

ARTÍCULO ORIGINAL**OPTIMIZACIÓN DE MEZCLAS POR ACEPTABILIDAD DE UNA GALLETA CON ADICIÓN DE HARINA DE PLÁTANO (*Musa paradisiaca*), SOYA (*Glycine max*) y cacao (*Theobroma cacao L.*)****OPTIMIZATION OF MIXTURES FOR ACCEPTABILITY OF A COOKIE WITH ADDITION OF BANANA FLOUR (*Musa paradisiaca*), SOYA (*Glycine max*) AND COCOA (*Theobroma cacao L.*)**

Nancy Nery Contreras Gutiérrez

Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.

Correo electrónico: nancy.contreras@unas.edu.pe.

Código ORCID: 0000-0002-9681-2753

Yolanda Jesús Ramírez Trujillo

Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.

Correo electrónico: yolanda.ramirez@unas.edu.pe

Código ORCID: 0000-0002-6432-4835

Luz Milagros Follegatti Romero

Universidad Nacional Agraria de la Selva. Tingo María, Perú.

Correo electrónico: luz.follegatti@unas.edu.pe

Código ORCID: 0000-0002-4288-7485

Recepción: 21 de octubre de 2018**Aceptado:** 31 de diciembre de 2018**Resumen**

El trabajo de investigación se desarrolló con el objetivo de elaborar galletas enriquecidas con alimentos ricos en micronutrientes (plátano, soya y cacao), teniendo presente el criterio más importante en la selección del nivel de incorporación de estos ingredientes y la contribución que ésta tendrá en la aceptación del producto final. Se determinó la humedad y extensibilidad de la mezcla de harinas y la evaluación sensorial de las galletas con panelistas semi entrenados mediante una escala hedónica de siete puntos. La formulación para la elaboración de las galletas fue: harina 61% (harina de trigo 46% más harina de plátano, soya y cacao, solos o en mezcla 15%), mantequilla 4%, yema de huevo 13%, azúcar 21,3% y polvo de hornear 0,7%. Se utilizó el Diseño Simplex con Centroides ampliado, diseño de mezclas de la metodología de superficie de respuesta. El análisis estadístico para la aceptabilidad general se realizó a través de un ANVA ($\alpha=0,05$) de los modelos de regresión lineal y cuadrático, para escoger el modelo más significativo y de mejor ajuste. Las mezclas de harinas presentaron humedad menor a los límites permitidos. La proporción óptima de humedad se presentó en la mezcla: plátano (0,128347%), soya (9,034672%) y cacao (5,836981%). La proporción óptima de extensibilidad se presentó en la mezcla: plátano (1,725467%), soya (2,12238%) y cacao (11,15216%). La proporción óptima para lograr la mayor aceptación sensorial de las galletas fue con 5,33% de harina de plátano, 4,32% de harina de soya y 5,33% de harina de cacao.

Palabras clave: Diseño de mezclas, superficie de respuestas, evaluación sensorial.

Abstract

The research work was developed with the aim of making biscuits enriched with foods rich in micronutrients (banana, soy and cocoa), bearing in mind the most important criterion in the selection of the level of incorporation of these ingredients and the contribution that it will have in the acceptance of the final product. The moisture and extensibility of the flour mixture and the sensory evaluation of the biscuits were determined with semi-trained panelists using a seven-point hedonic scale. The formulation for the preparation of the cookies was: flour 61% (wheat flour 46% more banana, soybean and cocoa flour, alone or in mixture 15%), butter 4%, egg yolk 13%, sugar 21,3 % and baking powder 0,7%. Simplex Design with extended Centroid was used, mixing design of the response surface methodology. The statistical analysis for general acceptability was performed through an ANVA ($\alpha = 0.05$) of the linear and quadratic regression models, to choose the most significant and best fitting model. The mixtures of flours presented lower humidity to the allowed limits. The mixtures of flours presented lower humidity to the allowed limits. The optimum moisture content was presented in the mixture: banana (0,128347%), soybean (9,034672%) and cocoa (5,836981%). The optimum proportion of extensibility was found in the mixture: banana (1,725467%), soybean (2,12238%) and cocoa (11,15216%). The optimum ratio to achieve the highest sensory acceptance of the cookies was 5,33% banana flour 4,32% soybean meal and 5,33% cocoa meal.

Key words: Mix design, response surface, sensory evaluation.

Introducción

En nuestro país existe demanda de alimentos nutritivos y agradables sobre todo en la población infantil ya que según el UNICEF (1) el 25,4% de la población infantil menores de 5 años sufren desnutrición crónica, además la gran mayoría sólo consume más calorías que alimentos ricos en micronutrientes lo cual es causante de muchos casos de anemia. Con la finalidad de reducir estas situaciones de desnutrición se planteó la elaboración de galletas enriquecidas con alimentos ricos en micronutrientes como es el plátano, soya y cacao que cuenten con una demanda aceptable, teniendo presente el criterio más importante en la selección del nivel de incorporación de estos ingredientes y la contribución que ésta tendrá en la aceptación del producto final así como su valor nutricional, permitiendo de esta manera contar con una nueva fuente alimentaria que favorecerá sobre todo a la población infantil.

Materiales y métodos

Materia prima

Las harinas de plátano y de soya fueron obtenidas del mercado de abastos de la ciudad de Tingo María y el cacao de la Cooperativa Agroindustrial Naranjillo.

Métodos de análisis

Determinación de la humedad

La humedad de la galleta se determinó por el método de estufa hasta peso constante (2).

Determinación de la extensibilidad lineal (E.L.)

La Extensibilidad Lineal de la masa galletera mezclada y moldeada fue evaluada usando el método de círculos concéntricos que es aplicada en geles de almidón (3, 4) reportando el promedio de la distancia abarcada, luego de 1 min de reposo de la muestra.

Evaluación sensorial

La evaluación sensorial se realizó con 30 panelistas no entrenados (consumidores habituales de galletas) quienes evaluaron la aceptabilidad general de cada uno de los tratamientos mediante una escala hedónica de siete puntos (1 - "me disgusta mucho" a 7 "me gusta mucho"), esta escala es más fácil de comprender por los consumidores.

Metodología experimental

Formulación base para la elaboración de galletas

La formulación para la elaboración de las galletas fue en los siguientes porcentajes: harina 61% (harina de trigo 46 % más harina de plátano, soya y cacao, solos o en mezcla 15 %), mantequilla 4 %, yema de huevo 13%, azúcar 21,3% y polvo de hornear 0,7%.

Análisis estadístico

Se utilizó el Diseño Simplex con Centroide ampliado que corresponde a un diseño de mezclas de la metodología de superficie de respuesta. El diseño consiste en un triángulo que representa todo el universo de posibilidades de mezcla de los tres componentes a evaluarse (harinas de plátano, soya y cacao).

El análisis estadístico para evaluar la aceptabilidad general se realizó usando un programa estadístico, análisis de varianza ($S^2=0,05$) de los modelos de regresión lineal, cuadrático y cubico, para escoger el modelo más significativo y de mejor ajuste con el cual se construye la superficie de respuesta.

Resultados y discusión

Porcentaje de humedad de la mezcla de harinas

En la Figura 1 se presenta la superficie de respuesta de contorno para porcentaje de humedad de la mezcla de harinas en modelo lineal.

Según la Figura 1, a medida que se incrementa la concentración de harina de plátano la mezcla aumenta su porcentaje de humedad, pero si se incrementa cacao en la mezcla, se logra la disminución de la humedad, sin embargo, este modelo de regresión lineal sólo explica en un 55% la dependencia de la humedad de las concentraciones de las harinas de plátano, soya y cacao, por lo tanto, en modelo lineal no es el adecuado para esta investigación.

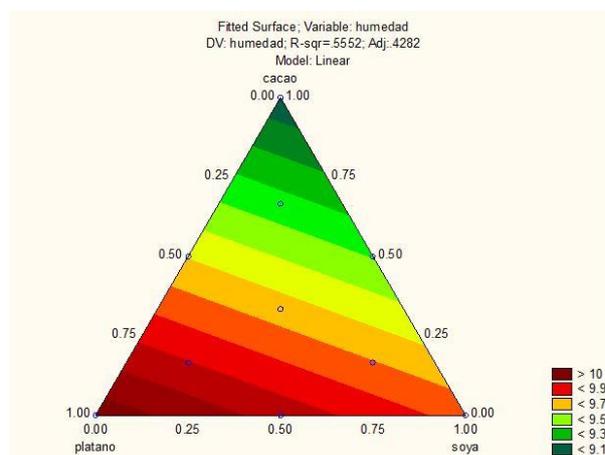


Figura 1. Superficie de respuesta de contorno para porcentaje de humedad de la mezcla de harinas (modelo lineal)

En la Figura 2 se presenta el Gráfico de Trazas del contenido de humedad según modelo lineal.

Según el gráfico de trazas en el modelo lineal se puede notar claramente que a medida que se incrementa la concentración de harina de plátano en la mezcla, se incrementa la humedad de la misma, pero ocurre lo contrario con la harina de cacao así se observa que a medida que se incrementa la cantidad de harina de cacao, se disminuye la

humedad, así mismo se puede observar que la harina de soya no influye significativamente en la humedad de la mezcla; por otro lado se puede argumentar que la humedad total de la mezcla se encuentra dentro de los rangos establecidos por las normas COVENIN, ya que según esta norma el porcentaje de humedad en las harinas no debe superar el 13,5%.

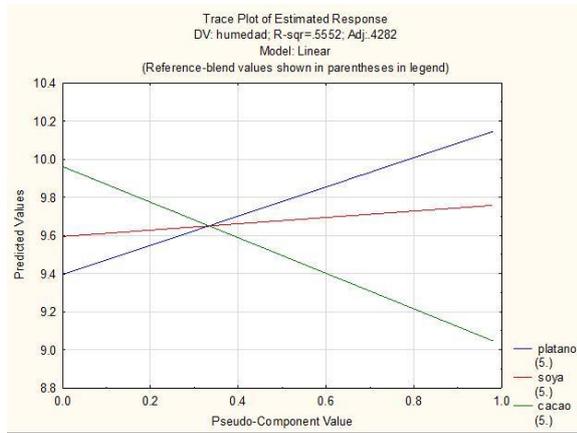


Figura 2. Gráfico de trazas para porcentaje de humedad (modelo lineal).

En la Figura 3 se presenta la superficie de respuesta para la humedad de las mezclas.

Si se analiza el modelo cuadrático, se puede apreciar que tiene un r-cuadrado de 0,762, por lo tanto, este modelo explica mejor la proporción de variación del porcentaje de humedad de la mezcla conforme se va agregando las diferentes harinas a la mezcla, según este gráfico, a medida que se incrementa la cantidad de harina de plátano a la mezcla, se observa incremento en la humedad, por lo contrario un incremento en la concentración de harina de cacao se observa menor humedad llegando a un porcentaje menor como es el 8,9%.

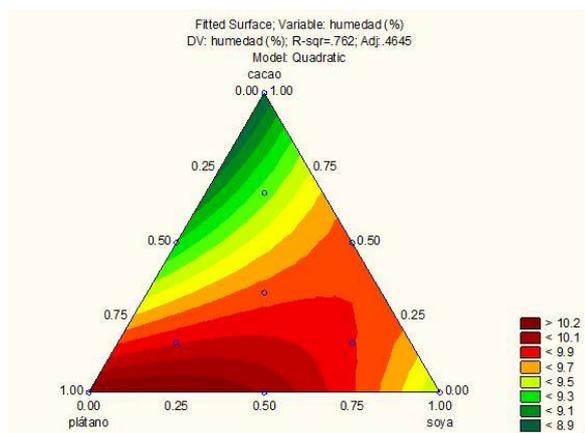


Figura 3. Superficie de respuesta de contorno para porcentaje de humedad de la mezcla de harinas (modelo cuadrático).

En la Figura 4 se presenta el gráfico de trazas para el contenido de humedad en modelo cuadrático.

Según el gráfico de trazas en el modelo cuadrático, a medida que se incrementa la concentración de harina de plátano se incrementa secuencialmente la humedad, por el contrario, si se incrementa harina de soya, la humedad se incrementa hasta un 9,9% aproximadamente, pero si se continúa incrementando más harina de soya, la humedad decrece constantemente, lo contrario ocurre con la harina de cacao, si se incrementa esta harina, la humedad disminuye constantemente.

En la Figura 5 se presenta el diagrama de Pareto para la humedad según el modelo cuadrático.

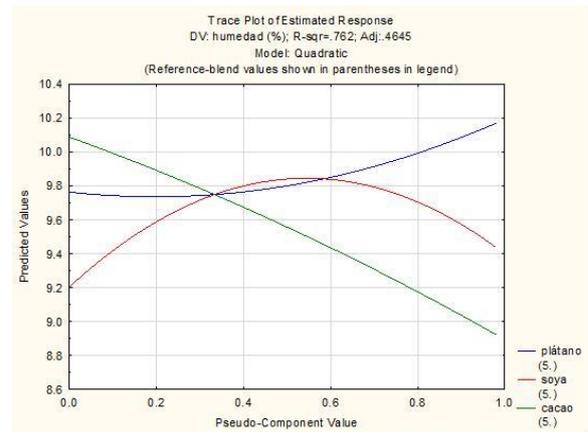


Figura 4. Gráfico de trazas para porcentaje de humedad (modelo cuadrático)

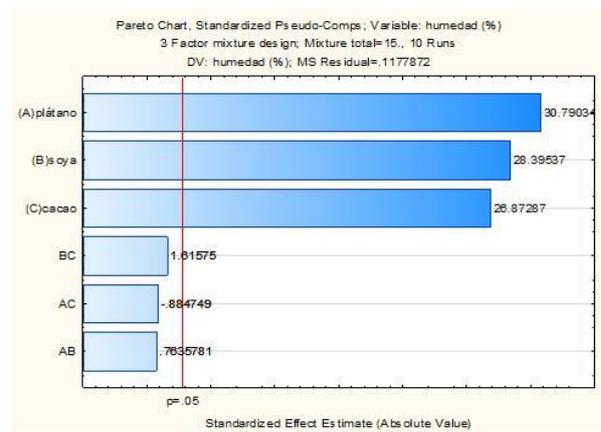


Figura 5. Diagrama de Pareto para porcentaje de humedad (modelo cuadrático)

Según el diagrama de Pareto se puede apreciar que la harina de plátano es la que influye significativamente sobre la humedad de la mezcla incrementándola, mientras que una mezcla de harina de plátano y cacao disminuye significativamente la humedad de la mezcla.

Cuadro 1. ANOVA para porcentaje de humedad de la mezcla de las harinas

Fuente	SC	GI	CM	F	P
Modelo	1,508319	5	0,301664	2,561090	0,191584
Total	0,471149	4	0,117787		
Error					
Total Ajustado	1,979468	9	0,219941		

Considerando el Cuadro 1, como $F_c < F_t$ ($2,56109014 < 6,256$), a un nivel de significancia del 5%, los indicadores de la variable explicativa concentración de harina de plátano, soya y cacao en conjunto, no influyen de manera significativa sobre la variable explicada porcentaje de humedad en la mezcla de harinas para la preparación de las galletas, así mismo la prueba p ($P \geq 0,05$) indica que se trata de una segura convicción de que la concentración de las harinas de plátano, soya y cacao no influyen significativamente en la humedad de la mezcla.

Cuadro 2. Predicción para el menor porcentaje de humedad de la mezcla

Factor	Mínimo Observado	Valor crítico	Máximo observado
Plátano	0,00	0,128347	15,00000
Soya	0,00	9,034672	15,00000
Cacao	0,00	5,836981	15,00000

Según el Cuadro 2, un porcentaje de 9% de harina de soya; 5,8% de harina de cacao y 0,13% de harina de plátano sería lo ideal en la mezcla para obtener una harina con el menor porcentaje de humedad para la elaboración de las galletas.

Extensibilidad de la masa galletera

En la Figura 6 se presenta la Superficie de respuesta de contorno para la extensibilidad de la masa según el modelo lineal.

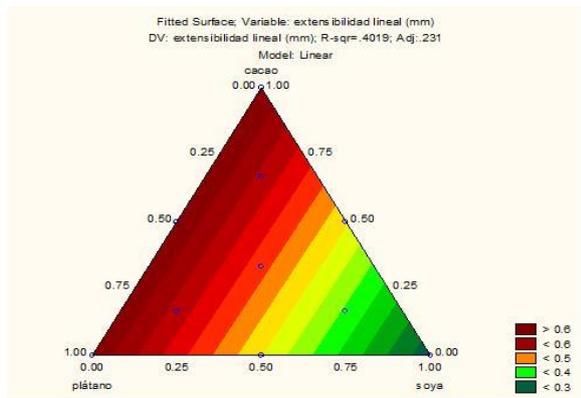


Figura 6. Superficie de respuesta de contorno para extensibilidad de la masa (modelo lineal)

Según el gráfico de contorno se observa que una mezcla de harina de plátano y cacao forman una masa con la mayor extensibilidad, por el contrario, la harina de soya sólo produce una masa con una extensibilidad menor, sin embargo, este modelo lineal sólo explica en un 40% éste comportamiento por lo tanto este modelo no resulta el adecuado para nuestro experimento.

En la Figura 7, se presenta la superficie de respuesta de contorno para extensibilidad de la masa según el modelo cuadrático.

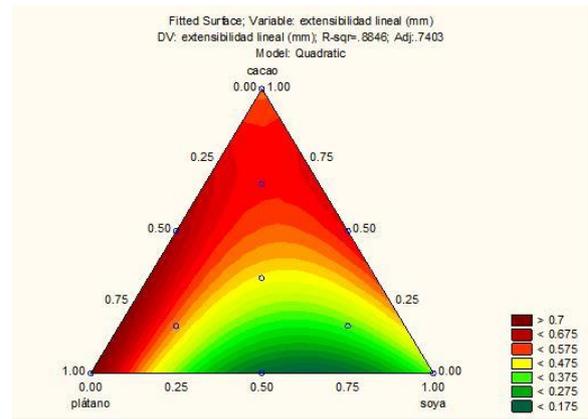


Figura 7. Superficie de respuesta de contorno para extensibilidad de la masa (modelo cuadrático)

Si se analiza el modelo cuadrático, se puede apreciar que se tiene un r-cuadrado de 0,884, por lo tanto, este modelo manifiesta mejor la proporción de variación de la extensibilidad lineal de la harina galletera según los tratamientos, así se puede explicar que, la mezcla de un 10% de harina de plátano y un 5% de harina de cacao otorgan a la masa galletera una mayor extensibilidad, por el contrario, la mezcla de un 7,5 de harina de plátano y un 7,5% de harina de soya otorgan a la masa galletera una menor extensibilidad.

CABEZA (2009) señala que una de las características más importantes que ha de tener una harina galletera, es ser muy extensible para procesos sin fermentación. Este parámetro se puede medir en laboratorios e industrias con equipos especiales, sin embargo, en situaciones prácticas se propone utilizar una metodología usual en geles (extensibilidad lineal), como un referente ligado a la textura, que debe ser medido, ya que al reemplazar harina de trigo por otras harinas se puede obtener galletas con mejor textura (BELLO *et al.*, 2000).

En la Figura 8 se presenta el gráfico de trazas para extensibilidad lineal de la masa según el modelo cuadrático.

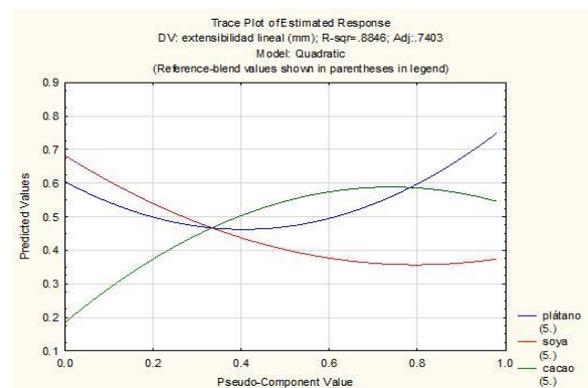


Figura 8. Gráfico de trazas para extensibilidad lineal de la masa (modelo cuadrático)

Según el gráfico de trazas, el comportamiento de la extensibilidad de la masa galletera según la adición de las harinas por separado, así tenemos que, la adición de harina de cacao a la mezcla incrementa su extensibilidad, por el contrario si se incrementa la concentración de harina de soya, entonces la extensibilidad de la masa galletera disminuye considerablemente, si se incrementa harina de plátano hasta un 3%, la extensibilidad de la mezcla disminuye pero si se sigue incrementando mayor concentración de harina de plátano se observa un incremento constante de la extensibilidad de la masa galletera.

En la Figura 9 se presenta el Diagrama de Pareto para extensibilidad lineal de la masa según el modelo cuadrático.

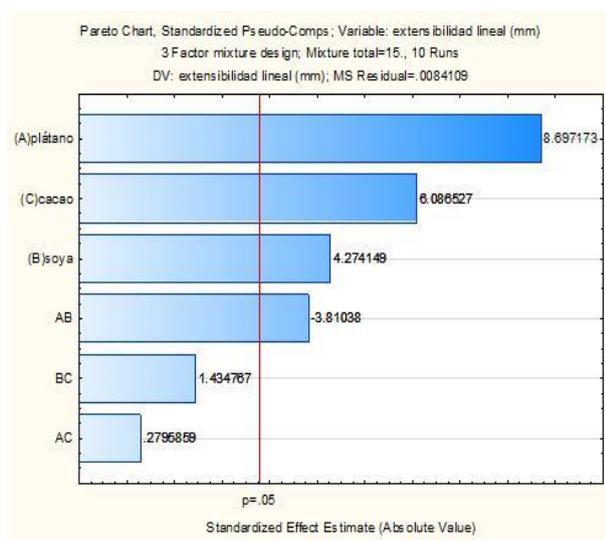


Figura 9. Diagrama de Pareto para extensibilidad lineal de la masa (modelo cuadrático)

Según el diagrama de Pareto, la harina de plátano es la que otorga mayor extensibilidad a la masa galletera, por el contrario, una mezcla de harina de plátano con harina de cacao proporciona a la masa galletera la menor extensibilidad.

En el Cuadro 3 se presenta el ANOVA para extensibilidad lineal de la masa.

Cuadro 3. ANOVA para extensibilidad lineal de la masa.

Fuente	SC	GL	CM	F	P
Modelo	0,257878	5	0,051576	6,132020	0,051692
Total Error	0,033643	4	0,008411		
Total Ajustado	0,291521	9	0,032391		

Considerando el Cuadro 3 se puede afirmar que $F_c < F_t$ ($6,132020 < 6,256$), a un nivel de significancia del 5%, los indicadores de la variable explicativa concentración de harina de plátano, soya y cacao en conjunto, no influyen de manera significativa sobre la variable explicada extensibilidad de la masa galletera, así mismo la prueba p ($P \geq 0,05$)

indica que se trata de una segura convicción de que la concentración de las harinas de plátano, soya y cacao no influyen significativamente en la extensibilidad de la masa galletera.

Cuadro 4. Predicción para la mayor extensibilidad de la masa

Factor	Mínimo Observado	Valores críticos	Máximo Observado
Plátano	0,00	1,72546	15,00000
Soya	0,00	2,12238	15,00000
Cacao	0,00	11,15216	15,00000

Según el Cuadro 4, un porcentaje de 2,12% de harina de soya, 11,15% de harina de cacao y 1,73% de harina de plátano sería lo ideal en la mezcla para obtener una masa con la mayor extensibilidad para la elaboración de las galletas.

Aceptabilidad general

En la Figura 11 se presenta la superficie de respuesta de contorno para aceptabilidad general de las galletas.

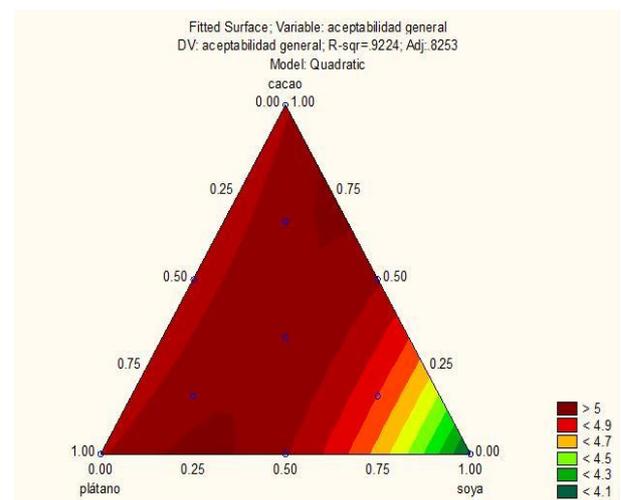


Figura 10. Superficie de respuesta de contorno para aceptabilidad general de las galletas

Según la Figura 10, el modelo permite predecir adecuadamente la respuesta en este tipo de experimento, por que explica en un 92% la dependencia de la aceptabilidad general de las galletas con las proporciones de las harinas de plátano, soya y cacao, así se puede explicar que, un incremento en la proporción de harina de plátano (>5) y cacao ($>4,9$) presentan un comportamiento positivo muy valioso en la aceptación general sensorial de las galletas, mientras que el contenido de soya proporciona los menores valores de aceptación.

En la Figura 11 se presenta gráfico de trazas para aceptabilidad general de las galletas.

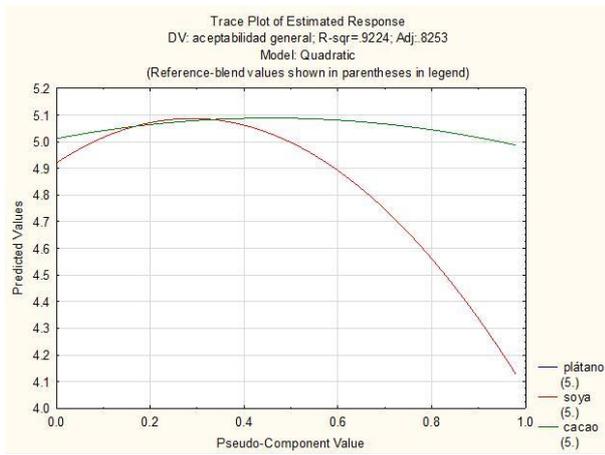


Figura 11. Gráfico de trazas para aceptabilidad general de las galletas

En la Figura 11 se puede apreciar el efecto por separado de las proporciones de las harinas sobre la aceptabilidad general sensorial de las galletas, así tenemos que un incremento en la proporción de harina de soya por sí sola produce efectos negativo notorios sobre la aceptabilidad general de la galleta.

En la Figura 12 se presenta el Diagrama de Pareto para aceptabilidad general de las galletas según el modelo cuadrático.

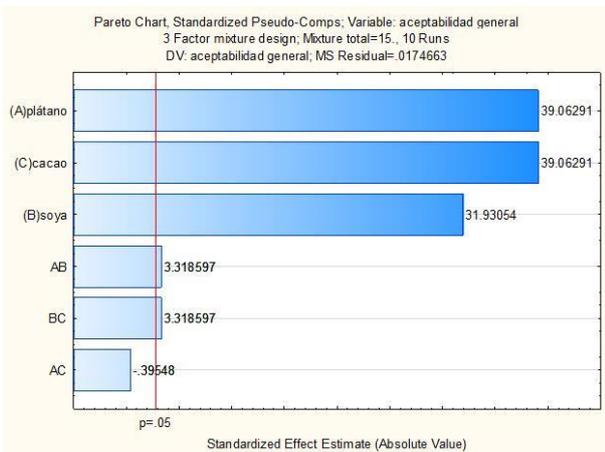


Figura 12. Diagrama de Pareto para aceptabilidad general de las galletas (modelo cuadrático)

Observando la Figura 13 se puede expresar que la harina de plátano y cacao son las que provee mayor aceptación sensorial de las galletas.

En el Cuadro 5 se presenta el ANOVA para aceptabilidad general de las galletas.

Cuadro 5. ANOVA para aceptabilidad general de las galletas

Fuente	SC	GL	CM	F	P
Modelo	0,830135	5	0,166027	9,505542	0,024348
Total Error	0,069865	4	0,017466		
Total Ajustado	0,900000	9	0,100000		

Del Cuadro 5, se puede afirmar que, como $F_c > F_t$ ($9,505 > 6,25$), a un nivel de significancia del 5%, los indicadores de la variable explicativa proporción de harina de plátano, soya y cacao en conjunto, influyen de manera significativa sobre la variable explicada aceptabilidad general de las galletas, así mismo la prueba p ($P \leq 0.05$) nos afirma que la concentración de las harinas de plátano, soya y cacao intervienen significativamente en la aceptabilidad general de las galletas.

En el Cuadro 6 se presenta la predicción para aceptabilidad general de las galletas.

Cuadro 6. Predicción para aceptabilidad general de las galletas

Factor	Mínimo observado	Valores críticos	Máximo observado
Plátano	0,00	5,339623	15,00000
Soya	0,00	4,320755	15,00000
Cacao	0,00	5,339623	15,00000

Según el Cuadro 6 se puede predecir que las proporciones óptimas para elaborar las galletas que tengan la mayor aceptación sensorial, son 5,33% de harina de plátano, un 4,32% de harina de soya y un 5,33% de harina de cacao.

Conclusiones

- Todas las mezclas de harinas en estudio, se encuentran con humedad menor a los límites permitidos por las normas estos valores favorecen a la conservación de estas harinas desde el punto de vista microbiológico
- La proporción óptima de humedad se presentó en la mezcla conformada por plátano (0,128347%), soya (9,034672%) y cacao (5,836981%).
- La proporción óptima de extensibilidad se presentó en la mezcla conformada por plátano (1,725467%), soya (2,12238%) y cacao (11,15216%).

1. La proporción óptima para lograr la mayor aceptación sensorial de las galletas fue con 5,33% de harina de plátano, 4,32% de harina de soya y 5,33% de harina de cacao.

Referencias bibliográficas

1. UNICEF. El Estado de la Niñez en el Perú. Fondo de la Naciones Unidas para la Infancia; 2004.
2. AOAC. Official methods of analysis of international. 16 ed. Vol. II. 1995.
3. Barraza G, Rojas C. Manual de laboratorio de Análisis y Composición de los Productos Agroindustriales. Universidad Nacional de Trujillo; 2012.

4. UNEY. Factores que afectan la gelatinización y gelificación de almidones - Practicas integrales II. Universidad Nacional Experimental del Yaracuy - UNEY. 2007.
5. Arévalo C, Catucuamba H. Mejoramiento de la calidad de las galletas de harina de trigo mediante la adición de harina de haba (*Vicia faba* L.) y de panela como edulcorante. [Tesis para obtención del título de Ingeniero Agroindustrial]. Ecuador: Universidad Técnica del Norte; 2007.
6. Benítez B, Archile A, Rangel L, Ferrer K, Barboza Y, Márquez E. Composición proximal, evaluación microbiológica y sensorial de una galleta formulada a base de harina de yuca y plasma de bovino. Revista Interciencia. 2008; 33(1).
7. Cabeza S. Funcionalidad de las materias primas en la elaboración de galletas. [Tesis para obtener el grado de master en seguridad y biotecnología alimentaria]. España: Universidad de Burgos; 2009.
8. CODEX STAN. Norma para productos proteicos de soya. 1989.
9. FAO/WHO. Protein quality evaluation: Report of joint FAO/WHO expert consultation, Food and Nutrition Paper 51. 1991.
10. Jiménez A. Valor nutritivo de la soya. Revista Investigación y Ciencia: Universidad Autónoma de Aguascalientes. 2006; 36: 29-34.
11. Morillo M. Alternativas de Industrialización de Cacao (*Theobroma cacao* L.) Nacional Finoo de Aroma en el Cantón Pangua Provincia De Cotopaxi. [Tesis para la obtención del Título de Ingeniero en Industrialización de Alimentos]. Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial. Facultad De Ciencias de la Ingeniería. 2005.
12. Ortega K, Hernández D, Acosta H. Desarrollo y caracterización de un producto libre de gluten a base de harinas de maíz, arroz y quinua. Revista de la Asociación Colombiana de Ciencia y Tecnología de alimentos; 2013. p. 22: 29.
13. US FDA. Food labeling: Health claims, soy protein and coronary heart disease. Food Reg. 1999; 64: 57700-57733.