

Efecto del salvado de arroz sobre las propiedades físico-químicas y sensoriales de panes de trigo

The rice bran effect on the physical-chemical and sensorial properties of wheat bread

E. Pacheco de Delahaye[‡], J. Peña y P. Jiménez

Instituto de Química y Tecnología, Facultad de Agronomía Universidad Central de Venezuela. Maracay 2169, Venezuela.

Resumen

Se formularon y evaluaron panes de molde con harina de trigo y salvado de arroz estabilizado por calor en proporciones de 5% y 10%, teniendo como control el pan 100% de trigo. Se obtuvo un aumento de 2,15 g/100 a 3,88 g/100 de fibra dietética insoluble. El perfil farinografico indicó una pequeña disminución del índice de tolerancia al amasado y estabilidad de la masa, al aumentar el porcentaje de salvado de arroz en los panes. El almacenamiento a 4°C de los panes durante ocho días, mostró un aumento significativo del contenido de amilosa de los panes (12 g/100 g a 16 g/100 g). Indicando una retrogradación y posible formación de almidón resistente. Confirmado por la hidrólisis "in vitro" del almidón, cuyos datos indicaron una disminución de la hidrólisis proporcional al aumento de amilosa y fibra dietética total en los panes. La evaluación sensorial aplicando una prueba de preferencia en un panel de 30 personas, indicó que los panes con 5% de salvado de arroz fueron los de mejor puntuación. En conclusión es posible diversificar el uso de salvado de arroz estabilizado, sin afectar las características sensoriales de panes de molde.

Palabras clave: pan, trigo, salvado de arroz, fibra dietética, caracterización química.

Abstract

Wheat and rice bran bread were prepared and evaluated. The rice bran was stabilized with heat treatment, and the amounts used were at 5% and 10%, while 100% wheat bread was used at the experiment control. Results showed that some nutritional parameters such as: ashes, fact and total dietetic

fiber were improved, and there was an increase of insoluble dietetic fiber from 2.15 g/100 to 3.88 g/100. When the percentage of rice bran was increased in the bread, the farinography profile showed both a small decrease in the kneeing tolerant index and the dough stability. There was a significant increase in the amilose content of bread (from 12 g/100 to 16 g/100) when it was stored at 4°C for eight days; also, these results could show a degradation and a possible resistant starch type III formation. This degradation was confirmed by the starch hydrolysis "in vitro". Data showed a hydrolysis decrease proportional to the increase in amilose and total dietetic fiber in bread. A testing trial carried out on 30 people panel showed that bread containing 5% rice bran obtained the highest score. In conclusion, it is feasible to diversify the use of stabilized rice bran for preparing baked bread in moulds.

Key word: Bread, wheat, rice bran, dietetic fiber, chemical characterization.

Introducción

Los cereales son unas de las fuentes principales de calorías para el hombre, entre ellos el trigo es uno de los cereales que presentan mayor demanda en Venezuela, a pesar que no es producido en el país (Mani *et al.*, 1992; Pacheco *et al.*, 2002). Derivados del trigo como el pan y las pastas son de consumo masivo. El alto consumo se debe principalmente a las características de las proteínas del trigo que forman una red viscoelástica que origina la masa de panadería (Mani *et al.*, 1992; Mc Caskill y Zhang, 1999). Se han desarrollado estudio de harinas compuestas al mezclar las harinas de trigo con otros cereales; leguminosas, oleaginosas y tubérculos. Estas harinas permiten la suplementación de masa de pan, aumentado su valor nutritivo y diversificando productos de regiones tropicales. (D'Appolinia, 1997)

En este sentido uno de los subproductos del arroz como el salvado ha sido objeto de investigaciones. Más del 65% de los nutrientes del

Introduction

Cereals are one of the main calories sources for men, among them wheat is one of more required in Venezuela, despite it is not produced in country (Mani *et al.*, 1992; Pacheco *et al.*, 2002). Bread and pastas, products derived from wheat are widely consumed. The high consumption mainly is due to the characteristics of wheat protein that form a bioelastic network that gives origin to the bakery mass (Mani *et al.*, 1992; Mc Caskill and Zhang, 1999). Studies about compound flours have been carried out by mixing wheat flours with other cereals; leguminous, oleaginous and tubers. These flours permit the supplementation of bread mass, increasing its nutritive value and diversifying tropical regions products. (D'Appolinia, 1997)

One of rice by-products like the bran has been studied. More than 65% of rice nutrients are in bran. Proteins are rich in albumins and globulins, and they have a good balance on the available lysine content (Hamada,

arroz se encuentran en el salvado. Las proteínas son ricas en albúminas y globulinas tienen un buen balance en el contenido de lisina disponible (Hamada, 2000; Prakash, 1996). Es una excelente fuente de fibra, vitaminas y otros nutrientes. El salvado de arroz contiene aproximadamente 18% de lípidos, en los cuales hay un alto porcentaje de lípidos insaponificables, constituido de 43% de ácidos grasos poliinsaturados, 37% de monoinsaturados y 20% de saturados (Kahlon y Chaow, 2000; Pacheco *et al.*, 2002). Esta fracción lipídica contiene un complejo único de compuestos antioxidantes, de los cuales los tocoferoles, tocotrienoles y orizanoles han recibido el mayor interés (Lloyd *et al.*, 2000).

El suministro de salvado de arroz soluble disminuye los niveles de glucosa en sangre y aumenta significativamente los valores de HDL. Este producto natural podría ser utilizado como suplemento nutricional para el control de diabetes tipo I y II en pacientes que presentan este trastorno endocrino (Kahlon *et al.*, 1998; Orthoefer, 1996; Tazakori *et al.*, 2007).

Otras investigaciones se han dirigido a buscar tecnologías específicas que conviertan los componentes claves del salvado (fibra y antioxidantes) en formas que sean fácilmente absorbidas y usadas por el organismo (Hamid Abdul y Luan, 2000; Schenell *et al.*, 2005, Pacheco, *et al.*, 2002; Tazakori *et al.*, 2007).

En Venezuela, a pesar de las variaciones en el consumo de alimentos, la ingesta total de fibra dietética no alcanza los niveles recomendados

(2000; Prakash, 1996). It is an excellent fiber source, vitamins and other nutrients. The rice bran have approximately 18% of lipids, in which there is a high percentage of unsaponifiable lipids, constituted by 43% poly-unsaturated fatty acids, 37% mono-unsaturated and 20% saturated (Kahlon y Chaow, 2000; Pacheco, *et al.*, 2002). This lipid function have an unique complex of anti oxidants complexes, from which tocopherols, tocotrienols and orizanoles have receipt the higher attention (Lloyd *et al.*, 2000).

The soluble rice bran supply decrease the glucose levels in blood and increase in a significant way the HDL values. This natural product could be used like nutritional supply for diabetes type I and II control in people with this endocrine situation (Kahlon *et al.*, 1998; Orthoefer, 1996; Tazakori *et al.*, 2007).

Other researches have been guided to look for specific technologies that became the key components of bran (fiber and antioxidants) in forms easily absorbed and used by organism (Hamid, 2000; Pacheco y Testa, 2005; Schenell *et al.*, 2005; Tazakori *et al.*, 2007).

In Venezuela, despite the changes on food consumption, the total income of dietetic fiber does not reach the recommended levels of 8-10 g/1000 Kcal for the population (Herrera *et al.*, 2001). Based on these researches our main objective was to elaborate baking breads with wheat flour and stabilized rice bran by heat, to study its chemical, rheological and sensorial characteristics, for taking advantage of an agro-industrial

de 8-10 g/1000 Kcal para la población (Herrera *et al.*, 2001). En base a todas estas investigaciones citadas se planteó como objetivo del presente trabajo, elaborar panes de molde con harina de trigo y salvado de arroz estabilizado por calor, estudiar sus características químicas reológicas y sensoriales, de manera de aprovechar un subproducto agroindustrial el cual contiene entre otros un alto tenor en fibra dietética, el cual sería incorporado a un producto de la dieta diaria, como es el pan, vehículo para aumentar la ingesta de fibra.

Materiales y métodos

Obtención de harina de salvado de arroz estabilizado

El salvado de arroz formado por mezclas de variedades de la agroindustria provenientes del estado Guárico (Venezuela), fue estabilizado por calor para inactivar las lipasas que podrían ocasionar rancidez en el mismo. Fue sometido a calentamiento en un horno con circulación de aire a 80°C por 2 horas. Posteriormente fue molido en un molino de martillo para mezclar con la harina de trigo.

Elaboración de los panes de molde

La harina de trigo fue donada por una agroindustria, donde se elaboraron la masa y horneado de los panes, usando el Método Directo, que es la metodología común de las panaderías de Venezuela (Pacheco *et al.*, 2002). Este método consiste en utilizar 100 g de harina de trigo (HT) o de las dos mezclas: 90 g de harina de trigo, 10 g de harina de salvado de

product which have a higher value in dietetic fiber which be added to a daily diet product, like bread is, a vehicle to increase the fibers incomes.

Materials and methods

Flour obtaining from stabilized rice bran

The rice bran formed by varieties mixing of agro-industry coming from Guárico state (Venezuela), was by heat stabilized to inactivate the lipases that could cause a rancid taste. It was heated in an oven with air circulation to 80°C during 2 hours. After, it was grinded in a hummer mill to mix with the wheat flour.

Baking bread making

The wheat flour was proportioned by the agro-industry, where mass and bread bake were accomplished, by using the Direct Method, which is the common methodology in the Venezuelan bakeries (Pacheco *et al.*, 2002). This method consist on using 100 g of wheat flour (WF) or two mixtures: 90 g of wheat flour, 10 g of rice bran flour (SRB) and other with 95 g of WF and 5 g SRB, each mix had 4.5 g sugar; 2 g vegetal butter, 4 g yeast, 0.2 g salt; 0.5 g preserving and enough water. The following steps were knead, fermentation, mass division, molded, baked, frozen, and packed in plastic bags to environmental temperature.

Chemical analysis

The chemical analysis of flours were determined applying the methods described by the (AOAC, 1990) for moisture, ashes, fat, proteins (N x 6.25), starch, dietetic fiber, solu-

arroz (HSA) y otra con 95 g de HT y 5 g HSA, cada mezcla contenía 4,5 g de azúcar; 2 g de manteca vegetal, 4 g de levadura, 0,2 g de sal; 0,5 g de conservante y agua suficiente. Los siguientes pasos fueron amasado, fermentación, división de la masa, moldeado, horneado, enfriado, y empaquetado en bolsas plásticas a temperatura ambiente.

Análisis químicos

Los análisis químicos de las harinas fueron determinados aplicando los métodos descritos por la (AOAC, 1990) para humedad, cenizas, grasa, proteínas (N x 6,25), almidón, fibra dietética, soluble, insoluble y total (Asp, 1993). Todos los análisis se realizaron por triplicado. La amilosa fue medida por el método reportado (Juliano, 1998) almacenados los panes a temperatura de refrigeración

Hidrólisis del almidón "in vitro". Se realizó según el método de Holm (1983). La hidrólisis se efectuó durante 180 min, utilizando α -amilasa pancreática porcina de Sigma C.A. (4 mg.mL⁻¹ de buffer fosfato) y la glucosa liberada a 37°C con agitación, se midió con kit Comercial Ultralab C.A.

Farinografía

El análisis se realizó según el protocolo de la (AACC, 1995), en un Farinógrafo Brabender, con la finalidad de medir y registrar la resistencia de harina y agua al someterla al amasado, obteniendo una curva farinografica.

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial de los panes en estudio, se llevó a cabo en la Sala de Evaluación Sensorial del Instituto de Química y Tecnología de la Facultad de Agronomía de la Univer-

ble, insoluble and total (Asp, 1993). All the analysis were made by triplicate. The amilose was added by the method reported (Juliano, 1998) breads were stored at frozen temperature.

Starch hydrolysis "in vitro"

It was accomplished according to the Holm method (Holm *et al.*, 1983). The hydrolysis was made during 180 minutes by using pork α -amylase pancreatic from Sigma c.a. (4mg/ml phosphate buffer) and the glucose released to 37°C with agitation and it was measured with a Ultralab c.a commercial kit.

Farinography

Analysis was carried out according to the AACC protocol (1995) in a Brabender Farinograph with the purpose of measuring and register the resistance of flour and water when submitted to the knead by obtaining a farinographic curve.

Sensorial evaluation

It was accomplished in the Sensorial Evaluation Room of the Chemical and Technology Institute of the Agronomy Faculty, Universidad Central de Venezuela. One non trained group formed by 30 people was used, with students aged between 18-25 years-old. A preference test was applied in where the attributes evaluated were: taste, smell, color, texture and global preference, evaluated through a hedonics scale from 5 (pleasure) to 1 (displeasure).

Statistical analysis

The statistical analysis was descriptive and the results are showed in tables, through at random design with a Duncan mean test. The results were processed by using the SAS.

sidad Central de Venezuela. Para ello se empleó un panel no entrenado de 30 personas, con estudiantes en edades comprendidas entre 18-25 años. Se aplicó una prueba de preferencia donde los atributos evaluados fueron, sabor, olor, color, textura y preferencia global. Evaluados en una escala hedónica del 5 (más preferida) al 1 (me desagrada).

Análisis estadístico

El análisis estadístico fue descriptivo, los resultados se presentan en cuadros, mediante un diseño aleatorizado con una prueba de Medias de Duncan. Los resultados fueron procesados por el Programa Computarizado SAS, (1997). En la evaluación sensorial los resultados se reportan por suma de rangos, por comparación múltiple entre rangos.

Resultados y discusión

En el cuadro 1, se señala la composición química de la harina de trigo (HT) y salvado de arroz estabilizado (HSA). Se puede apreciar que en la harina de trigo el componente mayoritario es el almidón (64,24%), mientras que en la harina de salvado de arroz lo es la fibra dietética total (29,82%). Es notable, el valor de la grasa 18,20% para la HSA, aproximadamente veinte veces mayor al contenido de grasa de la HT (0,85%). Se ha reportado valores de grasa en salvado de arroz de 20,5% fibra dietética de 29% y proteína 14,5% (AACC, 1995; Bornet *et al.*, 1989; Pacheco *et al.*, 2002; Tazakori *et al.*, 2007) Igualmente las cenizas fueron más altas en la HSA 8,50% que al valor en la HT 0,47%. Es importante que una masa

Program (1997). In the sensorial evaluation the results are reported by risks addition, by multiple comparisons between ranks.

Results and discussion

In table 1 is detached the chemical composition of wheat flour (WF) and stabilized rice bran (SRB). It is possible to appreciate that in the wheat flour, the main component is the starch (64.24%), whereas in the rice flour is the total dietetic fiber (29.82%). The fat value of 18.20% for the SRB, and approximately twenty times higher than fat content of HT (0.85%) is noticeable. Fat values of 20.5% in rice bran, 29% of dietetic fiber and 14.5% of protein (AACC, 1995; Bornet *et al.*, 1989; Pacheco *et al.*, 2002; Tazakori *et al.*, 2007) have been reported. In the same way, ashes were higher too in SRB (8.50%) than the value in WF (0.47%). It is important that a wheat mass has a high percentage of proteins to obtain high quality breads; especially gluten, which form a bioelastic network with water.

It is formed by gliadins (prolamines) and the glutelins. The glutelins are high molecular weight that contributes to the mass elasticity. These properties are unique and they give a high value and they give high versatility to the wheat flour to made bakery products. Gliadins are lower molecular weight proteins (30.000 to 200.000), and they are responsible of viscous mass behavior (Mani *et al.*, 1992). Values of chemical composition of rice bran are approximately similar to those previously reported

Cuadro 1. Composición química de la harina de trigo y salvado de arroz estabilizado.**Table 1. Chemical composition of wheat flour and the stabilized rice bran.**

| g/100g | Trigo | Salvado de arroz |
|-----------------|------------|------------------|
| Humedad | 12,10±0,40 | 10,01±0,20 |
| Cenizas | 0,47±0,04 | 8,50±0,25 |
| Proteínas | 16,20±0,25 | 16,00±0,37 |
| Grasa | 0,85±0,02 | 18,20±0,60 |
| Almidón | 64,24±1,05 | 16,28±0,70 |
| Fibra dietética | 2,95±0,05 | 29,82±1,10 |

de trigo panadera contenga un alto porcentaje de proteínas, para obtener panes de buena calidad. Especialmente el gluten, que forma una red viscoelástica con el agua. Esta formada por gliadinas (prolaminas) y las glutelinas. Las glutelinas son proteínas de alto peso molecular, contribuyen a la elasticidad de la masa. Las gliadinas son proteínas de pesos moleculares menores (30.000 a 200.000), y son responsables del comportamiento de las masas viscosas (Mani *et al.*, 1992). Estas propiedades son únicas y le dan gran versatilidad a la harina de trigo para elaborar productos de panadería. Los valores de la composición química del salvado de arroz son aproximadamente similares a los reportados (Pacheco *et al.*, 2002; Pacheco y Testa, 2005; Tazakori, 2007), donde se resalta una buena proporción de proteínas, grasa, fibra dietética y cenizas.

Al examinar la composición química de los panes de trigo y salvado de arroz estabilizado (cuadro 2), se encuentra que al sustituir la harina de trigo por HSA se incrementan

(Pacheco *et al.*, 2002; Pacheco y Testa, 2005; Tazakori *et al.*, 2007), in where a high proportion of proteins, fat, dietetic fiber and ashes.

When examining the chemical composition of wheat and stabilized rice bran breads (table 2), it is possible to found that when substituting the wheat flour by SRB, values of fats, ashes and moisture increase in a significant way, by diminishing carbohydrates by difference. As expected, proteins were statistically similar in the three types of breads (Basman and Kosksel, 1999; Hamid Abdul and Luan, 2000). In relation to the moisture content, it was observed that this parameter increase when the substituting of WF by SRB is superior. These results could be related to a higher insoluble dietetic fiber content gave by the rice bran which provides a high capacity to retain water. (Berghofer, 1997; Biliaderis, 1992; Carroll, 1990; D'Appolinia, 1997).

When determining the insoluble, soluble and total (table 3) dietetic fiber in breads, it is possible to

Cuadro 2. Composición química de los panes de molde de harina de trigo (HT) y salvado de arroz estabilizado (HSA).**Table 2. Chemical composition of wheat baking bread (WF) and stabilized rice bran (RBF).**

| Pan g/100g | Humedad | Proteína | Grasa | Cenizas | CHO* |
|---------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------|-------|
| 100% HT | 36,73±0,23 ^b | 16,8±0,80 ^a | 2,14±0,03 ^c | 0,82±0,03 ^c | 41,51 |
| 95%HT: 5% HSA | 38,20±0,30 ^b | 16,78±0,75 ^a | 2,88±0,02 ^b | 1,15±0,02 ^b | 44,30 |
| 90%HT: 10%HSA | 38,10±0,25 ^a | 16,70±0,77 ^a | 3,25±0,02 ^a | 1,42±0,03 ^a | 43,03 |

*CHO: Carbohidratos por diferencia

Letras diferentes en una misma columna presentan diferencias significativas a $P \leq 0,05$.

significativamente los valores de grasa, cenizas y humedad, disminuyendo los carbohidratos por diferencia. Las proteínas como era de esperarse fueron similares estadísticamente en los tres tipos de panes (Basman y Koxsel, 1999; Hamada, 2000). En lo que respecta al contenido de humedad se observa que este parámetro tiende a aumentar a medida que la sustitución de HT por HSA es mayor. Estos resultados podrían estar relacionados con un mayor contenido de fibra dietética insoluble aportada por el salvado de arroz, el cual confiere alta capacidad para retener agua. (Berghofer, 1997; Biliaderis, 1992; Carroll, 1990; D'Appolinia, 1997).

Al determinar la fibra dietética insoluble, soluble y total (cuadro 3) en los panes, se logra aumentar proporcionalmente los diferentes tipos de fibra al aumentar la sustitución de la harina de trigo. En especial la fibra insoluble del pan de trigo 100% de 2,15% aumenta a 3,88% en los panes de 90% trigo-10% salvado de arroz. Según varios investigadores el salvado de arroz puede ser una excelente fuente de fibra dietética insoluble

increase in a proportional way the different fiber types when increase the substituting of wheat flour. Especially the insoluble fiber of wheat bread 100% of 2.15% increases to 3.88% in breads of 90% wheat-10% of rice bran. According to several researchers the rice bran could be an excellent source of insoluble dietetic fiber (Abdul-Hamid y Luan, 2000; Pacheco *et al.*, 2002; Pacheco y Testa, 2005; Prakash, 1996; Schenell *et al.*, 2005; Potter, 1973; Tovar, 1994).

The farinographic profile of flours was studied and the results in table 4 shows that when increase the substitution of wheat by rice bran there is an increase on mass development time in the farinograph; whereas the stability and the water absorption decreased in a slow way. High changes were not observed on the arrival and breaking times.

The tolerance index to knead decreased. Similar results were published in wheat breads supplemented with barley and rice bran (Basman and Koxsel, 1999). It is possible that these results are caused by the dietetic fiber increase

Cuadro 3. Fibra dietética soluble, insoluble y total de los panes de molde de harina de trigo (HT) y salvado de arroz estabilizado HSA en base seca.

Table 3. Soluble, insoluble and total dietetic fiber of baking bread (WF) and stabilized bran rice RBF in dry base.

| g/100 | 100% HT | 95% HT: HSA 5% | 90% HT HSA10% |
|---------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Fibra dietética soluble + | 0,88±0,02 ^b | 1,10±0,02 ^a | 1,12±0,03 ^a |
| Fibra dietética insoluble | 2,15±0,05 ^c | 3,05±0,05 ^b | 3,88±1 ^a |
| Fibra dietética total | 3,03 | 4,15 | 5,00 |

Letras deferentes en una misma fila denotan diferencias significativas a $P \leq 0,05$

(Abdul-Hamid y Luan, 2000; Pacheco *et al.*, 2002; Pacheco y Testa, 2005; Prakash, 1996; Schenell *et al.*, 2005; Potter, 1973; Tovar, 1994).

El perfil farinografico de las harinas fue estudiado y los resultados señalados en el cuadro 4 y muestran que al aumentar la sustitución de trigo por salvado de arroz se origina un aumento en el tiempo de desarrollo de la masa en el farinógrafo; mientras que la estabilidad y la absorción de agua disminuyó muy lentamente. No fueron

of bran that generates changes in the rheological properties of flours, because the macromolecules that form the fiber.

Table 5 shows the study of sensorial test and the values of means ranks for each of parameters evaluated, being observed that there are significant differences between the attributes studied. Based on the means comparison it can be affirmed that the wheat breads with 5% of stabilized rice bran, were the more

Cuadro 4. Perfil farinográfico de la harina de trigo (HT) y las harinas compuestas de trigo-salvado de arroz estabilizado (HT-HSA).

Table 4. Farinographic profile of wheat flour (WF) and the compounds flours of stabilized wheat-rice bran (WF-RBF).

| Parámetros | HT 100% | HT 95%: HSA 5% | T90%HSA10% |
|---------------------------------------|---------|----------------|------------|
| Absorción de agua | 60,4 | 60,0 | 59,1 |
| Tiempo de llegada (min) | 2,5 | 3,0 | 3,0 |
| Tiempo de desarrollo de la masa (min) | 5,0 | 5,5 | 6,5 |
| Estabilidad de la masa (min) | 9,0 | 8,0 | 7,5 |
| Índice de tolerancia al amasado (UB) | 45,0 | 43,0 | 40,0 |
| Tiempo de rompimiento (min) | 11,5 | 11,0 | 10,5 |

observados grandes cambios en el tiempo de llegada y el tiempo de rompimiento. El índice de tolerancia al amasado disminuyó. Resultados similares se publicaron, en panes de trigo suplementados con harina de cebada y salvado de arroz (Basman y Koksel, 1999). Es posible que estos resultados se deban al aumento de fibra dietética del salvado que genera cambios en las propiedades reológicas de las harinas, debido a las macromoléculas que conforman la fibra.

El cuadro 5 muestra el estudio de la prueba sensorial y se indican los valores de rangos de medias para cada uno de los parámetros evaluados, observándose que existen diferencias significativas entre los atributos estudiados. Basados en la comparación de medias se puede afirmar que los panes de trigo con 5% de salvado de arroz estabilizado, fueron los más preferidos y los menos preferidos los que contenían 10% de HSA. Se deduce que el salvado de arroz confirió un olor más aceptable ya que el menor valor fue para el pan 100%

and the less preferred, which had 10% de RBF. The rice bran gave an acceptable smell since the lower was for the bread 100% wheat flour. In India, the rice bran was added to bakery products, an improvement was observed in the color of bread cortex and its taste (Prakash, 1996). In this research was studied the variation on amilose content during storage to 4°C of breads. Population is used to conserve breads in freezer, and it is possible to find a starch retrogradation which was observed in breads because the amilose increased gradually during eight days (table 6). An increase of 12.40 to 16.20 amilose g/100g of wheat breads flour of 100% was observed. The same tendency was detected in breads of WF with RBF to 5% and 10%.

The retrogradation term applied to starches means a return of the solvated form, scatter and amorphous to a insoluble, aggregated and crystal clear solution; This process increase when temperature decreases after

Cuadro 5. Suma de rangos de evaluación sensorial de los panes de molde de trigo y salvado de arroz estabilizado.

Table 5. Sum of sensorial evaluation ranks of wheat baking bread and stabilized rice bran.

| Atributos | Pan 100% HT | HT 95%: HSA 5% | HT 90%: HSA10% |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Sabor | 48 ^b | 58 ^a | 45 ^c |
| Color | 58 ^a | 55 ^b | 48 ^c |
| Textura | 55 ^a | 57 ^a | 48 ^b |
| Olor | 47 ^c | 60 ^a | 52 ^b |
| Preferencia global | 51 ^b | 60 ^a | 47 ^c |

Valores representan la suma de rangos (xij) obtenidos a partir de los datos ordenados en la escala hedónica donde letras diferentes en una misma fila presentan diferencias significativas a $P \leq 0,05$.

de harina de trigo. Cabe traer a discusión otro resultado por ejemplo, en la India el salvado de arroz fue añadido a productos de panadería y se observó una mejora en el color de la corteza del pan y en el sabor (Prakash, 1996). En la presente investigación se consideró interesante investigar como varía el contenido de amilosa durante el almacenamiento a 4°C de los panes en estudio. Es una costumbre en la población guardar los panes en la nevera, y es sabido que puede ocurrir retrogradación del almidón. Lo cual fue observado en los panes ya que la amilosa aumentó gradualmente durante ocho días (cuadro 6). Se aprecia un aumento de 12,40 a 16,20 amilosa g/100g de harina en los panes de trigo 100%. Igual tendencia se detectó en los panes de HT con HSA al 5% y 10%.

El término retrogradación aplicado a los almidones, significa un retorno de la forma solvatada, dispersa y amorfa a una condición insoluble, agregada y cristalina; este proceso aumenta cuando baja la temperatura después de la gelatinización y produce un incremento de la cristalinidad, fenómeno que ha sido detectado por

gelatinization and it produces an increase on crystallinity, phenomenon detected by X ray diffraction and differential scanning calorimetry (Goodfellow and Wilson, 1990). The retrogradation consists on two independent processes: the amylases molecules gelation exudates from starch granules and the recrystallization of amylopectine (Biliaderis, 1992).

The processed foods are stored during variables periods and temperatures before the consumption. During this period it is possible that changes happen in the starch structure where the amylose and amylopectine molecules could be associated to certain phenomenon depending on several factors: amylose: amylopectine relationship, water quantity, time and storage temperature.

In other words, starches are not stables and become old through time when crystallinity increases because the retrogradation (Annison and Topping, 1994; Tovar, 1994). Starches retrogradates when become cold after cooking; in this way they are resistant

Cuadro 6. Comportamiento de la amilosa en panes de molde de harina de trigo y salvado de arroz almacenados a 4°C.

Table 6. Amylose behavior in wheat flour and rice bran baking breads stores to 4°C.

| | HT100:HSA* | HT95%: 5%HSA* | HT90%:10%HSA* |
|----------------|------------|---------------|---------------|
| Amilosa 1 día | 12,40±0,50 | 12,60±0,60 | 12,65±0,50 |
| Amilosa 4 días | 14,00±0,30 | 14,07±0,25 | 14,10±0,35 |
| Amilosa 8 días | 16,20±0,25 | 16,58±0,50 | 16,70±0,70 |

*: g de amilosa/100 g de harina.

difracción de rayos x y calorimetría diferencial de barrido (Goodfellow y Wilson, 1990). La retrogradación consiste en dos procesos independientes: la gelación de moléculas de amilosas exudadas de los gránulos de almidón y la recristalización de la amilopeptina (Biliaderis, 1992).

Los alimentos procesados son almacenados por periodos y temperaturas variables antes del consumo. Durante este periodo pueden ocurrir cambios en la estructura del almidón donde las moléculas de amilosa y amilopeptina pueden asociarse fenómenos que dependerá de varios factores: proporción amilosa: amilopeptina cantidad de agua, tiempo y temperatura del almacenamiento.

Es decir, los almidones no son estables y envejecen con el tiempo, al aumentar la cristalinidad por retrogradación (Annison y Topping, 1994; Tovar, 1994). Los almidones retrogradan cuando se enfría luego de la cocción, bajo esta forma son resistentes a la digestión. En particular la amilosa retrograda, constituye el almidón indigerible de los alimentos convencionales procesados y es llamado almidón resistente tipo III (Englyst *et al.*, 1992, Hamid Abdul y Luan, 2000; Schenell, 2005; Tovar, 1994). Estos resultados apuntan que durante el almacenamiento de los panes aumentó posiblemente el contenido de fibra dietética debido al incremento del almidón resistente en forma de amilosa retrogradada. Si tomamos en cuenta que estudios publicados (Berghofer, 1997; Granfeldt *et al.*, 1992), postulan que a nivel del intestino delgado, el comportamiento del almidón resistente es similar a la fi-

to digestion. Particularly, the retrograde amylose constitutes the undigestible starch of conventional and processed foods and it is called resistant starch type III (Englyst *et al.*, 1992, Hamid Abdul y Luan, 2000; Schenell, 2005; Tovar, 1994). These results show that during the breads storage, the dietetic fiber content increased because the increase of resistant starch like retrograded amylose. Some studies already published (Berghofer, 1997; Granfeldt *et al.*, 1992), establish that at the level of small intestine, the resistant starch behavior is similar to the dietetic fiber for being fermented in the large intestine (Berghofer, 1997; Goodfellow y Wilson, 1990; Hamid Abdul y Luan, 2000; Kahlon y Chaow, 2000).

To check the starches indigestion by retrogradation of breads amylose, the "in vitro" hydrolysis of starch by the swine pancreatic α -amylase action was studied (figure 1).

When analyzing the hydrolysis degree during two hours (120 minutes), it is observed that when the percentage of rice bran increases (10%) decreases the starch hydrolysis, 65 to 55% which agree in breads with more dietetic fiber.

Results of hydrolysis once again confirm that presence of retrograded amylose (resistant starch type III) in a food avoid the total starch digestion, and a higher dietetic fiber fraction could interfere in the hydrolysis process of starches, possible by interference of the amylase enzyme inside <macromolecules network of dietetic fiber (D'Appolinia, 1997; Englyst *et al.*, 1992; Hamada, 2000)

bra dietética para ser luego fermentado en el intestino grueso (Berghofer, 1997; Goodfellow y Wilson, 1990; Hamid Abdul y Luan, 2000; Kahlon y Chaow, 2000).

Para comprobar la indigestión de los almidones por retrogradación de la amilosa de los panes, se estudió la hidrólisis "in vitro" del almidón por acción de la α -amilasa pancreática porcina (figura 1).

Al analizar el grado de hidrólisis durante dos horas (120 minutos), se resalta que a medida que aumenta el porcentaje de salvado de arroz (10%) disminuye la hidrólisis del almidón, 65% a 55% que coincide en los panes contienen más fibra dietética.

Los resultados de la hidrólisis confirman una vez más que la presencia de amilosa retrogradada (almidón resistente tipo III), en un alimento impide la digestión completa del almidón y una mayor fracción de fibra dietética podría interferir en el pro-

Nevertheless, this depends on the physical-chemical properties of fiber in food (Asp, 1993). A positive correlation between the speed in which a gelatinized starch is "in vitro" hydrolyzed and the variation in the glucose concentration have been reported and the "in vivo" glucose concentration (Bornet *et al.*, 1989). On the other hand, the kinetics of "in vitro" starch hydrolysis depends on a high extent of the starch source and the physical treatment applied. This type of studies has originated an industrial and nutritional interest because its relationship with the postprandial glycemy. It has been reported that the rice bran aggregate to the "arepa" becomes into a low glycemic index (Goodfellow and Wilson, 1990; Potter, 1973).

It is known that many bakeries prepare frozen masses to make bread and in this processing of cooked, freezing, defrosting, cooking and

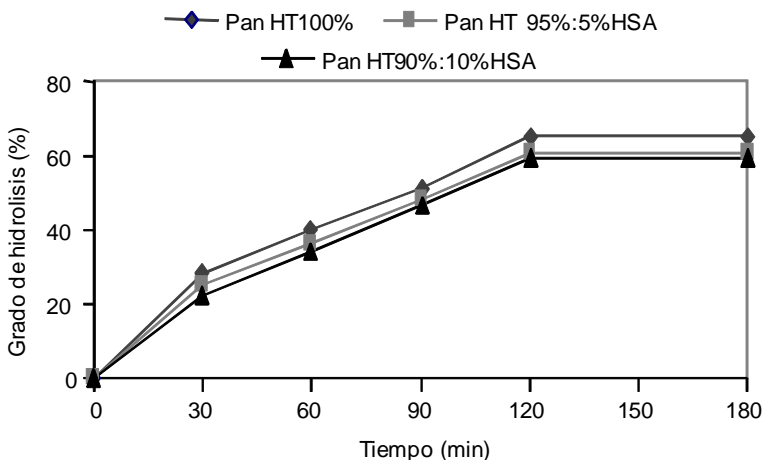


Figura 1 Hidrólisis "In vitro" del almidón de los panes.

Figure 1. Hydrolysis "In vitro" of bread starch.

ceso de hidrólisis de los almidones posiblemente por interferencia la enzima amilasa dentro de la red de las macromoléculas de la fibra dietética (D'Appolinia, 1997; Englyst *et al.*, 1992; Hamada, 2000)

Esto sin embargo, depende de las propiedades físico-químicas de la fibra en el alimento (Asp, 1993). Se ha reportado una correlación positiva entre la velocidad a la cual un almidón gelatinizado es hidrolizado "in vitro" y la variación en la concentración de glucosa "in vivo" (Bornet *et al.*, 1989). Claro está, por otra parte que la cinética de la hidrólisis del almidón "in vitro" depende en una gran medida de la fuente de almidón y del tratamiento físico aplicado. Esta clase de estudios han originado un interés industrial y nutricional por su relación con la glicemia postprandial. Se ha reportado que el agregado de salvado de arroz a la arepa se traduce en un índice glucémico bajo (Goodfelow y Wilson, 1990; Schenell *et al.*, 2005).

Es conocido que muchas panaderías preparan masas congeladas para fabricar el pan y en este procesamiento de cocido, congelación, descongelación, cocción y almacenamiento se puede generar almidón retrogradado lo cual podría ser beneficioso por sus efectos en la salud humana. El aumento de nutrientes como la fibra dietética en un alimento es una medida de salud pública de rápida aplicación en especial si el alimento es de consumo masivo como el pan. Efecto ya ampliamente conocido por la industria al agregar afrecho o salvado de trigo al pan.

storage, it is possible to create retrograded starch which could be benefit by its effects in human health.

The increase of nutrients like dietetic fiber in a food is a measure of public health of rapid application, especially about a massive consumption food like bread; an effect widely known by the industry when adding bran or wheat bran to bread.

As a conclusion, it is possible to diversify the use of rice bran, by-product of national agro-industry in a product of massive consumption like baking breads.

Acknowledgement

Authors want to express their gratitude by the financing gave by the CDCH-UCV to the Project 0137-4447-02

End of english version

Conclusión

Es posible diversificar el uso del salvado de arroz subproducto de la agroindustria nacional en un producto de consumo masivo como son los panes de molde.

Agradecimiento

Los Autores agradecen el financiamiento otorgado por el CDCH-UCV al Proyecto 0137-4447-02

Literatura citada

- AOAC. 1990. Association of Official Analytical Chemistry. Official Methods of Analysis. 15th ed. Washington, D.C. The Association.
- AACC. 1995. American Association of cereal chemists 9th ed. The association St, Paul, MN.
- Abdul-Hamid, A. y Y.S. Luan. 2000. Functional properties of dietary fiber from defatted rice bran. *Food Chemistry* 68:15-19.
- Annison, G. y D.L. Topping. 1994. Nutritional role of resistant starch: chemical structure and physiology function. *A. Rev. Nutr.* 14:297-230.
- Asp, N.G. 1993. Nutritional importance and classification of food carbohydrates. En: *Plant Polymeric Carbohydrates*. Meuser, F.; Manners, D.J. y Seibel, W. (ed) Royal Society of Chemistry. Of Chem. Cambridge. Pp.121-126.
- Basman, A. y H. Koxsel. 1999. Properties and composition of Turkish Flat bread (baslama) supplemented with barley flour and wheat bran. *Cereal chem.* 76(4):506-511.
- Berghofer, E. 1997. Properties and importance of starch in human nutrition. *Ernaehrung.* 21:253-258.
- Biliaderis, C.G. 1992. Structures and phase transitions of starch in food systems. *Food Technol.* 46: pp. 98-109.
- Bornet, F.R.J., A.M. Fontvieille, S.W. Rizkalla, P. Colonna, A. Blayo, C. Mercier, G. Slama. 1989. Insulin and glycemic responses in healthy humans to native starches processed in different ways: correlation with in vitro α -amylase hydrolysis. *Am. J. Clin. Nutr.* 50:315:323.
- Carroll, L. 1990. Functional properties and applications of stabilized rice bran in bakery product. *Food Technology* 44(4): 74-76.
- D'Appolinia, B. 1997. Rheological and baking studies of legume-wheat flours blends. *Cereal Chem.* (1): 56-63.
- Englyst, H.N., S.M. Kingman, J.H. Cummings. 1992. Classification and measurement of nutritionally important resistant starch fractions. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46: (suppl2) S33-S50.
- Goodfellow, B.J. y R.H. Wilson. 1990. A fourier transform IR study of the gelation of amylase and amylopectin; *Biopolymers.* 30: 1183-1189.
- Granfeldt, Y. I. Björck, A. Drews, y J. Tovar. 1992. An "in vitro" procedure base on chewing to predict metabolic response to starch in cereal and legume products. *Eur. J. Clin. Nutr.* 46:649-660.
- Hamada, J. 2000. Characterization and functional properties of rice bran proteins modified by commercial exoproteases and endoproteases. *Food Chemistry and Toxicology.* 65 (2):305-310.
- Hamid Abdul, A. y Y. Luan 2000. Functional properties dietary fiber prepared from defatted rice bran. *Food Chem.* 68:15-19.
- Herrera, I., D.E. de Pacheco, M. Schnell y J. Tovar. 2001. Ingesta de fibra dietética y almidón resistente en Venezuela. Implicaciones en salud pública. En Lajolo, F.M. y Saura-Calixto, F., ed. *Fibra Dietética en Iberoamérica: Tecnología y Salud.* Obtención, caracterización, efectos fisiológicos y aplicación en alimentos. Ed. Librería Varela, Sao Paulo, Brasil. P453-461.
- Holm, J., I. Björck, S. Ostrowska, A.G. Eliasson, N.G. Asp, K. Larsson y I. Lundquist. 1983. Digestibility of amylase-lipid complexes "in vitro" and "in vivo". *Starch/Stärke.* 35: 294-297.
- Juliano, B.O. (1998). Varietal impact on rice quality. *Cereal Foods World.* 43: 207-222.

- Kahlon, T.S. y F.I. Chaow. 2000. In Vitro Binding of Bile Acids by Rice Bran, Oat Bran, Wheat Bran, and Corn Bran. *Cereal Chemistry* 77 (4):518-521.
- Kahlon, T.S., R.H. Edwards y F.I. Chow. 1998. Effect of Extrusion on Hypocholesterolemic Properties of Rice, Oat, Corn, and Wheat Bran Diets in Hamster. *Cereal Chemistry* 75(6): 897-903.
- Lloyd, B.J., T.J. Siebenmorgen y K.W. Brees. 2000. Effects of Commercial Processing on Antioxidants in Rice Bran. *Cereal Chemistry* 77(5):551-555.
- Mani, K., C. Trohardh, A. Eliasson, y L. Lindahl. 1992. Water content, water soluble fraction, and mixing affect fundamental rheological properties of wheat flours doughs. *Journal of Food Science*. 57(5): 1198-1200.
- Mc Caskill, D.R. y F. Zhang. 1999. Use of rice Bran Oil in Foods. *Food Technology* 53(2):50-52.
- Orthofer, F.T. 1996. Rice Bran Oil: Healthy Lipid Source. *Food Technology* December 1996: 62-64.
- Pacheco, Delahaye. E., J. Peña, A. Ortiz. 2002. Composición físico-química del aceite de salvado de arroz estabilizado por calor. *Agronomía Tropical* 52(2):173-186.
- Pacheco, E., G. Testa. 2005. Evaluación Nutricional física y sensorial de panes de trigo y plátano verde. *Interciencia* 30 (5):300-304.
- Prakash, J. 1996. Rice bran proteins: Properties and food uses. *Crit. Rev. Food Science. Nutr.* 36(6):537-552.
- Schenell, M., E. Pacheco-Delahaye y Y. Mezones. 2005. Metabolic Responses to Venezuelan corn meal and Supplement Arepas (Breads). *Cereal Chem* 82 (1):77-80.
- Potter, N.N. 1973. La ciencia de los alimentos. editorial Edutex, S.S. 1era. Edición, México, pp.509-512.
- Tovar, J. 1994. Bioavailability of carbohydrates in legums. Digestible and indigestible fractions. *Arch. Latinoamer. Nutr.* 44:365-405.
- Tazakori, Z., M. Dehghan, M. Iranparvar, M. Zare Foladi, N. Mohammadi 2007. Research journal of Biological Sciencier 2 (3):252-255.