Sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz para la elaboración de pan.

K. Agurto[1], E. Mero[2], G. Vásquez[3]
Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción
Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)
Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral
Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador
krisagur@espol.edu.ec [1], evimero@espol.edu.ec[2], gvaras@espol.edu.ec[3]

Resumen

El presente proyecto expone difundir una alternativa de sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de arroz para la elaboración del pan; por lo que se demostró en primer instante los aspectos generales de la materia prima. Se efectuó un estudio del proceso de obtención de la harina de arroz mediante pruebas experimentales; el cual contiene selección de la materia prima, obtención de las curvas de secado y caracterización de la harina de arroz. En el pan elaborado se evaluó la calidad química, nutritiva y sensorial. Se evaluaron sustituciones de 20, 25 y 30 % de harina de trigo por harina de arroz. A través de una prueba de preferencia se seleccionó el pan con 30% de harina de arroz como el más adecuado mediante análisis estadísticos. Se encontraron diferencias con el pan tradicional (100% harina de trigo) en el proceso de preparación y en la textura. Así mismo, a mayor nivel de arroz se encontró una textura harinosa. Cada porción de pan tiene un peso de 70 gramos que aporta cantidades adecuadas de calorías, proteína y sodio aunque un poco menos en fibra que el pan de 100% trigo.

Palabras claves: pan de trigo/arroz, características físicas, químicas, sensoriales, sustitución parcial de harinas.

Abstract

The present project exposes out an alternative to substitute wheat flour by flour of rice, partially, to elaborate bread; at first, the general appearances of the raw material were demonstrated. A study of the process of obtaining rice flour was made by using experimental proofs, which contains selection of the raw material, obtaining drying curves and characterization of rice flour. The chemical, nutritious and sensorial quality was evaluated in the elaborate bread. Substitutions of 20, 25 and 30 % of wheat flour instead of rice flour. Preferentially the bread with 30 % of rice flour was the best-suited by means of statistical analysis. Differences were found with traditional bread (100 % wheat flour) in the process of preparation and texture. A wheat texture appears at higher levels of rice flour. Each portion of bread has a weight of 70 grams that contributes suitable quantities of calories, protein and sodium, although a little less in the fiber than 100 %'s wheat flour bread.

Keywords: *wheat/rice flour bread, physical, chemical and sensorial characteristics, flour partial substitution.*

1. Introducción

Actualmente uno de los principales alimentos preferidos por las personas y de mayor consumo general, es el pan; el cuál se elabora usualmente con harina de trigo; pero debido a los costos de ésta en la actualidad, ha hecho que pondere el producto.

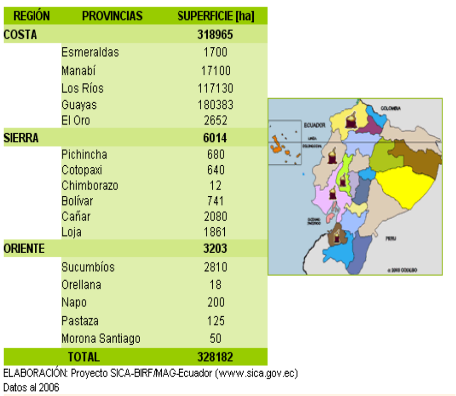
El presente proyecto pretende incluir el arroz (Oryza Sativa) de la familia Poaceae cuyos cultivos en nuestro país son abundantes; debido al clima que poseemos, por el cual sustituiremos parcialmente la harina de trigo por harina de arroz para la elaboración del pan, con el objetivo de adquirir un producto final con características físico-química, sensoriales y nutricionales similares a las de un pan tradicional.

De esta manera las importaciones de trigo podrían verse afectadas, ya que el arroz considerado como un cultivo promisorio con una amplia variedad de aplicaciones especialmente en el campo alimentario, le daría un valor agregado al excedente de arroz convirtiéndolo así en un producto muy competidor.

2. Materiales y Métodos

2.1. Materia Prima

El arroz tiene una alta disponibilidad en el mercado debido a que se cultiva durante todo el año con 2 siembras, una en la estación seca y otra en la estación lluviosa. Está considerado como el 2do producto alimenticio de mayor consumo a nivel nacional urbano tanto en estratos de ingresos bajos como altos.



REGIÓN	PROVINCIAS	SUPERFICIE [ha]
COSTA		318965
	Esmeraldas	1700
	Manabí	17100
	Los Ríos	117130
	Guayas	180383
	El Oro	2652
SIERRA		6014
	Pichincha	680
	Cotopaxi	640
	Chimborazo	12
	Bolívar	741
	Cañar	2080
	Loja	1861
ORIENTE		3203
	Sucumbíos	2810
	Orellana	18
	Napo	200
	Pastaza	125
	Morona Santiago	50
	TOTAL	328182

ELABORACIÓN: Proyecto SICA-BIRF/MAG-Ecuador (www.sica.gov.ec)
Datos al 2006

Figura 1. Áreas arroceras del Ecuador

El arroz fue de una marca comercial adquirido en la Piladora Marianita en las afueras de la ciudad de Guayaquil.

El arroz es un cereal rico en carbohidratos, es fuente de proteínas y minerales, y no contiene colesterol. Su composición depende en gran medida de la variedad, de las condiciones medioambientales y del proceso al que sea sometido.

Tabla 1. Composición Química (%) media del Arroz (referido a 100 gramos)

	Arroz Blanco (%)
Hidratos de Carbono	79.9
Proteínas	7.1
Fibra Dietética	1.3
Grasa	0.7
Minerales	0.6

2.2. Obtención de la Harina de Arroz

El arroz tuvo un previo tratamiento (pre-cocción) por 15 minutos en proporción 2:1 (2 arroz y uno de agua) para aumentar la superficie de secado, luego se realizó el secado correspondiente en un secador horizontal (tipo cabina) de marca GuntHamburg CE 130, después fue triturado para así obtener la harina de Arroz.

El proceso de secado se realizó bajo condiciones ambientales de 25ºC y HR 60% las condiciones de trabajo del secador se especifican a continuación.

Tabla 2. Condiciones de operación durante el Secado

Temperatura de Trabajo	50 +/- 2 ºC
Temperatura de entrada de aire	41.12ºC+/- 1 ºC
Humedad relativa del aire de salida	28%
Velocidad de aire	4.19 m/s
Elaborado por: Evelyn Mero, Kristel Agurto, 2010	

Y a partir de los datos recolectados durante el secado se realizaron las curvas de secado. Tal como la Humedad libre vs Tiempo y la Velocidad de secado vs Humedad libre; está humedad libre se realizó a partir de la isoterma obtenida y usando la tabla psicométrica.

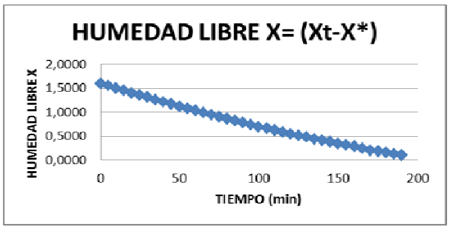


Figura 2. Humedad Libre vs Tiempo

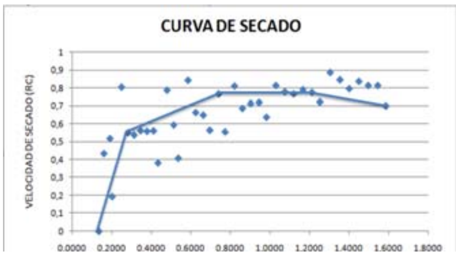


Figura 3. Curva de Velocidad de Secado

Se hizo análisis físicos y químicos de la harina de arroz previamente obtenida; analizando pH, Acidez titulable, actividad de agua (Aw). Proteínas, fibra y carbohidratos se mandaron a analizar en los laboratorios de PROTAL (ESPOL).

Tabla 3. Análisis Físicos de la Harina de Arroz

Color	Blanco grisáceo traslucido
Olor	Característico
Sabor	Característico
Textura	Granulada
Elaborado por: Evelyn Mero, Kristel Agurto,2010	

Tabla 4. Análisis Químicos de la Harina de Arroz

Ensayo	Método	Equipo	Medida (%)
Ph	AOAC Oficial Method 943.02	PHmetro – Mv 510	6,24±0.01
Acidez Titulable (%)	AOAC Oficial Method 942.15	Volumetría	0.020±3x10^{-3}
Humedad final (%)	AOAC Oficial Method 925.09	Termobalanza modelo KERN MLB 50-3	3.26±0.02
Cenizas (%)	AOAC Oficial Method 923.03	Mufla-Gravimétrico	99.78±0.015
Grasa Total (%)	Monjonnier	Soxhelt-Gravimétrico	0.0
Proteínas (%)	AOAC 18th920.87	Kjeldahl-Volumétrico	11.13±1.11
Fibra (%)	AOAC18th 978.10	Gravimétrico	0.12±0.012
Elaborado por: Evelyn Mero, Kristel Agurto.2010			

3. Elaboración del Pan

Para la elaboración del pan se utilizó harina de trigo duro enriquecida 4 plus, y otros ingredientes adquiridos en el mercado.

3.1. Formulación

Se elaboraron muestras de pan blanco con las composiciones porcentuales de harina de trigo: harina de arroz siguientes: 80:20, 75:25 y 70:30.

3.1.1. Panificación

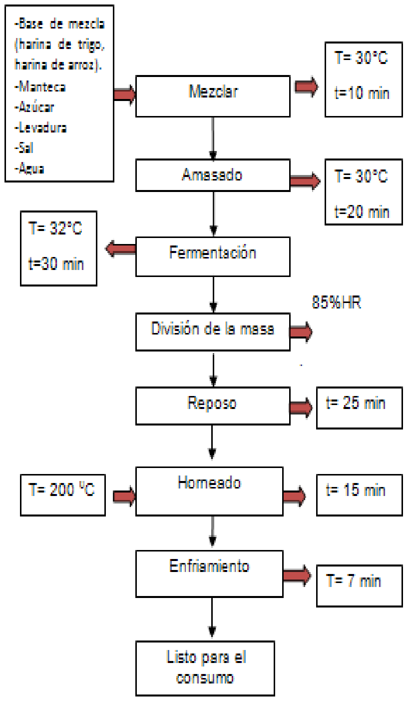


Figura 4. Proceso de Elaboración de Pan.

3.2. Características Físico-Químicas y Nutricionales del Pan de Arroz

Se efectuaron análisis físico- químicos al pan de arroz (30%), para establecer si el pan elaborado cumple con los parámetros establecidos en la norma NTE INEN 95:1979 utilizada como referencia. Los análisis se realizaron según los métodos señalados en dicha norma obteniéndose que los panes tenían un peso de 67 +/- 2 con un pH de 5.6.

3.3. Alteraciones Físicas y Microbiológicas

Los productos de panadería sufren un proceso de deterioro que limita su vida útil. Las principales formas de deterioro son la pérdida de textura, la pérdida o aumento de humedad y la alteración de origen microbiano.

El pan se reviene por cambios físicos y químicos que provocan una mayor dureza de los productos, sin que tenga lugar una pérdida de humedad o la modificación del sabor.

Las principales alteraciones microbiológicas de estos alimentos se deben al desarrollo en su superficie de colonias de mohos y de levaduras.

Los principales mohos que intervienen en la alteración del pan son: el denominado moho del pan (Rhizopus Nigricans), Penicillium expansum; Aspergillus Niger y Monilia (Neurospora Sitophila), el Ahilamiento o encordamiento es una alteración del pan; esto se debe a una humedad relativa de equilibrio alta, y los principales de levaduras implicadas en la alteración del pan son las levaduras fermentativas y las levaduras filamentosas.

3.4. Envejecimiento de la Miga de Pan

Los cambios a partir del estado de masa, al pan fresco (después de la cocción) y al envejecimiento del pan, así como los cambios producidos como consecuencia del recalentamiento del pan y por ende el aumento de la frescura temporal en el mismo.

Figura 5. Envejecimiento de la miga de pan

En el estado de masa: los gránulos de almidón son pequeños lo que indica que están sin gelatinizar. El gluten se presenta cubriendo la superficie de los gránulos y como puente entre ellos, formando una fase continua. La amilopectina aparece como un solo segmento de conformaciones moleculares helicoidales agregadas en regiones cristalinas. La amilosa en forma amorfa en conformación de simple hélice. Otro componente son los lípidos polares que son susceptibles de interaccionar con la amilosa durante el proceso de panificación.

En el estado de pan fresco: refleja los cambios que se dan después de obtener el pan del horno durante su enfriamiento. Durante la cocción se pierde la cristalinidad de la amilopectina produciéndose la gelatinización y gelificación del gránulo. Con este cambio en el gránulo, una parte de las moléculas de amilopectina tiene la libertad de expandirse en el espacio intergranular. La amilosa, lixiviada de los gránulos gelificados, aparece en este espacio. Al mismo tiempo la amilosa exudada se muestra en forma de dobles hélices retrogradadas. En este estado fresco una parte de la amilosa permanece en los gránulos y se representa en un complejo con forma de hélice por lípidos polares presentes en la harina los lípidos.

El estado de pan envejecido: Muestra la "reformación de estructuras de doble hélice" en la fracción amilopectina y su reorganización en regiones cristalinas durante el envejecimiento. Esta nueva organización imparte rigidez tanto al gránulo del almidón gelatinizado como el material intergranular, funcionando con un "entrelazamiento físico" sobre toda la estructura del gel. La acción de las amilasas, inhibiendo el incremento de firmeza que se produce como consecuencia de la retrogradación del almidón, podría iniciarse en el horno, tras la gelatinización del almidón. Tras un recalentamiento, el envejecimiento puede ser momentáneamente reversible

4. Análisis sensorial

Se llevó a cabo dicho análisis con tres muestras (pan de arroz) de diferentes porcentajes de reemplazos 20, 25 y 30% con 30 panelistas no entrenados y seleccionados al azar; usando una escala hedónica de 5 puntos donde se obtuvo como resultado que el pan de 30% de reemplazo de harina de arroz tuvo una diferencia significativa con respecto a las otras muestras.

Tabla 5. Fórmula para la elaboración del Pan Mixto de Arroz.

INGREDIENTES	500 g (30%)	%PANADERO	%ABSOLUTO
Harina de trigo	350	70	42,07
Harina de arroz	150	30	18,03
Agua	250	50	30,05
Sal	7	1,4	0,84
Azúcar	15	3	1,80
Margarina	75	10	6,01
Levadura	10	2	1,20
TOTAL	**832**	**166**	**100**
Elaborado por: Evelyn Mero, Kristel Agurto, 2010			

5. Características Nutricionales

Mediante el programa NUTRIBER y los respectivos ingredientes para la elaboración del PAN DE ARROZ sustituyendo parcialmente la harina de trigo por harina de arroz en un 30% se obtuvo como resultado las siguientes características nutricionales, en la cual se definió el aporte calórico del producto en 100 gramos de porción comestible, el aporte energético y el contenido nutritivo.

Tabla 6. Características Nutricionales del Pan de Arroz

MACRONUTRIENTES	CANTIDAD
Carbohidratos (Kcal)	282,35
Proteína (Kcal)	31,49
Grasa (Kcal)	11,64
Total Aporte Energético (Kcal)	325,48
Agua (g)	9,26
AGS (g)	5,09
AGM (g)	5,82
AGP (g)	2,03
Fibra (g)	2
Colesterol (mg)	8,75
Calcio (mg)	12,72
Fosforo (mg)	116,38
Sodio (mg)	2,59
Hierro (mg)	1,08
Niacina (mg Eq)	2,73

6. Textura

En lo que respecta a la textura se acudió a la ayuda de un texturómetro de marca Bookfield, modelo CtT3 empleando software TexturePro Ct V1.1 Build 7 durante los días de estabilidad del pan de arroz vs el pan tradicional en función al tiempo de vida útil.

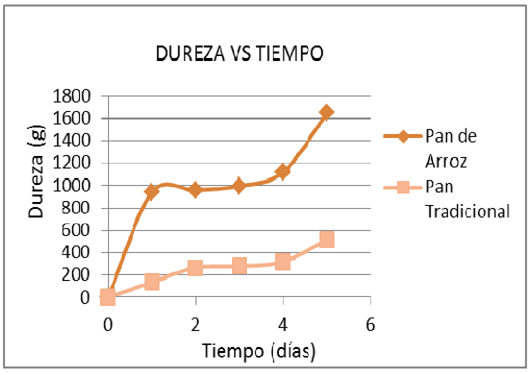


Figura 6. Dureza Vs Tiempo

7. Conclusiones

1) El arroz (y la harina de arroz en consecuencia) es un cereal "único" ya que su proteína está bien balanceada al estar presentes los ocho aminoácidos en las proporciones correctas, por lo cual hemos realizado este proyecto buscando disminuir parcialmente la harina de trigo por la de arroz.

2) Fue posible desarrollar un pan de sal (tipo enrollado) con la sustitución parcial de la harina de trigo (70%) por harina de arroz (30%) apto para el consumo humano, ya que comparada con un pan tradicional de trigo su contenido total de proteínas es menor; pero la calidad de ésta se mejora debido al mayor valor biológico de la proteína contenida en el arroz (es decir, debido a que existe un mejor balance entre los aminoácidos provistos por el arroz vs los contenidos en el trigo), y también mejora su calidad por su digestibilidad y contenido del aminoácido lisina

3) Para definir el tiempo de vida útil del pan elaborado se estudió periódicamente la estabilidad de éste, el mismo que fue de 5 días teniendo en cuenta que su elaboración fue hecha de manera artesanal y empacados en fundas de polietileno.

4) No hay rechazo alguno en la elaboración de pan con harina de arroz sustituida parcialmente. Las pruebas sensoriales marcaron resultados positivos en cuanto a sus propiedades organolépticas, es decir que si hay una aceptación significativa de un pan hecho con harina de trigo totalmente y uno que sea reemplazado parcialmente con harina de arroz.

5) En efecto, el proyecto elaborado corrobora que es muy factible realizarlo y así darle valor agregado al excedente de arroz que se tiene dentro de nuestro país cada año que es , por lo que se propone realizar estudios para la explotación industrial del arroz y sus subproductos, y poder tener una mejora de divisas en cuanto a economía se refiere en productos alimenticios.

6) La alternativa planteada de sustituir parcialmente la harina de trigo por harina de arroz para la elaboración de pan de arroz, traería grandes beneficios para el Estado y la comunidad en general, ya que la harina de arroz no sólo se puede emplear para elaborar pan, sino también para elaborar galletas y fideos. Y por ende la importación de trigo se podría reducir hasta en un 60% lo cual lograría un importante ahorro para el Estado.

8. Bibliografía

1. ANZALDÚA Morales, Antonio; La Evaluación Sensorial de los Alimentos, Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España, 1994, Págs. 67 – 75.

2. ARROZ. Disponible en: http://www.elnuevoempresario.com/noticias_4160_panorama-de-la-cadena-del-arroz.php.

3. BARBOZA G; VEGA H, Deshidratación de Alimentos, Editorial Acribia S.A., Zaragoza – España, 2000, Págs. 27- 35, 130 – 135.

4. Chandler, Robert. F.; Arroz en los Trópicos, Guía para el desarrollo en los Programas Nacionales, San José, Costa Rica, 1984, Págs. 7-25.

5. Características físicos y químicas del Pan Normal: Publicado en la Gaseta N. 5, de abril. Disponible:

   http://reventazon.meic.go.cr/informacion/onnum/normas/151.pdf

6. CALLEJO Gonzales, María; Industrias de Cereales y derivados, Publicado por Ediciones Mundi-Prensa, Primera Edición, España 2003, Páginas 191 – 243.

7. Calaveras Jesús; Tratado de Panificación y Bollería, Publicado por Ediciones Mundi Prensa, Primera Edición, España 1996, Páginas 255-267.

8. **Fischer Kurt, "El Molino de Arroz"** "Manual Agrícola de los principales cultivos del Ecuador" INIAP, INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS**, Primera Edición, año 1959/1960, Guayaquil-Ecuador**

9. González Callejo, María Jesús; Industria de Cereales y Derivados, 1 Edición, año 2002, Págs. 215-216, 222-223.

10. Hoseney R., Carl; Principios de Ciencia Y Tecnología de los Cereales, Editorial Acribia S.A., Zaragoza- España, 1991, Págs. 228-229.

11. Ibarz A., Barbosa-Cánovas, Gustavo V, Operaciones Unitarias en la Ingeniería de Alimentos, Acribia 2005, Zaragoza, Págs. 33, 585-595.

12. J.M. Mesas, M.T. Alegres; El Pan y su Proceso de Elaboración, Diciembre, vol3. Número 005, México 2002, Págs. 307-313

13. N.L., Kent; Tecnología de los cereales. Introducción para estudiantes de Ciencia de los Alimentos y Agricultura, Editorial Acribia S.A, Zaragoza-España, 1987, Págs. 21-23,133-134.

14. Programa Nutriber disponible en : http://www.funiber.org/ , 2005 - 2010

15. Quaglia, Giovanni; Ciencia y Tecnología de la Panificación, Editorial Acribia S.A, Zaragoza-España, 91, Págs. 106,394-397, 468.

16. SCADE, Jhon; Cereales, "Elaboración de Pan", Editorial Acribia S.A., Zaragoza-España, 1981, Págs. 32, 80.

17. Tinoco M, María Fernanda, "Influencia del Envasado Sobre la Vida Útil de pan Pre-cocido" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2007)
18. Valor nutricional del Arroz disponible: www.arroz.com, 28/10/2010

19. Organización para las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, "EL ARROZ EN LA NUTRICION HUMANA", Biblioteca David Lubin; FAO, Roma (Italia) 1994, Págs. 96-100