENFERMEDADES EMERGENTES
Aceite. Extractos de inositol.	Pérdida de cabello y desarrollo anormal.
Aceite. Extractos de gamma-orizanol.	Acción gonadotrópica, estimulación del hipotálamo y promoción del crecimiento.
Aceite. Extractos de ácido trans-ferúlico y gamma-orizanol.	Acción protectora en las heridas inducidas por la ingestión de etanol.
Aceite. Extractos de tocotrienol.	Acción farmacológica en el sistema nervioso.
Salvado.	Tratamiento en la formación de cálculos.

En la tabla 66 se presenta el uso del salvado de arroz como fuente de nutrientes de bajo costo.

**Tabla 66.** Uso del salvado de arroz como fuente de nutrientes de bajo costo.

PRESENTACIÓN DEL SA	USOS COMO FUENTE DE NUTRIENTES DE BAJO COSTO
Aceite. Extractos de gamma-orizanol y aminoácidos azufrados. Salvado.	Taurina y glutatión.

### Referencias bibliográficas

- Abdel-Aal E. S. M., et al. 1999. A rapid method for quantifying total anthocyanins in blue aleurone and purple pericarp wheats. *Cereal Chemistry*. 76: 350-354.
- Abdul-Hamid A., Luan Y. S. 1999. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry*. 68: 15-19.
- Abdul-Hamid, R. R. Raja Suliman, A. Osman, N. Saari., 2007. Preliminary study of the chemical composition of rice milling fractions satabilized by microwave heating. *Journal of food composition and analysis*. 20: 627-637.
- Afaq F., Saleem M., Aziz M. H., Mukhtar H. 2004. Inhibition of 12-O-tetradecanoylphorbol-13-acetate-induced tumor promotion markers in CD-1 mouse skin by oleandrin. *Toxicology and Applied Pharmacology*. 195: 361-369.
- Aktas N., Gencelep H. 2006. Effect of starch type and its modifications on physicochemical properties of bologna-type sausage produced with sheep tail fat. *Meat Science*. 74: 404-408.
- Ambale G. G., Khatoon S., Tyakal N. T. 2007. Improved process for preparation of oryzanol. Patent No. IN 200300398-1.
- American Heart Association, Nutrition Committee. 1988. Dietary guidelines for healthy American adults. *Circulation*. 77: 721-4.
- Aoe S., Oda T., Tojima T., Tanaka M., Tatsumi K., Mizutani T. 1993. Effect of rice bran hemicellulose on 1,2-dimethylhydrazine induced intestinal carcinogenesis in Fischer 344 rat. *Nutrition and Cancer*. 20: 41-49.
- Aoe S., Ohta F., Ayano Y. 1989. Effect of rice bran hemicelluloses on cholesterol metabolism in rats. *Journal of Japanese Society of Nutrition and Food Science*. 42: 55-61.
- Arumughan, C., Skhariya, R., Arora, R., 2004. Rice bran oil: an untapped health food. *Inform*. 15, 706-707.

- Avendaño V., Rodríguez L., Vargas E. 2009. Evaluación de una harina de semola de trigo y SA para la elaboración de una pasta alimenticia. UJTL.
- Ayano Y., Ohta F., Watuabe Y., Mita K. 1980. Dietary fiber fractions in defatted rice bran and their hypocholesterolemic effect in cholesterol fed rats. *Journal of Japanese Society of Nutrition and Food Science*. 33: 283-291.
- Babcock D. 1986. Rice bran as a source of dietary fibre. *Cereal Food World*. 32: 538.
- Badcock D. 1987. Rice bran as a source of dietary fiber. *Cereal Foods World*. 32: 538-540.
- Barber S., Barber C. B. 1980. Rice bran: Chemistry and technology. En: Luh B. S. Ed. *Rice. Production and utilization* (pp. 790-862). Westport. CT. USA: AVI Publishing.
- Bera M. B., Mukherjee R. K. 1989. Preparation of rice bran protein concentrate and its use in bread. *Indian Journal of Nutrition and Dietetics*. 26: 48-35.
- Berdanier C. D. 2001. Diabetes and nutrition: The mitochondrial part. *J. Nutr.* 131: 344S-353S.
- Bergman C. J., Xu Z. 2003. Genotype and environment effects on tocopherol, tocotrienol and  $\gamma$ -oryzanol contents of Southern US rice. *Cereal Chemistry*. 80: 446-449.
- Betteridge D. J. 1989. Diabetes, lipoproteins metabolism and atherosclerosis. *Br. Med. Bull.* 45: 285-311.
- Birt D. F., Markin R. S., Blackwood D., Harvell D. M., Sll J. D. 1998. Dietary lignin and insoluble fiber, enhance uterine cancer but did not influence mammary cancer induced by N-methyl-N-nitrosourea in rats. *Nutr Cancer*. 1: 24-30.
- Branen A.C. 1975. Toxicology and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxyl toluene. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 52: 59-63.
- Burks, A. W., Helm, R. M. 1994. Hypoallergenicity of rice protein. In: Presented at the annual meeting of the American Association of Cereal Chemists, Nashville, TN.
- Burton B. 2000. Symposium: dietary composition and obesity: do we need to look beyond dietary fat?. *The Journal of Nutrition*. 130 (25): 272-274.
- Burton G.W., Ingold K. U. 1981. The antioxidant activity of vitamin E and related chain-breaking phenolic antioxidants in vitro. *Journal of the American Chemical Society*. 103: 6472-6477
- Calaveras J. 2004. Nuevo tratado de panificación y bollería. Segunda Edición. AMD ediciones. Madrid, España. 99, 100-102, 146, 212, 207, 347.
- Cara, L., Borel, P., Armand, M., Lafont, H., Lesgards, G., Lairon, D. 1992. Milling and processing of wheat and other cereals affect their capacity to inhibit pancreatic lipase in vitro. *J. Food Sci.* 57: 466-469.

- Carrie K.L. Kong, W.S. Lam, Lawrence C.M. Chiu, Vincent E.C. Ooi, Samuel S.M. Sun, Yum-Shing Wong. 2009. A rice bran polyphenol, cycloartenyl ferulate, elicits apoptosis in man colorectal adenocarcinoma SW480 and sensitizes metastatic SW620 cells to TRAIL-induced apoptosis. *Biochemical Pharmacology*. 77: 1487-1496.
- Carroll L. 1990. Functional properties and applications of stabilized rice bran in bakery product. *Food Technology*. 44 (4): 74-76.
- Challa A., Rao D. R., Reddy B. S. 1997. Interactive suppression of aberrant crypt foci induced by azoxymethane in rat colon by phytic acid and green tea. *Carcinogenesis*. 18: 2023-6.
- Chandi K. G., Sogi D. S. 2007. Functional properties of rice bran protein concentrates. *Journal of Food Engineering*. 79: 592-597.
- Chavan J. K., Kadam S. S. 1993. Nutritional enrichment of bakery products by supplementation with non wheat flours. *CRC- Critical –Reviews in Food Science and Nutrition*. 33: 189-226.
- Chen M. H., Bergman C. J. 2005. A rapid procedure for analyzing rice bran tocopherol, tocotrienol and oryzanol contents. *Journal of food composition and analysis*. 18: 319-331.
- Chen Q. C., Li B. W. 2003. Separation of phytic acid and other related inositol phosphates by high-performance ion chromatography and its applications. *J. Chromatogr. A*. 1018: 41-52.
- Chen, W. J. L., & Anderson, J. W. 1986. Hypocholesterol effects of soluble fibre. In G. V. Vahouny, D. Kritchevsky, *Dietary fibre basic and clinical aspect*. 275-286. New York: Plenum Press.
- Childs N. M. 1997. Nutraceuticals and functional foods –an introduction to the present status and key issues. *J. Nutraceuticals, Functional and Medical Foods*. 1: 7-9.
- Choi Y. S., Jeong J. Y., Choi J. H., Han D. J., Kim H. Y., Lee M. A., *et al.* 2007. Quality characteristics of meat batters containing dietary fiber extracted from rice bran. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*. 27(3): 228-234.
- Choi Y. S., Jeong J. Y., Choi J. H., Han D. J., Kim H. Y., Lee M. A., *et al.* 2008. Effects of dietary fiber from rice bran on the quality characteristics of emulsion type sausages. *Korean Journal of Food Science of Animal Resources*. 28(1): 14-20.
- Chotimarkon C., Benjakul S., Salalai N. 2008. Antioxidative effects of rice bran extracts on refined tuna oil during storage. *Food Research International*. 41: 616-622.
- Chotimarkorn C., Silalai N. 2008. Oxidative stability of fried dough from rice flour containing rice bran powder during storage. *LWT*. 41: 561-568.
- Chotimarkorn C., Ushio H. 2008. The effect of trans-ferulic acid and gammaoryzanol

- on ethanol-induced liver injury in C57BL mouse. *Phytomedicine*. 15: 951-958.
- Chu Y., Hus H. 1999. Effects of antioxidants on peanut oil stability. *Food Chemistry*. 66: 29-34.
- Chung J., Lee Y., Choe E. 2006. Effects of sesame oil addition to soybean oil during frying on the lipid oxidative stability and antioxidants contents of the fried products during storage in the dark. *Journal of Food Science*. 71: C222-C226.
- Cicero A. F. G., Gaddi A. 2001. RBO and  $\gamma$  oryzanol in the treatment of hyperlipoproteinaemias and other conditions. *Phytotherapy Research*. 15: 277-289.
- Cobos L., Rodríguez L., Vargas M. 2009. Evaluación de una harina de trigo y SA para panificación. UJTL.
- Coppini D., Paganizzi P., Santi P., Ghirardini A. 2001. Capacita protettiva nei confronti delle radiazioni solari di derivati di origine vegetale. *Cosmetic News*. 136: 15-20.
- Cummings, J. 1985. Cancer of the large bowel. In H. Trowell, D. Burkitt, K. Heaton, *Dietary Fibre, Fibre depleted foods and diseases*. 161-184. London: Academic Press.
- De Jong A., Plat J., Mensink R. P. 2003. Metabolic effects of plant sterols and stanols (review). *The Journal of Nutritional Biochemistry*. 14: 362-369.
- Devi, R. R., & Arumughan, C. 2007. Phytochemical characterization of defatted rice bran and optimization of a process for their extraction and enrichment. *Bioresource Technology*, 98, 3037-3043.
- Dingley K. H., Ubick E. A., Chiarappa-Zucca M. L., Nowell S., Abel S., Ebeler S. E., *et al.* 2003. Effect of dietary constituents with chemopreventive potential on adduct formation of a low dose of the heterocyclic amines PhIP and IQ and phase II hepatic enzymes. *Nutr. Cancer*. 46:212-21.
- Dreher, M. L. 1987. *Handbook of dietary Fibre: an applied approach*. New York: Marcel Dekker.
- Dukehart, M. R., Dutta, S. K., Vaeth, J. 1989. Dietary Fibre supplementation: effect on exocrine pancreatic secretion in man. *American Journal of Clinical Nutrition*. 50:1023-1028.
- Eggleton P. 1999. Effect of IP6 on man neutrophil cytokine production and cell morphology. *Anticancer Res*. 19:3711.
- Erickson M. D., Frey N. 1994. Property-enhanced oils in food applications. *Food Technology*. 48: 63-66.
- FDA: United States of America, Food and Drug Administration, Tocopherols and derivatives, Proposed affirmation of GRAS status for certain tocopherols and removal of certain others from GRAS status as direct man food ingredients,

- Federal-Register; 43 (209, October 27) (1978) 50193–50198.
- Ferguson L. R., Harris P. J. 1996. Studies on the role of specific dietary fibers in protection against colorectal cancer. *Mutation Research*. 350:173–84.
- físicos y sensoriales de arepas precocidas y congeladas. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 23: 232-242.
- Fossella F. V., Lee J. S., Berille J., Hong W. K. 1995. Summary of phase II data of docetaxel (Taxotere), an active agent in the first- and second-line treatment of advanced non-small cell lung cancer. *Semin Oncol*. 22(2 Suppl 4):22–9.
- Francis P. A., Kris M. G., Rigas J. R., Grant S. C., Miller V. A. 1995. Paclitaxel (Taxol) and docetaxel (Taxotere): active chemotherapeutic agents in lung cancer. *Lung Cancer*. 12(Suppl 1):S163–72.
- Frankel E. N. 1998. Lipid oxidation (pp. 13-22). Dundee, Scotland: Oily Press.
- Frenkel K. 1992. Carcinogen-mediated oxidant formation and oxidative DNA damage. *Pharmacology and Therapeutics*. 53: 127-166.
- Friedman M. 1997. Chemistry, biochemistry, and dietary role of potato polyphenols. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 45: 1523-1540.
- Garçon a-Esteba R. M., Hernaández E. G., Belen, Garçon a-Villanova. 1999. Phytic acid content in milled cereal products and breads. *Food Res. Int*. 32: 217-221.
- Gerhardt A. L., Gallo N. B. 1998. Full-fat rice bran and oat bran similarly reduce hypercholesterolemia in mans. *J. Nutr*. 128: 865-869.
- Ghoneum M. 1998. Anti-HIV activity in vitro of MGN-3, an activated arabinoxylan from rice bran. *Biochem Biophys Res Commun*. 243:25–9.
- Ghoneum M. 1998. Enhancement of man natural killer cell activity by modified arabinoxylan from rice bran (MGN-3). *Int J Immunother*. 14:89–99.
- Ghoneum M., Brown J. NK immunorestoration of cancer patients by MGN-3, a modified arabinoxylan rice bran (study of 32 patients followed for up to 4 years). In: Klatz R, Goldman R, eds. *Anti-aging medical therapeutics*, vol. III. Marina del Rey, CA: Health Quest Publications, 1999: 217 26.
- Ghoneum M., Gollapudi S. 2003. MGN-3 sensitizes man T cell leukemia cells to death receptor (CD95) induced apoptosis. *Cancer Lett*. 201:41–9.
- Ghoneum M., Jewett A. 2000. Production of tumor necrosis factor and interferon-g from man peripheral blood lymphocytes by MGN-3, a modified arabinoxylan from rice bran, and its synergy with interleukin-2 in vitro. *Cancer Detect Prev*. 24: 314–24.
- Goldberg I. 1994. Ed. *Functional foods, designner foods, pharma foods, nutraceuticals*. Champman and Hall. New York, NY.

- Goldstein B. J. 1994. Syndrome of extreme insulin resistance, en: Kahn C. R., Gordon C. W. Eds. Joslin's Diabetes Mellitus 13<sup>th</sup> Edition, Lea and Feboger. A Waverly Company. Philadelphia. 282-298.
- Graf E., Eaton J. W. 1985. Dietary suppression of colonic cáncer. Fiber or phytate? *Cancer*. 56: 717.
- Graf E., Eaton J. W. 1990. Antioxidant functions of phytic acid. *Free Radical Biology and Medicine*. 61-9.
- Grases F., Costa-Bauza A. 1999. Phytate (IP6) is a powerful agent on preventing calcification in biological fluids. Usefulness in renal lithiasis treatment. *Anticancer Res*. 19: 3717.
- Grundy S.M., Vega G.L., Bilheimer D.W. 1985. Influence of combined therapy with mevinolin and interruption of bile acid reabsorption on low density lipoproteins in heterozygous familial hypercholesterolemia. *Annals of Internal Medicine*. 103: 339-343.
- Guthrie N., Gapor A., Chambers A. F., Carroll K. K. 1997. Inhibition of proliferation of estrogen receptor-negative MDA-MB-435 and -positive MCF-7 man breast cancer cells by palm oil tocotrienols and tamoxifen alone and in combination. *J. Nutr*. 127: 544S.
- Hamada, J. S. 1997. Characterization of protein fractions of rice bran to devise effective methods of protein solubilization. *Cereal Chemistry*. 74(5): 662-668.
- Hamid-Abdul, A., Luan, Y. S. 2000. Functional properties of dietary fibre prepared from defatted rice bran. *Food Chemistry*. 68(1): 15-19.
- Harland B. F., Oberleas D. 1987. Phytate in foods. *World Review on Nutrition and Dietetics*. 52:235-59.
- Harris P. J., Ferguson L. R. 1993. Dietary fibre: its composition and role in protection against colorectal cancer. *Mutat Res*. 290:97-110.
- Hayashi Y., Nishikawa Y., Mori H., Tamura H., Matsushita Y. I., Matsui T. 1998. Antitumor activity of (10E, 12Z)-9-hydroxy-10,12-octadecadienoic acid from rice bran. *Journal of Fermentation and Bioengineering*. 86: 149-153.
- Hegsted M., Kousik C. S. 1994. *Rice bran and rice bran oil may lower heart disease risk by decreasing cholesterol synthesis in the body». Louisiana agriculture 37 (2): 16-17.*
- Hernandez-Ledesma B., Quiros A., Amigo L., Recio I. 2005. Identification of bioactive peptides after digestión of man milk and infant formula with pepsin and pancreatin. *International Journal of Dairy Technology*. 17: 42-49.
- Higashi-Okai, K., Kanbara, K., Amano, K., Hagiwara, A., Sugita, C., Matsumoto, N., *et al.* 2004. Potent antioxidative and antigenotoxic activity in aqueous extract of

- Japanese rice bran association with peroxidase activity. *Phytotherapy Research*. 18(8): 628–633.
- Hiramitsu T., Amstrong D. 1991. Preventive effect of antioxidants on lipid peroxidation in the retina. *Ophthalmic Research*. 23: 196-203.
- Hoogenkamp H. 2009. Rice bran reinvented. Fecha de Consulta: Noviembre de 2009. <http://www.nutracea.com/downloads/Articles/rice-bran-reinvented.pdf>.
- Horton J. W. 2003. Free radicals and lipid peroxidation mediated injury in burn trauma: the role of antioxidant therapy. *Toxicology*. 189: 75-88.
- Hou D. X., Kai K., Li J. J., Lin S., Tereharaa N., Wakamatsu M., Fujii M., Young M. R., Colburn N. 2004. Anthocyanidins inhibit activator protein 1 activity and cell transformation: structure-activity relationship and molecular mechanisms. *Carcinogenesis*. 25: 29-36.
- Hu G., Huang S., Cao S., Ma Z. 2009. Effect of enrichment with hemicelluloses from rice bran on chemical and functional properties of bread. 115: 839-842.
- Hu, C., Zawistowski, J., & Kits, D. D. 2003. Black rice (*Oryza sativa* L. indica) pigmented fraction suppresses both reactive oxygen species and nitric oxide in chemical and biological model systems.
- Huang S. C., Shiau C. Y., Liu T. E., Chu C. L., Hwang D. F. 2005. Effects of rice bran on sensory and physico-chemical properties of emulsified pork meatballs. *Meat Science*. 70: 613-619.
- Hudson E.A., Dinh P.A., Kokubun T., Simmonds M. S., Gescher A. 2000. Characterization of potentially chemopreventive phenols in extracts of brown rice that inhibit the growth of man breast and colon cancer cells. *Cancer Epidemiol Biomarkers Prev*. 9:1163–70.
- Ichihashi M., Funasaka Y., Ohashi A., *et al.* 1999. The inhibitory effect of DL-alpha-tocopherol ferulate in lecithin on melanogenesis. *Anticancer Res*. 19: 3769.
- Illingworth D.R. 1984. Mevinolin plus colestipol in therapy for severe heterozygous familial hypercholesterolemia. *Annals of Internal Medicine*. 101: 598–604.
- Illingworth D.R. 1988. Drug therapy of hypercholesterolemia. *Clin. Chem*. 34: B123–B132.
- Illingworth D.R. 1987. Lipid-lowering drugs: an overview of indications and optimum therapeutic use. *Drugs*. 33: 259–279.
- Indira T. N., Narayan A. V., Barhate R. S., Raghavarao k. S., Khatoon S., Channaiah G., *et al.*; Council Sci. Indian Res., assignee (September 30, 2004; May 24, 2005; October 28, 2004). Production of oryzanol-enriched fraction useful in the treatment of melanin related disorders and for minimizing wrinkles involves saponification; dehydration and leaching of RBO soapstock. Patents Nos. US2004192948-A1,

US6896911-B2 & JP2004300034-A.

- Iqbal S., Bhanger M. I., Anwar F. 2005. Antioxidant properties and components of some commercially available varieties of rice bran in Pakistán. *Food Chemistry*. 93: 265-272.
- Islam M. S., Murata T., Fujisawa M., Nagasaka R., Ushio H., Bari A. M., *et al.* 2008. Anti-inflammatory effects of phytosteryl ferulates in colitis induced by dextran sulphate sodium in mice. *British Journal of Pharmacology*. 154: 812-824.
- Ito N., Hirose M., Fukushima S., Tsuda H., Shirai T., Tatematsu M. 1986. Studies on antioxidants: Their carcinogenic and modifying effects on chemical carcinogenesis. *Food and Chemical Toxicology*. 24: 1071-1082.
- Jakobisiak M., Lasek W., Golab J. 2003. Natural mechanisms protecting against cáncer. *Immunology Letters*. 90: 103-122.
- James, C., & Sloan, S. 1984. Functional properties of edible rice bran in model system. *Journal of Food Science*, 49, 310-311.
- Jariwalla R. J. 1999. Inositol hexaphosphate (IP6) as an anti-neo-plastic and lipid-lowering agent. *Anticancer Res*. 19: 3699.
- Jariwalla R. J. 2001. Rice bran products: phytonutrients with potential applications in preventive and clinical medicine. *Drugs Experimental Clinical Research*. 27: 17-26.
- Jariwalla R. J., Sabin R., Lawson S., *et al.* 1990. Lowering of serum cholesterol and triglycerides and modulation of divalent cations by dietary phytate. *J. Applied Nutr*. 42: 18.
- Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51, 5271-5277.
- Juliano C., Cossu M., Alamanni M. C., Piu L. 2005. Antioxidant activity for  $\gamma$ -oryzanol: Mechanism of action and its effect on oxidative stability of pharmaceutical oils. *International Journal of Pharmaceutics*. 299: 146-154.
- Kahlon T. S., Chow F. I., Sayer R. N., Betschart A. A. 1992. Cholesterol-lowering in hamster fed rice bran at various levels, defatted rice bran and rice bran oil. *J. Nutr*. 122: 513-9,67: 439-41.
- Kahlon T. S., Chow F. I., Sayre R. N. 1994. Cholesterol lowering properties of rice bran. *Cereal Food World*. 39: 99-103.
- Kahn S. E., Prigeon R. L., Schwartz W. Y., Fujimoto R. H., Knopp R. H., Brunzell J. D., Porte D. 2001. Obesity, body fat distribution, insulin sensitivity and islet  $\beta$ -cells function as explanations for metabolic diversity. *J. Nutr*. 131: 354S-360S.
- Kanbara, R., Fukuo, Y., Hada, K., Hasegawa, T. & Terashi, A. 1992. The influence of sonic stress on lipid metabolism and the progress of atherosclerosis in rabbits with hypercholesterolemia studies on the anti-atherosclerotic effect of  $\gamma$ -oryzanol

- in sonic stress. *Jpn. J. Atheroscler.* 20: 159–163.
- Karpen C. W., Cataland S., Odorisio T. M., Panganamala R. V. 1985. Production of 12-hydroxyeicosatetraenoic acid and vitamin E status in platelets from Type I man diabetic subjects. *Diabetes.* 34: 526-531.
- Karpen C. W., Pritchard K. A., Arnold J. H., Cornwell D. G., Panganamala R. V. 1982. Restoration of prostacyclin/thromboxane A<sub>2</sub> balance in the diabetic rat. Influence of dietary vitamin E. *Diabetes.* 31: 947-951.
- Kennedy G., Burlingame B. 2003. Analysis of food composition data on rice from a plant genetic resources perspective. *Food Chemistry.* 80: 589–596.
- Kiatsrichart S., Brewer M. S., Cadwallder K. R., Artz W. E. 2003. Pan-frying stability of nusun oil, a mid-oleic sunflower oil. *Journal of the American Oil Chemist's Society.* 80: 479-483.
- Kilo C. 1987. Vascular complications of diabetes. *Cardiovascular Review and Reports.* 8: 18-24.
- Kim J. S., Godber J. S., Prinaywiwatkul W. 2000. Restructured beef roasts containing rice bran oil and fiber influences cholesterol oxidation and nutritional profile. *Journal of Muscle Foods.* 11: 111-127.
- Kim J. S., Suh M. H., Yang C. B., Lee H. G. 2003. Effect of  $\gamma$ -oryzanol on the flavor and oxidative stability of refrigerated cooked beef. *Journal of Food Science.* 68: 2423-2429.
- Kim K. M., Yu K. W., Kang D. H., Suh H. J. 2002. Anti-stress and Anti-fatigue Effect of Fermented Rice Bran. *Phytother Res.* 16: 700-702.
- Kochhar S. P. 2000. Stable and healthful frying oil for 12<sup>th</sup> century. *Inform.* 11: 642-647.
- Krall L. P., Levine R., Barnett D. 1994. The history of diabetes, en: Kahn C. R., Gordon C.W. Eds. *Joslin's Diabetes Mellitus 13<sup>th</sup> Edition*, Lee and Feboger. A Waverly Company. Philadelphia. 1-14.
- Krishna A. G. G., Khatoon S., Babylatha R. 2005. Frying performance of processed rice bran oils. *Journal of Food Lipids.* 12: 1-11.
- Kritchevsky D. 1997. Phytosterols. In Bonfield Kristchevsky. Ed. *Dietary fiber in health and disease* (Vol. 427, pp. 235-242). New York: Plenum Press.
- Kritchevsky D., Bonafield C. 1995. *Dietary Fiber in Health and Disease*, Eagan Press, St Paul. MN.
- Kubo S. 1960. The grain internal transmigration of the chlorine which is included for the rice bran. *Biosci Biotechnol Biochem.* 34:689–94.
- La Vecchia C., Ferraroni M., Franceschi S., Mezzetti M., Decarli A., Negri E. 1997. Fibers and breast cancer risk. *Nutr Cancer.* 28:264-9.

- Landers P. S., Hamaker B. R. 1994. Antigenic properties of albumin globulin, and protein concentrate fractions from rice bran. *Cereal Chem.* 71: 409-411.
- Lee J., Kim M., Choe E. 2004. Effects of carrot powder in dough on the lipid oxidation and carotene content of fried dough during storage in the dark. *Journal of Food Science.* 69: C411-C414.
- Lerma-García M. J., Herrero-Martinez J. M., Simó-Alfonso E. F., Mendoca C. R. B., Ramis-Ramos G. 2009. Composition, industrial processing and applications of rice bran  $\gamma$ -oryzanol. *Food Chemistry.* 115: 389-404.
- Lesage-Meessen, L., Lomascolo, A., Bonnin, E., Thibault, J.F., Buleon, A., Roller, M., Asther, M., Record, E., Ceccaldi, B.C., Asther, M. 2002. A biotechnological process involving filamentous fungi to produce natural crystalline vanillin from maize bran. *Appl. Biochem. Biotechnol.* 102-103, 141-153.
- Lesage-Meessen, L., Stentelaire, C., Lomascolo, A., Couteau, D., Asther, M., Moukha, S., Record, E., Sigoillot, J.C., Asther, M. 1999. Fungal transformation of ferulic acid from sugar beet pulp to natural vanillin. *J. Sci. Food Agric.* 79: 487-490.
- Lichtenstein, A. H., Ausman, L. M., Carrasco, W., Gualtieri, L. J., Jenner, J. L., Ordovas, J. M., Nicolosi, R. J., Goldin, B. R. Schaefer, E. J. 1994. Rice bran oil consumption and plasma lipid levels in moderately hypercholesterolemic men. *Arterioscler. Thromb.* 14: 549-556.
- Liu R. H. 2003. Health benefits of fruit and vegetables are from additive and synergistic combinations of phytochemicals. *American Journal of Clinical Nutrition.* 78: 517S-520S.
- López L. D., Rodríguez L. 2009. Estudio del efecto de la variedad de arroz y la etapa de pulido en la calidad nutricional del SA. Investigación realizada dentro del Proyecto: Desarrollo de procesos para la valorización de subproductos de la industria arrocera.
- Lorigan P., Lee S. M., Betticher D., Woodhead M., Weir D., Hanley S., *et al.* 1995. Chemotherapy with vincristine/ifosfamide/carboplatin/etoposide in small cell lung cancer. *Semin Oncol.* 22(3 Suppl 7):32-41.
- Lupo M. P. 2001. Antioxidants and vitamins in cosmetics. *Clin. Dermatol.* 19: 467-473.
- Marty M., Mignot L., Gisselbrecht G., Morvan F., Gorins A., Boiron M. 1985. Teratogenic and mutagenic risks of radiotherapy: when and how to prescribe contraception. *Contracept Fertil Sex (Paris)* 13(Suppl 1):181-6.
- Mayamol, P.N., Samuel, T., Balachandran, C., Sundaresan, A., Arumughan, C., 2004. Zero trans shortening using palm stearin and rice bran oil. *J.A.O.C.S.* 81 (4), 407-413.
- Mehta U., Swinburn B. 2001. A review of factors affecting fat absorption in hot chips. *Critical Review Food Science Nutrition.* 41: 133-154.

- Mevacor (lovastatin, MSD), West Point, PA: Merck Sharp and Dohme; US package circular (July 1990).
- Mills K. H., Greally J. F., Temperley I. J., Mullins G. M. 1980. Haematological and immune suppressive effects of total body irradiation in the rat. *Ir J Med Sci.* 149(5):201-8.
- Mock D. M. 1996. Biotin, en: Ziegler E. E., Filer L. J. Eds. *Present Knowledge in Nutrition, Seventh Ed.*, ILSI Press., Washington DC. 220-235.
- Monner-Weir S., Smith E. S. 1994. Islets of langerhans: Morphology and its Implications, en: Kahn C. R., Gordon C. W. Eds. *Joslin's Diabetes Mellitus 13<sup>th</sup> Edition*, Lea and Feboger. A Waverly Company. Philadelphia. 15-26.
- Morita K., Hamamura K., Iida T. 1995. Binding of PCB by several types of dietary fiber in vivo and vitro. *Fukuoka Acta Med.* 86: 212-7.
- Morita T., Oh-Hashi A., Takei K., Ikai K., Kasaoka M., Kiriyaama, S. 1997. Cholesterol lowering effects of soybean, potato and rice proteins depend on their low methionine contents in rats fed a cholesterol-free purified diet. *Journal of Nutrition.* 127: 470-477.
- Moure A., Cruz J. M., Franco D., Dominguez J. M., Sineiro J., Dominguez H., *et al.* 2001. Natural antioxidants from residual sources. *Food Chemistry.* 72: 145-171.
- Muheim, A., Lerch, K. 1999. Towards a high-yield bioconversion of ferulic acid to vanillin. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 51: 456-461.
- Nakamura, H. 1967. Effect of  $\gamma$ -oryzanol on hepatic cholesterol biosynthesis and fecal excretion of cholesterol metabolites. *Radioisotopes* 15: 371-374.
- Nam S. H., Choi S. P., Kang M. Y., Kho H. J., Kozukue N., Griedman M. 2006. Antioxidative activities of bran extracts from twenty one pigmented rice cultivars. *Food Chemistry.* 94: 613-620.
- Nam S. H., Choi S. P., Kang M. Y., Koh H. J., Kozukue N., Friedman M. 2005. Bran extracts from pigmented rice seeds inhibit tumor promotion in lymphoblastoid B cells by phorbol ester. *Food and Chemical Toxicology.* 43: 741-745.
- Nam, S. H., Choi, S. P., Kang, M. Y., Koh, H. J., Kozukue, N., & Friedman, M. 2006. Antioxidant activities of bran extracts from twenty one pigmented rice cultivars. *Food Chemistry*, 94, 613-620.
- Namiki, M. 1990. Antioxidants/antimutagens in food. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition.* 29: 273-300.
- Nanua J. N., McGregor J. U., Godber J. S. 2000. Influence of high-oryzanol RBO on the oxidative stability of whole milk powder. *Journal of Dairy Science.* 83: 2426-2431.

- National Research Council Committee on Diet and Health. 1989. Diet and Health: implications for reducing chronic disease risk. Washington (DC): National Academy of Science Press.
- Ni W., Tsuda Y., Takashima S., Sato H., Sato M., Imaizumi K. 2003. Antiatherogenic effect of soya and rice-protein isolate, compared with casein, in apolipoprotein E-deficient mice. *British Journal of Nutrition*. 90:13-20.
- Nicolosi R. J., Ausman L. M., Hegsted D. M. 1991. Rice bran oil lowers serum total and low density lipoprotein cholesterol and apo B levels in nonman primates. *Atherosclerosis*. 88: 133-42.
- Nicolosi R. J., Rogers E. J., Ausman L. M., Orthofer F. T. 1994. En Marshall W., Wadsworth J. I. Eds. Rice bran oil and its health benefit-rice science and technology (pp. 350-421). New York: Marcel Dekker.
- NutraCea. 2008. Rice bran isolate: the alternative for soy protein?. Hoogenkamp. The Netherlands. En línea. (Consultado en Agosto de 2009): Disponible en [http://www.agriworld.nl/public/file/pdf/20081126-20\\_ppm\\_ricebran.pdf](http://www.agriworld.nl/public/file/pdf/20081126-20_ppm_ricebran.pdf)
- Nystrom L., Achrenius T., Lampo A. M., Moreau R. A., Piiromen V. 2007. A comparison of the antioxidant properties of steryl ferulates with tocopherol at high temperature. *Food Chemistry*. 101: 947-954.
- Nystrom L., Makinen M., Lampi A. M., Piiromen V. 2005. Antioxidant activity of steryl ferulate extract from rye and wheat bran. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53: 2503-2510.
- Observatorio Agro cadenas Colombia, Febrero, 2004 <http://www.agrocadenas.gov.co>
- Observatorio Agrocadenas, 2005. La cadena del arroz en Colombia. Documento 52.
- Ohkawa T., Ebisuno S., Kitagawa M., Morimoto S., Miyazaki Y., Yasukawa S. 1984. Rice bran treatment for patients with hypercalciuric stones: experimental and clinical studies. *J Urol*. 132: 1140-5.
- Ozer N. K., Palloza P., Boscoboinik D. 1993. d- $\alpha$ -Tocopherol inhibit LDL- induced proliferation and protein kinase C-activity in vascular smooth muscle cells, *Fed. Europ. Biochem. Sci. Lett*. 322: 307-310.
- Pacheco de Delahaye E., Jimenez P., Perez E. 2005. Effect of enrichment with high content dietary fiber stabilized rice bran flour on chemical and functional properties of storage frozen pizzas. *Journal of Food Engineering*. 68: 1-7.
- Pacheco E., Peña J., Ortíz A. 2001. Composición fisicoquímica del aceite del SA estabilizado por calor. *Agronomía Tropical* 52(2):173-185
- Pacheco-Delahaye J., Peña. 2006. Efecto del SA sobre parámetros químicos,
- Packer, L. 1995. Nutrition and biochemistry of the lipophilic antioxidants, vitamin E and carotenoids. In *Nutrition, lipids, health, and disease* (pp. 8-35). Champaign,

- IL (USA): AOCS Press.
- Parker R. A., Pearce B. C., Clark R. W., Gordon D. A., Wright J. J. K. 1993. Tocotrienols regulate cholesterol production in mammalian cells by post-transcriptional suppression of 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme A reductase. *J Biol Chem.* 268: 11230-8.
- Parrado J., Miramontes E., Jover M., Gutierrez J. F., Collantes de Terán L., Bautista J. 2006. Preparation of a rice bran enzymatic extract with potential use as functional food. *Food Chemistry.* 98: 742-748.
- Parrado, J., Miramontes, E., Jover, M., Gutierrez, J. F., Collantes de Terán, L., Bautista, J. 2006. Preparation of a rice bran enzymatic extract with potential use as functional food. *Food Chemistry*, 98, 742–748.
- Penna E., Serrano L., Bunger A., Soto D., Lopez L., Hernández N., Ruales J. 2002. Optimización de una formulación de espaguetis enriquecidas con fibra dietética y macronutrientes para el adulto. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* 52 (1): 91-99.
- Peterson D. B. 1985. New perspective, en: AR Leeds (Ed.), *Dietary fiber perspectives*, John Libbey, London. 47-60.
- Pomeranz, Y. 1985. *Functional properties of food components*. New York: Academic Press, Inc.
- Prakash, J. 1996. Rice bran proteins: Properties and food uses. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 36, 537–552.
- Prakash, J., & Ramanathan, G. 1995. Physico-chemical and nutritional traits of rice bran protein concentrate-based weaning foods. *Journal of Food Science and Technology*, 32, 395–399.
- Priefert, H., Rabenhorst, J., Steinbuchel, A. 2001. Biotechnological production of vanillin. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 56: 296–314.
- Qureshi A. A., Saad A. S., Khan F. A. 2002. Effects of stabilized rice bran, its soluble and fiber fractions on blood glucose levels and serum lipid parameters in humans with diabetes mellitus Types I and II. *The Journal of Nutritional Biochemistry.* 13: 175-187.
- Qureshi A. A., Sami S. A., Salser W. A., Khan F. A. 2002. Dose-dependent suppression of serum cholesterol by tocotrienol-rich fraction (TRF<sub>25</sub>) of rice bran in hypercholesterolemic mans. *Atherosclerosis.* 161: 199–207.
- Qureshi A. A., Sami S. A., Salser W. A., Khang F. A. 2001. Synergistic effect of tocotrienols-rich fraction (TRF<sub>25</sub>) of rice bran and lovastatin on lipid parameters in hypercholesterolemic mans. *Journal of Nutritional Biochemistry.* 12: 318-329.
- Qureshi A.A., Lane R.H., Salser A.W. Tocotrienols and tocotrienollike compounds and

- method for their use, US Patent 5,919,818, (July 6, 1999).
- Qureshi A.A., Mo H., Packer L., Peterson D.M. 2000. Isolation and identification of novel tocotrienols from rice bran with hypocholesterolemic, antioxidant, and antitumor properties. *J. Agr. Food Chem.* 48: 3130–3140.
- Qureshi N., Qureshi A.A. Novel hypercholesterolemic agents with antioxidant properties, In: *Vitamin E in Health and Disease* (L. Packer, J. Fuchs eds.) Marcel Dekker, Inc., New York, 1993, NY 247–267.
- Qureshi, A. A., Bradlow, B. A., Salser, W. A., & Brace, L. D. 1997. Novel tocotrienols of rice bran modulate cardiovascular disease risk parameters of hypercholesterolemic mans. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 8, 290–298.
- Ragram T. C., Brajmaji R. U., Rukmini C. 1989. Studies on hypolipidemic effects of dietary rice bran oil in man subjects. *Nutr Rep Int.* 39: 889-95.
- Reddy B. S., Maeura Y., Wayman M. 1983. Effect of dietary corn bran and autohydrolyzed lignin on 3,2'-dimethyl-4-aminobiphenyl induced intestinal carcinogenesis in male F344 rats. *J Natl Cancer Inst.* 71:419-23.
- Reinhold J. G., García J. S., Garzon P. 1981. Binding of iron by fiber of wheat and maize. *Am J Clin Nutr.* 34:1384-91.
- Reiser S. 1979. Effects of dietary fiber on parameters of glucose tolerance in mans, en: Inglett G. E., Falkehag, (Eds.), *Dietary fibers: chemistry and nutrition*, Academic Press, New York. 173-191.
- Reshma M.V., Saritha S.S., Balachandran C., Arumughan C. 2008. Lipase catalyzed interesterification of palm stearin and rice bran oil blends for preparation of zero trans shortening with bioactive phytochemicals. *Bioresource Technology.* 99: 5011–5019.
- Rindi G. T. 1996. In *Present Knowledge in Nutrition*, en: Ziegler E. E., Filer L. J. Eds. Seventh Ed., ILSI Press, Washington, DC. 160-166.
- Rogers E. J., Rice S. M., Nicolosi R. J., Carpenter D. R., McClelland C. A., Romancyk L. J. 1993. Identification and quantitation of  $\gamma$ -oryzanol components and simultaneous assessment of tocols in rice bran oil. *Journal of the American Oil Chemists Society.* 70 (3): 301-307.
- Rong, N., Ausman L. M., Nicolosi R. J. 1997. Oryzanol decrease cholesterol absorption and aortic fatty streaks in hamsters. *Lipids.* 32: 303-309.
- Rovellini, P., Azollini M., Cortesi, N. 1997. Tocoferolie tocotrienoli in oli e grassi vegetali mediante HPLC. *Riv. Ital. Sostanze Grasse LXXIV*: 1-5.
- Rukmini C., Bioactive in rice bran and rice bran oil, en: Bidlack S. T., Omaye M. S., Meskin D. K. W., Topham. 2000. (Eds.). *Phytochemicals as Bioactive Agents*, Technomic Publishing Company, Inc. 851 New Hooland Avenue, Box 3535,

- Lancaster, Pennsylvania. 213-240.
- Rukmini, C.; Ragram, C. C. 1991. Nutritional and biochemical aspects of the hypolipidemic action of rice bran: a review. *J. Am. Coll. Nutr.* 10, 593-601.
- Sanderson B. J., Ferguson L. R., Denny W. A. 1996. Mutagenic and carcinogenic properties of platinum-based anticancer drugs. *Mutat Res.* 355(1/2):59-70
- Santin A. D., Hermonat P. L., Ravaggi A., Bellone S., Roman J., Pecorelli S., *et al.* 2000. Effects of concurrent cisplatin administration during radiotherapy vs. radiotherapy alone on the immune function of patients with cancer of the uterine cervix. *Int J Radiat Oncol Biol Phys.* 48(4):997-1006.
- Saudek C. D., Eder H. A. 1979. Lipid metabolism in diabetes mellitus. *Am J Med.* 66: 843-852.
- Saunders R. M. 1990. The properties of rice bran as a food stuff. *Cereal Food World.* 35: 632-636.
- Saunders, R. M. 1986. Rice bran: Composition and potential food uses. *Food Reviews International*, 1, 465-495.
- Seeram N. P., Zhang Y., Nair M. G. 2003. Inhibition of proliferation of man cancer cells and cyclooxygenase enzymes by anthocyanidins and catechins. *Nutrition and Cancer.* 46: 101-106.
- Seetharamaiah, G. S. Chandrasekhara, N. 1989. Studies on hypocholester olemic activity of rice bran oil. *Atherosclerosis* 78: 219-223.
- Seetharamaiah, G. S., & Chandrasekhara, N. 1988. Hypocholesterolemic activity of oryzanol in rats. *Nutrition Reports International*, 38, 927-935.
- Shamsuddin A. M. 2002. Anti-cancer function of phytic acid. *International Journal Food Science Technology.* 37: 769-82.
- Shamsuddin A. M., Ullah A. 1989. Inositol hexaphosphate inhibits large intestine cancer in F344 rats 5 months after induction by azoxymethane. *Carcinogenesis.* 10:625-6.
- Shamsuddin A. M., Ullah A., Chakravarthy A. 1989. Inositol and inositol hexaphosphate suppress cell proliferation and tumor formation in CD-1 mice. *Carcinogenesis.* 10: 1461-3.
- Shamsuddin A. M., Vucenik I. 1999. Mammary tumor inhibition by IP 6: a review. *Anticancer Research.* 19:3671-4.
- Shamsuddin A. M., Yang G. Y. 1995. Inositol hexaphosphate inhibits growth and induces differentiation of PC-3 man prostate cancer cells. *Carcinogenesis.* 16:1975-9.
- Shand P. 2000. Textural, water holding, and sensory properties of low-fat pork bologna with normal and waxy starch hull-less barley. *Journal of Food Science.* 65: 101-107.

- Sharma R. D., Rukmini C. 1987. Hypocholesteromic activity of unsaponifiable fraction of rice bran oil. *Indian J. Med. Res.* 85: 278-81.
- Sharma S. C. 1981. Gums and hydrocolloids in oil-water emulsion. *Food Tech.* 35(1): 59-67.
- Sheetharamaiah G. S., Chandrasekhara N. Hypocholesterolemic activity of oryzanol in rats. *Nutr. Rep. Int.* 38: 927-935.
- Singal P. K., Iliskovic N. 1999. Doxorubicin-induced cardiomyopathy. *N Engl J Med.* 339:900-5.
- Skurray G. R., Wooldridge D. A., Nguyen M., J. 1986. *Food Techn.* 21: 727-730.
- Sloan S., James C., *Lebensm.-Wiss.* 1988. *Technol.* 21: 245-247.
- Sltz T. D., Howie B. J. 1986. In vitro binding of steroid hormones by natural and purified fibers. *Nutr Cancer.* 8: 141-7.
- Spiller, G. A., Chernoff, M. C., Hill, R. A., Gates, J. E., Nassar, J. J., Shipley, E. A. 1980. Effect of purified cellulose, pectin and a low residue diet on fecal volatile fatty acids, transit time and fecal weight on mans. *Am J Clin Nutr.* 33: 754-759.
- Story J. A., Kritchevsky D. 1976. Comparison of the binding of various bile acids and bile salts in vitro by several types of fiber. *J. Nutr.* 106: 1292-4.
- Strauss G. M., Lynch T. J., Elias A. D., Jacobs C., Kwiatkowski D. J., Slman L. N., *et al.* 1995. A phase I study of ifosfamide/carboplatin/etoposide/paclitaxel in advanced lung cancer. *Semin Oncol* 22(4 Suppl 9):70-4.
- Sugano M., Tsuji E. 1997. Rice bran oil and cholesterol metabolism. *J. Nutr.* 127: 521S-524S.
- Suzuki, S. Oshima, S. 1970a. Influence of blending of edible fats and oils on man serum cholesterol level (Part 1). *Jpn. J. Nutr.* 28: 3-6, (Part 2). *Jpn. J. Nutr.* 28: 194-198.
- Ta C. A., Zee J. A., Destrosiers T., Marin J., Levallois P., Ayotte P., *et al.* 1999. Binding capacity of various fibre to pesticide residues under simulated gastrointestinal conditions . *Food Chem Toxicol.* 37: 1147-51.
- Tae-Youl H., Songyi H., Sung-Ran K., In-Hwan K., Hyun-Yu L., Hye-Kyeong K. 2005. Bioactive components in rice bran oil improve lipid profiles in rats fed a high-cholesterol diet. 25: 597-606.
- Tanaka K., Hayatsu T., Negishi T., Hayatsu H. 1998. Inhibition of N-nitrosation of secondary amines in Vitro by tea extracts and catechins. *Mutat Res.* 412:91-8.
- Tang S., Hettiarachchy N. S., Horax R., Eswaranandam S. 2003. Physicochemical properties and functionality of rice bran protein hydrolyzate prepared from heat-stabilized defatted rice bran with the aid of enzymes. *Journal of Food Science.*

- 68: 152-157.
- Taniguchi H. 1995. Antioxidative effect of rice bran extract Antioxidative effect of ferulic acid. *Food Chem.* 11:54–8.
- Tarrago-Trani, M.T., Phillips, K.M., Lemar, L.E., Holden, J.M., 2006. New and existing oils and fats used in products with reduced trans fatty acid content. *Review J. Am. Diet. Assoc.* 106 (6), 867– 878.
- Thebaudin J. Y., Lefebvre A. C., Harrington M., Bourgeois C. M. 1997. Dietary fibers: Nutritional and technological interest. *Trends in Food Science and Technology.* 8(2): 41-48.
- Theriault A., Chao J., Wang Q., Gapor A., Adeli K. 1999. Tocotrienol: a review of its therapeutic potential. *Clin Biochem.* 32: 309-19.
- Thompson L. U. 1993. Potential health benefits and problems associated with antinutrients in foods. *FoodResearch International.* 26:131–49.
- Tomlin, J., & Read, N. W. 1988. Comparison of the effects on colonic function caused by feeding rice bran and wheat bran. *European Journal of Clinical Nutrition*, 42, 857–861.
- Tousoulis D., Böger R. H., Antoniades C., Siasos G., Stefanadis E., Stefanadis C. 2007. Mechanisms of disease: L-arginine in coronary atherosclerosis – A clinical perspective. *Nature Clinical Practice. Cardiovascular Medicine.* 4: 274–283.
- Tran L., Nicolosi R. J. 1997. Comparative effects of soy and rice protein concentrate on plasma lipoprotein levels and early atherosclerosis in hamsters. *FASEB J.* 11: (A152):884.
- Truswell S. 1995. Dietary fiber and blood lipids. *Curr Opin Lipidol.* 6: 14-9.
- Tsuji H., Kimoto M., Natori Y. 2001. Allergens in major crops. *Nutrition Research*, 21: 925 934.
- Turgut H., Varol M., Uygun M., Er R. 1981. Studies on determining of the emulsion capacity of beef, buffalo, lamb and goat meats between different oil and fats. Gebze, Turkey: The Scientific and Technological Research Council of Turkey Marmara Scientific and Industrial Research Institute, Press.
- Vahouny G. V., Tombes R., Cassidy M. M., Kritchevsky D., Gallo L. L. 1980. Dietary fibers: binding of bile salts, phospholipids and cholesterol from mixed micelles by bile acid sequestrers and dietary fibers. *Lipids.* 15: 1012-8.
- Vanstone, C. A., Sarjaz, M. R., & Jones, P. J. H. 2001. Injected phytosterols/ stanols suppress plasma cholesterol levels in hamsters. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 12, 565–574.
- Verghese M., Rao D.R., Chawan C.B., Walker L. T., Shackelford L. 2006. Anticarcinogenic effects of phytic acid (IP6): apoptosis as a possible mechanism

- faction. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*. 39:1093–8.
- Vikse R., Mjelva B. B., Klungsoyr L. 1992. Reversible blinding of the cooked food mutagen MeIQx to lignin-enriched preparations from wheat bran. *Food Chem Toxicol*. 30: 239-46.
- Vucenik I., Podczasy J. J., Shamsuddin A. M. 1999. Antiplatelet activity of inositol hexaphosphate (IP6). *Anticancer Res*. 19: 3689.
- Wada, S., Satomi, Y., Murakoshi, M., Noguchi, N., Yoshikawa, T., & Nishino, H. 2005. Tumor suppressive effects of tocotrienol in vivo and in vitro. *Cancer Letter*, 229, 181–191.
- Wang, M., Hettiarachchy, N. S., Qi, M., Burks, W., & Siebenmorgen, T. 1999. Preparation and functional properties of rice bran protein isolates. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 411–416.
- Wang, M., Hettiarachchy, N. S., Qi, M., Burks, W., Siebenmorgen, T. 1999. Preparation and functional properties of rice bran protein isolate. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, 411–416.
- Wattenberg L. W., Estensen R. D. 1996. Chemopreventive effects of myoinositol and dexamethasone on benzo(a)pyrene and 4-(methyl-nitrosoamino)-1-(3-pyridyl)-1-butanone-induced pulmonary carcinogenesis in female A/J mice. *Cancer Res*. 56: 5132.
- Weber C., Podda M., Rallis M., *et al.* 1997. Efficacy of topically applied tocopherols and tocotrienols in protection of murine skin from oxidative damage induced by UV-irradiation. *Free Rad. Biol. Med*. 22: 761.
- Weber C., Podda M., Rallis M., *et al.* 1997. Efficacy of topically applied tocopherols and tocotrienols in protection of murine skin from oxidative damage induced by UV-irradiation. *Free Rad. Biol. Med*. 22: 761.
- Whysner J., Wang C. X., Zang E., Iatropoulos M. J., Williams G. M. 1994. Dose response of promotion by butylated hydroxyanisole in chemically initiated tumors of the rat fore stomach. *Food and Chemical Toxicology*. 32: 215-222.
- Williams G. M., Iatropoulos M. J., Whysner J. 1999. Safety assessment to butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene as antioxidant food additives. *Food and Chemical Toxicology*. 37: 1027-1038.
- Wilpart M., Roberfroid M. 1987. Intestinal carcinogenesis and dietary fibers: the influence of cellulose or Fybogel chronically given after exposure to DMH. *Nutr Cancer*. 10: 39-51.
- Wilson T. A., Ausman L. M., Lawton C. W., Hegsted D. M., Nicolosi R. J. 2000. Comparative cholesterol lowering properties of vegetable oils: Beyond fatty acids. *J Am Coll Nutr*. 19: 601-7.

- Wilson, T. A., Idreis, H. M., Taylor, C. M., Nicolosi, R. J. 2002. Whole fat rice bran reduces the development of early aortic atherosclerosis in hypercholesterolemic hamsters compared with wheat bran. *Nutrition Research*, 22, 1319–1332.
- Wrick, K. L., Robertson, J. B., Van Soest, P. J., Lewis, B. A., Rivers, J. M., Roe, D. A., Hackler, L. R. 1983. The influence of dietary fibre source on man intestinal transit and stool output. *J Nutr*, 113: 1464-1479.
- Xu Z., a N., Godber J. S. 2001. Antioxidant activity of Tocopherols, tocotrienols, and coryzanol components from rice bran against cholesterol oxidation accelerated by 2,2-azobis(2 methyl propionamide)dihydrochloride. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 49: 2077–2081.
- Yamagishi, T., Tsuboi, T., & Kikuchi, K. 2003. Potent natural immunomodulator, rice water-soluble polysaccharide fractions with anticomplementary activity. *Cereal Chemistry*, 80, 5–8.
- Yapar A., Atay S., Kayacier A., Yetim H. 2006. Effects of different levels of salt and phosphate on some emulsion attributes of the common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758). *Food Hydrocolloids*. 20: 825-830.
- Yasukawa K., Akihisa T., Kimura Y., Tamura T., Takido M. 1998. Inhibitory effect of cycloartenol ferulate, a component of rice bran, on tumor promotion in twostage carcinogenesis in mouse skin. *Biol Pharm Bull*. 21:1072–6.
- Yoshino G., Kazumi T., Amano M., Tateiwa M., Yamasaki T., Takashima S., Iwai M., Hatanaka H., Baba S. 1989. Effects of gamma-oryzanol on hyperlipidemic subjects. *Curr. Theor. Res. Clin. Exp*. 45: 543-552.
- Zheng L., Zheng P., Sun Z., Bai Y., Wang J., Guo X. 2006. Production of vanillin from waste residue of rice bran oil by *Aspergillus niger* and *Pycnoporus cinnabarinus*. *Bioresource Technology*. 98: 1115-1119.
- Zorba O., Gokalp H. Y., Yetim H., Ockerman H. W. 1993. Salt, phosphate and oil temperature effects on emulsion capacity of fresh or frozen meat and sheep tail fat. *Journal of Food Science*. 58: 492-496.



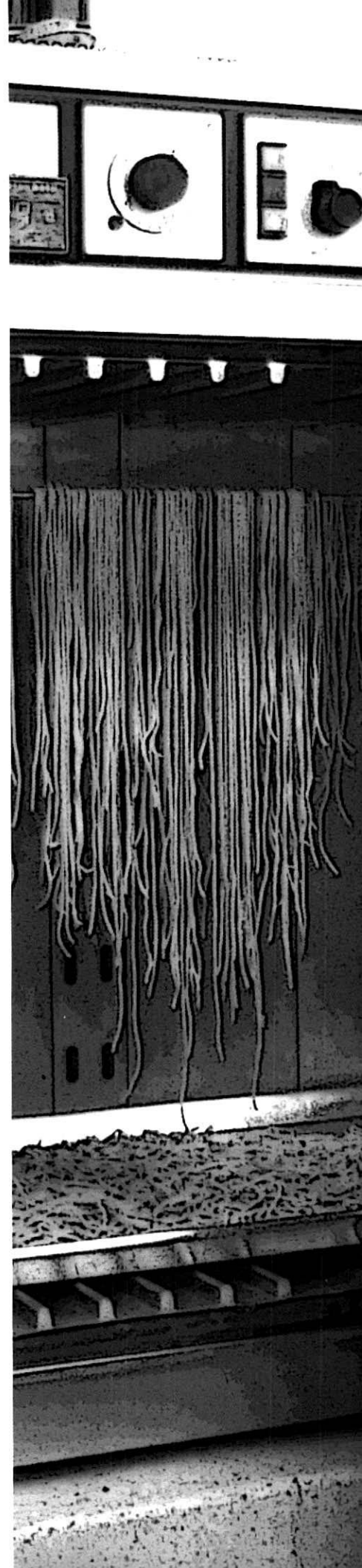
# CAPÍTULO 5

## ELABORACIÓN DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS CON SALVADO DE ARROZ ESTABILIZADO

Elaboración de pastas alimenticias y pan  
con salvado de arroz estabilizado.

### **Autores**

Nancy Liliana Cobos  
Victoria Eugenia Avendaño



## INTRODUCCIÓN

La demanda de alimentos que aportan beneficios a la salud ha crecido en los últimos años y en esta dirección el SA, utilizado generalmente en la elaboración de comida para animales, puede convertirse en una materia prima de gran valor al poder ser utilizada como fuente de nutrientes importantes, aportando gran contenido de fibra (20%), proteína (13%) y grasas insaturadas de tipo omegas (10%) (Observatorio Agrocadenas, 2005; Induarroz, 2007; Sangronis & Rebolledo, 1997). Ya que el SA estabilizado muestra gran versatilidad como suplemento en alimentos, el pan y la pasta alimenticia por su reconocimiento entre los consumidores, permite realizar estudios sobre el tema.

En Colombia el llamado pan de arroz se elabora a partir de harina de arroz partido y no de SA (Espinal *et al.*, 2005). No obstante, la harina de arroz no tiene las mismas características de volúmen y textura que la harina de trigo (*Triticum durum*) (Clerici & El-Dash, 2006), por eso, cuando esta harina sin gluten se mezcla no forma una masa de fase continua y no produce un pan de buena calidad (Ranhotra *et al.*, 1975); además, esta harina no contiene las características nutricionales y funcionales de la harina de SA

El objetivo de este trabajo fue estudiar la influencia del SA al mezclarlo con harina de trigo y producir una nueva harina que fuera panificable para la elaboración de pan integral (factibilidad técnica), mejorar el contenido nutricional de este y buscar nuevos usos potenciales al SA estabilizado colombiano.

Por otra parte, en Colombia el consumo de pasta tan solo alcanza los 3 kg per cápita al año. La pasta en el país suele incluirse como acompañante al lado del arroz o como ingrediente en las sopas en los estratos más bajos (1 y 2), y en los estratos más altos (4 y 5) como plato fuerte (Observatorio Agrocadenas, 2005).

El mercado de las pastas representa cerca de \$10.000 millones al año; el mercado masivo es de cerca del 93% (ProChile, 2005) Las empresas, buscando impulsar la demanda, han reducido las presentaciones para acomodarse al bolsillo del consumidor y están reforzando sus canales de distribución (ProChile, 2005).

El propósito de este estudio, es entonces, aprovechar las propiedades de este subproductos de la industria arrocera (SA) para incorporarlo en niveles de mezcla del 10, 15 y 20% en la elaboración de pastas alimenticias de tipo integral, aumentando los niveles de proteína y fibra; con lo cual se obtendrá un alimento con mayor valor nutricional y beneficios económicos para el consumidor, ya que podría disminuirse su precio adquisitivo.

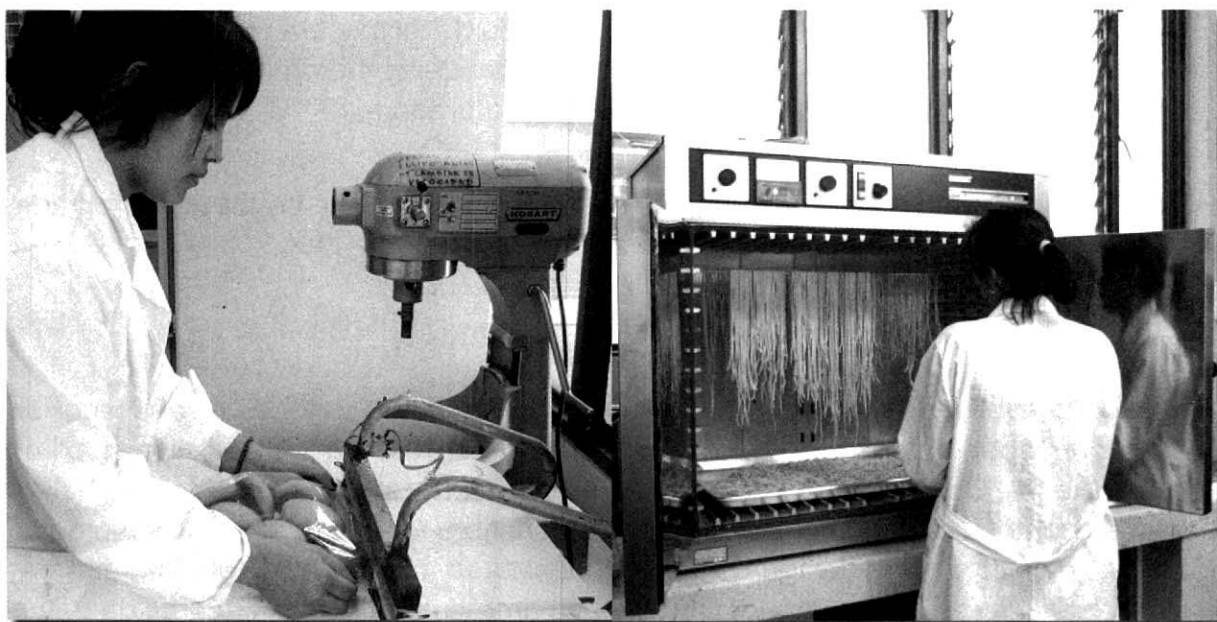
Se han realizado varios estudios alrededor del mundo sobre la inclusión de SA en la formulación de productos alimenticios. En Venezuela, al elaborar arepa o pan de maíz (*Zea mays*), con dicho ingrediente se observó un incremento en el contenido de grasa (0,69% a 1,9%); fibra dietética total (1,62% a 4,6%), cenizas y lisina disponible (1,8 a 2,2 g/ 100 g de proteína) (Pacheco & Pena, 2006).

Otros investigadores evaluaron la fritura de arepas y empanadas elaboradas con carboximetilcelulosa (CMC) y SA estabilizado a fin de reducir la absorción de aceite. En este estudio se obtuvo variación en humedad (58,5 a 45,7%), grasa cruda (1,95 a 3,27%), proteínas (8,44 a 9,45%) y fibra dietética total (2,39 a 4,57%).

El perfil de textura en las arepas fritas fue mejor para las que contenían SA que aquellas con CMC ya que estas últimas mostraron textura rígida en dureza de la concha, dureza de la miga, adhesividad, masticabilidad y elasticidad (Tovar & Lumidla, 2004).

Sangronis & Rebolledo (1997) lograron elaborar pastas alimenticias partiendo con un 10% de inclusión de SA en su formulación, estas pastas fueron calificadas por el panel sensorial como las de mejor calidad en comparación con aquellas elaboradas solamente con sémola de trigo, las cuales fueron catalogadas como las más duras. Los resultados de este estudio demostraron que es posible elaborar pastas hasta con el 20% de salvado en su formulación, dando como resultado un producto con alto contenido en proteínas, ceniza y fibra dietaria.

Para el año 2019, Induarroz (entidad que agremia al sector arrocero) tiene como meta incrementar el consumo per cápita de arroz de 38 a 80 kg, así como el 40% de los ingresos en la industria se generen por cuenta de nuevos productos distintos al arroz blanco y que el 10% tengan origen en las exportaciones (Fedearroz, 2006; Espinal *et al.*, 2005). Una alternativa para cumplir esta meta es mejorar el valor comercial del SA.



**Gráfica 47.** Elaboración de pan y pastas alimenticias con SA