

Utilización de harina de *Frejol* en la Elaboración de Pan

Autor: Juan Roldan Moreno & Coautor: Ing. Grace Vásquez
Facultad de Ingeniería 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
jualerol@espol.edu.ec & grakavas@espol.edu.ec

Resumen

El frejol es un grano de alto contenido proteico que se produce y consume en abundancia en países de escasos recursos, como una sustitución parcial de la proteína animal. En el proyecto que se presenta a continuación, tiene como objetivo elaborar pan a base de una sustitución parcial con harina de frejol, para así obtener nuevos productos a base de granos tradicionales.

En este proceso se especifican características físico químicas, enfatizando el proceso de sorción, con el cual se accedió a determinar las condiciones de secado para la obtención de la harina. De este proceso se obtuvo datos, con los cuales se realizaron las curvas de velocidad y tiempos de proceso, para así caracterizar la harina.

Para la elaboración del pan, se fundamentó en pruebas de sustituciones parciales de harina de trigo por la de frejol, y mediante prueba una prueba sensorial se pudo establecer la formulación final. Por último se realizaron pruebas para determinar la estabilidad y textura del pan elaborado, en comparación con el pan tradicional.

Palabras Claves: *Frejol, método, curvas de secado, sustitución, estabilidad, textura.*

Abstract

The Red Bean is a grain which have a high protein contain, and it is consumed by people living in developing countries, as a partial replacement of animal protein. The following project has the objective to elaborate wheat bread, which bases a partial substitution of read bean flour therefore it could obtain new food products with traditional grains.

At this process, we focus at the specific physical and chemical characteristics of the sorption process, which it is applied to drying conditions in order to produce the bean flour. From this process, the information was obtained: the curves of velocity vs. process, and the characterization of the bean flour.

In order to elaborate the final partial bean substituted bread, it was made several partial substitution of wheat flour with the bean flour; and through a sensorial analyzes was possible to establish the final formulation. Finally with several trials to determinate the stability and texture of the elaborated bread, compared to the traditional wheat bread.

Keywords: *Red Bean, method, drying curves, replacement, stability, texture.*

1. Introducción

El encarecimiento de los alimentos tradicionalmente consumidos, ha llevado al sector agro-industrial ecuatoriano a la investigación de nuevos productos, con características innovadoras, viables y nutricionalmente mejores. Se puede citar como ejemplo para este estudio el trigo, gramínea muy popular por su utilización en la elaboración del pan; el cual presenta un incremento de su demanda y precios, observando que en 1 año estos fueron de \$200 a \$700 por tonelada del mismo, lo cual nos lleva a indagar nuevas alternativas en su reemplazo.

En la búsqueda de una solución ante la problemática mundial del encarecimiento de los alimentos, se trato de encontrar una alternativa en el fréjol, que es una leguminosa muy popular y de altísimo contenido nutricional. En la presente investigación se tiene como objetivo la investigación de la producción de harina de fréjol, como un sustituyente parcial para la elaboración de pan. Se considera que la utilización del fréjol podría ser muy provechosa con el fin de obtener un producto de mejor valor nutritivo.

Se siguió una metodología en este proyecto, la cual comprende: el estudio de secado del fréjol, la obtención de su harina, búsqueda de la sustitución

optima de esta harina por harina de trigo, y finalmente el estudio de estabilidad mediante la textura del pan vs el tiempo.

2. Generalidades

2.1 Materia Prima

El fréjol utilizado en este proyecto pertenece Phaseolus Vulgaris L., más conocido en el Ecuador como Cargabello o Rojo Moteado, el cual se puede diferenciar entre especies considerando características como germinación, forma de semillas, vainas y hojas.

2.1.1 Cultivos y Disponibilidad

Gracias a la gran adaptabilidad que posee el fréjol en casi todo tipo de suelo, ha constituido para el Ecuador y los países de bajos recursos, que esta gramínea ocupe el octavo lugar entre las leguminosas sembradas en todo el planeta, razón por la cual es una de las de mayor consumo por su sabor y su grado de nutrientes proteicos y calóricos que aporta en la dieta diaria humana, con la ventaja de ser bajo costo si comparamos con las fuentes calóricas animales.

El cultivo de fréjol en el Ecuador constituye el 0.84% del total de la superficie arable, de las que se logran rendimientos antes mencionados, con un promedio de 0.20 toneladas por hectárea de grano seco, y en grano fresco alcanza 0.62 toneladas por hectárea [2].

2.1.2 Composición química y Valor nutricional

El fréjol es un grano, cuyas características principales como tal, son las de almacenar principalmente carbohidratos, lípidos y proteínas.

Tabla 1. Composición Química del Fréjol

Componente	%
Agua	10,4
Proteína	22,5
Carbohidratos Grasa	61,9
Grasa Ceniza	1,5
Ceniza	3,7
Fibra	4,2
Energía (Kcal/100g)	351.51

Fuente: INIAP (18) Elaborado por: Juan Roldan (2011)

2.2 Proceso de Panificación

2.2.1 Tipos y Especificaciones

Para determinar los tipos de pan, la mayoría de autores sugieren su clasificación por el tipo de ingredientes que se utiliza y su forma. Entre estos se puede destacar: Pan blanco, Pan integral Pan pseudo-

integral, Pan de centeno, Pan de cereales, Pan de molde, Pan sin sal, Pan de maíz, Pan no leudado.

2.2.2 Proceso de Elaboración

Las etapas para la elaboración del pan utilizadas fueron: pesado, mezcla, amasado, división de la masa, boleado y pre-moldeo, primera fermentación, moldeado, segunda fermentación, horneado, enfriamiento, empaque [8].

2.2.3 Principales alteraciones

Entre las principales alteraciones se puede destacar las físico – químicas y microbiológicas. Las físico-químicas empiezan después que comienza el enfriamiento. Las características del pan evolucionan hacia a lo que denominamos endurecimiento, que es un fenómeno aparte de la deshidratación. Los productos de panadería y repostería están exentos de microorganismos viables tras realizar un proceso de horneado. Su contaminación se produce antes del envasado, a través del entorno que los rodea, como el aire, las superficies de contacto y su manipulación.

3. Proceso de Obtención de harina

3.1 Características de Materia Prima

La materia prima utilizada fue el fréjol (Phaseolus Vulgaris L.) de la variedad llamada en el Ecuador como Cargabello o rojo moteado. En la Tabla 2 se muestran los estados de madurez del fréjol según el color usando una cartilla PANTHON de su grano [1] determinando que el color óptimo de madurez es el nivel 4 y 3.

Tabla 2. Estados de Madurez del fréjol

	Nivel 1	Nivel 2	Nivel 3	Nivel 4	Nivel 5	Nivel 6
Color	459U – 461U	4755U – 4675U	5035U – 5005U	1955U – 202U	1815U – 1675U	4975U – 471U
						

Elaborado por: Juan Roldán, (2011).

Tabla 3. Características Químicas

Muestra	pH	% Acidez	% Humedad	Aw	% Cenizas
Fréjol	6,965	0.074	54,415	0,981	3,8

Elaborado por: Juan Roldán, (2011).

3.2 Isotherma de Sorción

En la elaboración de la isoterma de Sorción, se utilizó el método isopiéstico, describiendo la siguiente metodología:

1.- En bandejas plásticas pequeñas, se colocó sílica gel en el fondo de la misma, adicional a esto se puso un soporte plástico con orificios para separar la sílica de la muestra.

2.- Se pesa adicional a esto todos los materiales del sistema por separado y el sistema completo (bandeja plástica, sílica gel, soporte plástico, papel filtro, platos de aluminio y muestra).

3.- Luego se colocó 10g de la muestra en los platos de aluminio, previamente a su eliminación de agua en la estufa.

4.- Se sellan los sistemas, y se los ubica en una estufa a 1030C, realizando mediciones de peso, humedad y actividad de agua, con la muestra fría.

5.- Este proceso se realizó por triplicado, y se lo ejecuto hasta que la actividad de agua de la muestra fuese cercano de 0.4

6.- Finalmente se colocó los sistemas en la incubadora a 37°C por 72 horas, donde se midió actividad de agua, y humedad final.

Así se pudo obtener la curva que se presenta en la Figura 1.

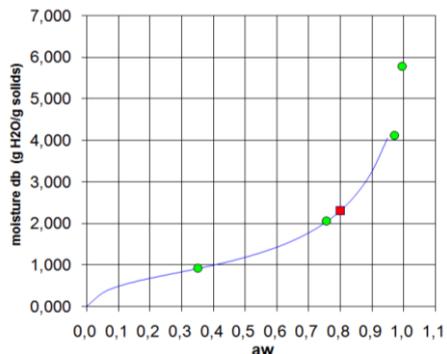


Figura 1. Isoterma de Sorción

3.3 Proceso de Secado

El secado es uno de los métodos de conservación de alimentos más antiguos gracias al cual se logra dar estabilidad a los alimentos mediante la extracción parcial de su contenido de agua para evitar el crecimiento de microorganismos que provoquen el deterioro. En este proceso la eliminación del agua se suele dar por evaporación.

Para el secado, se redujo el tamaño del frejol previamente, y se utilizó un secador que presenta características que se muestran en la tabla 4 y las condiciones del secador que se

Tabla 4. Características Técnicas del Secador

Característica	
Longitud de la Bandeja, cm	36,2
Ancho de la Bandeja, cm	28,5
Área de la Bandeja, cm ²	1.031,7
Área Total de las Bandejas, cm ²	4.126,8
Rango de Temperatura, °C	48 – 55
Rango de Humedad Relativa, %	16 – 20
Velocidad de Aire, m/s	0,48 – 0,60

Elaborado por: Juan Roldán, (2011).

Tabla 3. Proceso de Secado

Peso de Sólidos Secos (g)	1.577,5
Velocidad de Aire de Secado (m/s)	0,50
Temperatura Ambiente (°C)	29
Humedad Relativa Ambiente (%)	63
Humedad Relativa Equilibrio (%)	15
Humedad de equilibrio (g de agua/ g s.s.)	0,250

Elaborado por: Juan Roldán, (2010)

3.3.1 Curvas de Secado

Se tomaron datos en el secador de velocidad del aire, temperatura y humedad libre, cada cinco minutos, con los cuales se pudo obtener las siguientes curvas

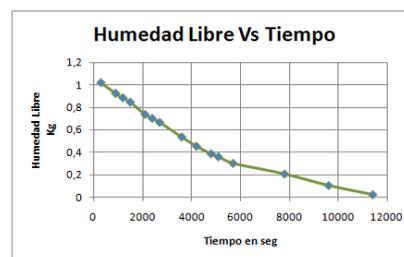


Figura 2. Humedad Libre vs Tiempo

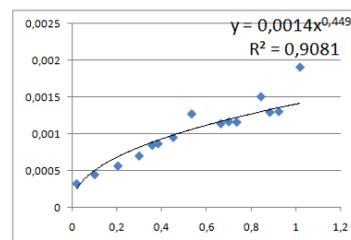


Figura 3. Velocidad de Secado vs Humedad Libre

Se realizó 3 sustituciones de harina de trigo por harina de fréjol, la primera 90%-10%; la segunda 80%-20%; y 70%-30% harina de trigo y harina de fréjol respectivamente. En la Figura 3 se muestra el análisis de las sustituciones.

3.4 Caracterización de la Harina

Mediante parámetros Físico- Químicos se pudo realizar la caracterización de la harina que se muestra en la tabla 4

Tabla 4. Caracterización de la Harina

Ensayo	Unidad	Resultado
Carbohidratos	%	73.1
Cenizas	%	3.97 ± 0.08
Grasa total	%	0.8
Humedad	%	7.20 ± 0.07
Proteínas	%	15.04
pH		6.96
Aw		0.39
Acidez	%	0.429

Se determino también el color de la harina mediante una cartilla Pantone, obteniéndose el color 4755U; y también el diámetro de reboux que caracteriza la finura, dando como resultado

A su vez se determinó el diámetro de reboux el cual es igual a 158,02 mm.

4. Sustitución parcial de harina de trigo por harina de *Phaseolus Vulgaris L.*

4.1 Formulaciones

Para la elaboración del pan se utilizo una fórmula de pan enrollado simple, la cual se presenta en la Tabla 5 [8, 9,10].

Tabla 5. Fórmula para elaboración de pan enrollado simple

Ingredientes	Porcentaje * (%)	Peso (g)
Harina	100	400
Manteca	10	40
Azúcar	8	32
Sal	2	8
Levadura	2	8
Agua	44,5	278
Huevo	5	20

Elaborado por: Juan Roldan, (2011)

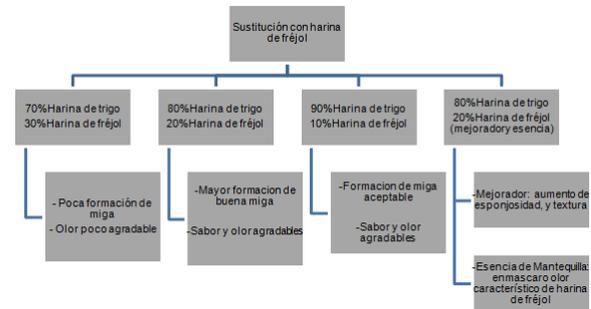


Figura 3. Esquema de Sustitución de Harina de Fréjol en Pan

Con este análisis se escogió la formulación 80% - 20% que indica la Tabla 5.

Tabla 5. Fórmula para elaboración de pan enrollado simple

Ingredientes	(%)	Peso (g)
Harina		400
Harina de trigo	20	80
Harina de fréjol	80	320
Manteca	10	40
Azúcar	8	32
Sal	2	8
Levadura	2	8
Agua	44,5	278
Huevo	5	20
Mejorador	0,50	2
Esencia de mantequilla	0.10	0.4

Elaborado por: Juan Roldán, (2011).

4.2 Proceso de Elaboración de pan

En la elaboración del pan se siguió las etapas que se muestran a continuación.



Figura 4. Diagrama de Proceso Elaboración de Pan Enrollado

4.3 Características físico – químicas y nutricionales

El pan de fréjol que se obtuvo, presento cierto olor residual poco perceptible característico de la harina de fréjol para lo cual se le añadió esencia de mantequilla para enmascararlo. Además del sabor, el aspecto en que más se enfocó el estudio fue en la textura la cual fue agradable similar a la de un pan tradicional.

Las características nutricionales del pan obtenido se muestran en la Tabla que presenta a continuación.

Tabla 7. Características Nutricionales

Característica	Unidad	Pan de Fréjol	
		100 g	Kcal
Carbohidratos Totales	g	42	167
Proteínas	g	7	26
Grasas Totales	g	6	58
Energía	Kcal		251

Elaborado por: Juan Roldan Moreno (2011).

4.4 Análisis Sensorial

En el análisis sensorial de este proyecto, se realizo la comparación del pan de de fréjol con sustitución 80% harina de trigo 20% harina de fréjol. En la primera muestra se utilizaba mejorador mientras que en la segunda muestra no se usaba mejorador. Se decidió usar una prueba de escala hedónica.

Prueba de hipótesis

Ha: Los datos siguen una distribución normal

Hb: Los datos no siguen una distribución normal

Con un valor p menor a 0.05 ($p=0.005$) existe evidencia estadística suficiente para rechazar H1 a favor de H2, es decir que los datos no siguen una distribución normal.

Por lo tanto se hará uso de estadística no paramétrica para encontrar diferencia significativa entre las muestras comparando las medianas

Ha: no hay diferencia significativa entre el uso o no del mejorador en el pan (La mediana de la muestra 1 es igual a la mediana de la muestra 2).

Hb: si hay diferencia significativa entre el uso del mejorador en el pan (La mediana de la muestra 1 no es igual a la mediana de la muestra 2).

Prueba de Mann-Whitney e IC: Muestra 1. Muestra 2

	N	Mediana
Muestra 1	30	40,000
Muestra 2	30	40,000

La estimación del punto para ETA1-ETA2 es 0,000095,2 El porcentaje IC para ETA1-ETA2 es (-1,0003.-0,0000) $W = 798,0$

Prueba de ETA1 = ETA2 vs. ETA1 no es = ETA2 es significativa en 0,0850

Con un valor p mayor a 0.05 ($p = 0.0850$) existe evidencia estadística suficiente para no rechazar Ho a favor de H1 es decir que no se puede rechazar que exista una diferencia significativa para nota el cambio sensorialmente, por lo tanto no existe diferencia significativa entre las muestras.

4.5 Estabilidad del pan

Se utilizo la textura del pan para analizar la estabilidad de este, midiendo en un texturómetro durante 5 días en los cuales se pudo obtener los gráficos que se muestran en las Figuras 5 y 6.

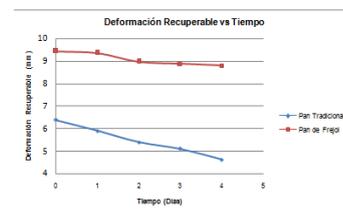


Figura 5. Deformación Recuperable vs tiempo



Figura 5. Dureza vs tiempo

Estas figuras nos indican que la sustitución de harina de fréjol no ayuda a reducir el envejecimiento del pan. Sin embargo la adición del mejorador, potencia estas características viéndose reflejado esto en valores mayores de esponjosidad de la Figura 4 y en un retardo del día 1 y día 2 de la Figura 6 en el pan de fréjol.

5. Conclusiones

1. Según lo observado podemos decir que al realizar una sustitución del 20% de harina de fréjol por harina de trigo, aumentamos un 6% de valor proteico. No obstante el proceso tecnológico puede resultar encarecedor en la producción de harina de fréjol, por el tiempo de secado el cual es de 7horas para llegar a un valor de actividad de agua aceptable de 0.43, sumándole a esto un rendimiento de solo 47.26%.

2. En la elaboración de pan con harina de fréjol, se realizaron varios reemplazos de los cuales se escogió el 20% a la harina de trigo por harina de fréjol ya que presentaba la de mejores características sensoriales, y mayor contenido de harina de fréjol, lo cual ayuda a la calidad nutricional del pan. Hubo la necesidad de añadir esencia de mantequilla para enmascarar el olor y sabor característico de fréjol y harina de fréjol los cuales no eran tan agradables y aditivos adicionales que mejoren la miga del pan como mejoradores de textura se pueden omitir su uso ($p < 0,05$) en la formulación. Ese último mejoró la miga, aunque sensorialmente, el grupo de panelistas no detectó cambio notorio.

3. En las pruebas de textura y estabilidad del pan de fréjol, se pudo concluir que la sustitución de harina de trigo por harina de fréjol no extiende la vida útil del pan en cuanto a su envejecimiento, calificando dureza y deformación del pan, ya que al comparar la textura del pan de fréjol con el pan tradicional, sufrieron un endurecimiento muy similar que al llegar al tercer día presentaban características sensoriales no agradables para el consumo.

6. Agradecimientos

A la Ingeniera Grace Vásquez y a la Ingeniera Fabiola Cornejo total colaboración.

7. Referencias

[1] Reina C.; Solorzano, D. Evaluación de Perdidas Post-cosecha del Frijol (*Phaseolus Vulgaris* l). Que se comercializa en la ciudad de Neiva. Neiva, Colombia. 1998. Páginas 2-4

[2] Fernández, P.; Monar, C. Efecto de la Fertilización Química y Orgánica en Cinco Líneas promisorias de Frijol arbustivo (*Phaseolus vulgaris* L.). Guaranda - Ecuador 2008.

[3] Producción de Frijol en México. Disponible en: <http://www.plusformacion.com/Recursos/r/Produccion-Frijol-Mexico>

[4] Serrano, J.; Goñi, I. Papel del frijol (*Phaseolus vulgaris* L). En el Estado Nutricional de la Población Guatemalteca. Madrid-España, 2003

[5] Mederos, Y. Indicadores De La Calidad En El Grano De Frijol (*Phaseolus Vulgaris* L.). La Habana, Cuba, 2006.

[6] Mesas J.M; Alegre M. El Pan y su Proceso de Elaboración. Reynosa - Mexico, 2002.

[7] Banwart George J (1990). Microbiología Básica de los Alimentos. Editorial Bellaterra. Madrid-España.

[8] Stanley P. Canvian y Linda S. Young (1996). FABRICACION DEL PAN. Editorial Acribia. Zaragoza- España. Páginas: 7, 17, 21 – 49, 229 – 244, 283 – 292.

[9] Calaveras, J. Tratado de Panificación y Bollería. AMV Ediciones. Primera Edición. Madrid – España. 1996. Páginas: 53 – 55.

[10] Quaglia, G. Ciencia y Tecnología de la Panificación. Editorial Acribia S.A. Segunda Edición. Zaragoza – España. Páginas: 238-254.

[11] Sanchez, M. Procesos de Elaboración de Alimentos y Bebidas Ediciones Mundi-Prensa. Segunda Edición Corregida. Madrid, España. 2003. Páginas: 110 – 116

[12] Gallego, M. Manual De Buenas Prácticas De Fabricación En Una Industria Elaboradora De Pan, Pan Especial Y Productos De Pastelería Biológicos. Girona 2004. PAGINAS: 110 -124

[13] Association of Official Analytical Chemist (AOAC). Official Methods of Analysis. 18va Edición. 2005. Disponible en: www.eoma.aoc.org/methods/

[14] (14) Tecnología de los alimentos - Deshidratación: secado y liofilización en: www.itescam.edu.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r46891.PDF Páginas: 3 - 5, 12

[15] Institución o autor del libro. Especificador de Color PANTONE 1000/MATE. Ciudad, País. Páginas

[16] Andalzúa – Morales, Antonio. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica. Editorial Acribia S.A. Zaragoza – España. 1994. Páginas: 70 – 74, 85 – 87.

[17] Casp, Ana. José Abril. Procesos de Conservación de Alimentos. Ediciones Mundi-Prensa. Segunda Edición Corregida. Madrid, España. 2003. Páginas: 325 – 334, 340 – 347 Segunda Edición Corregida. Madrid, España. 2003. Páginas: 325 – 334, 340 – 347