



El Método de Superficie de Respuesta y el Modelamiento Difuso en el desarrollo de una galleta con semillas de chía (*Salvia Hispanica L.*)

Response Surface Method and Fuzzy Modelling in the development of cookies with chia seed (*Salvia hispanica L.*)

Victor Aredo*, Lía Velásquez, Obando Narro, Romero Domínguez

Escuela de Ingeniería Agroindustrial, Facultad de Ciencias Agropecuarias (Universidad Nacional de Trujillo) Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo Perú

Recibido 5 abril 2014; Aceptado 28 junio 2014

RESUMEN

Este trabajo tuvo como objetivo desarrollar una galleta con semillas de chía (*Salvia Hispanica L.*) evaluando el efecto de la sustitución de harina de trigo por las semillas (3.5 – 10%) y de la temperatura de horneado (130 – 170 °C) sobre las características sensoriales (sabor y textura), por medio de la metodología de superficie de respuesta y modelamiento difuso de la aceptabilidad sensorial (intersección difusa del sabor y textura). Un diseño compuesto central rotacional (DCCR) de dos variables independientes fue utilizado; obteniendo modelos significativos ($p < 0.05$ y $R^2 > 0.85$) que definieron el comportamiento del sabor, textura, y aceptabilidad sensorial (previo modelamiento difuso por 25 reglas de pertenencia), observando que una menor sustitución con semillas de chía y una menor temperatura de horneado permiten maximizar las características sensoriales. Las zonas óptimas por intersección de superficies de respuesta (3 – 3.6% chía y 125 - 130°C) y por superficie de respuesta previo modelamiento difuso (aceptabilidad sensorial) (3 – 3.7% chía y 125 - 133°C) fueron similares, con lo cual se establece un antecedente de aplicación del modelamiento sensorial difuso en galletas.

Palabras clave: Chía, galleta, superficie de respuesta, lógica difusa, evaluación sensorial.

ABSTRACT

The aim of this work was develop a cookie whit chia seed (*Salvia Hispanica L.*), evaluating the the effect of substitution of wheat flour for seeds (3.5 - 10%) and baking temperature (130 - 170° C) on sensory characteristics (flavour and texture), through response surface methodology and fuzzy modelling of the sensory acceptability (fuzzy intersection of flavour and texture).

A Central Composite Rotatable Design (CCRD) of two independent variables was used, obtaining significant models ($p < 0.05$ y $R^2 > 0.85$), which defined the behaviour of flavor, texture and sensory acceptability (fuzzy modeling by 25 membership rules), finding that a low substitution with chia seeds and a low baking temperature allow maximize sensory characteristics (flavour and texture).

The optimal areas for intersection of response surface and for response surface previous fuzzy modelling (sensory acceptance) were similar, for this, this work is a antecedent of the application of sensory fuzzy modelling in cookies.

Keywords: Chia, cookie, response surface, fuzzy logic, sensory evaluation.

1. Introducción

La chía (*Salvia hispanica L.*) planta herbácea de la familia de las lamiáceas y autóctona de Mesoamérica (Ayerza y

Coates, 2006). Tiene en sus pequeñas y coloridas semillas (de 1,5 a 2,0 mm de longitud, color pardo grisáceo con manchas irregulares) (Capitani *et al*,

* Autor para correspondencia
Email: vj.aredo@gmail.com (V. Aredo).

2013): un 33% de aceite con un 82,3% de ácidos grasos esenciales (ácidos α -linolénico y linoleico) (Ayerza, 1995); entre un 19 - 23% de proteínas con un adecuado perfil de aminoácidos esenciales y mayor proporción de lisina, metionina y cistina que en otras semillas oleaginosas (Ayerza y Coates, 2006; Capitani *et al.*, 2013); un contenido elevado de fibra (18-30%); vitamina A y vitaminas del complejo B (Niacina, tiamina y ácido fólico); y minerales: calcio, fósforo, magnesio, potasio, hierro, zinc y cobre (Ayerza y Coates, 2006). Sus principales antioxidantes son el ácido clorogénico y el ácido cafeico y también contiene miricetina, quercetina y kaempferol.

Por su composición, las semillas de chía tienen un significativo potencial dentro de la industria alimentaria para el desarrollo de nuevos productos con propiedades nutraceuticas (Inglett *et al.*, 2014.; Constantini *et al.*, 2014.; Moreira *et al.*, 2013.; Garda *et al.*, 2012.; Capitani *et al.*, 2012.), siendo más ventajosa que otras fuentes de ácidos grasos insaturados que exhiben una descomposición rápida por ausencia de antioxidantes adecuados (Ayerza y Coates, 2006; Korhonen, 2009). En la elección de qué tipo de producto alimentario desarrollar, García y Pacheco (2007) y Maldonado y Pacheco (2000), recomiendan desarrollar galletas, debido a que son demandadas por personas de todas las edades y pueden ser consumidos en cualquier situación.

Los productos alimenticios comerciales deben cumplir satisfactoriamente con una serie de características que definen su calidad, y están generalmente relacionadas a aspectos sensoriales, físicos, nutricionales y microbiológicos (Ávila-de Hernández y González-Torrivilla, 2011; Moiraghi *et al.*, 2005). Sin embargo, es adecuado enfocarse en cumplir las características sensoriales,

debido a que el consumidor usa información sensorial para definir la calidad del producto y establecer su preferencia, quedando supuesto en el juicio del consumidor, el cumplimiento de la mayoría de las demás características.

En la evaluación sensorial de productos alimenticios, se han dado esfuerzos para que la información obtenida por los órganos sensoriales sea precisa y cuantitativa, surgiendo un enfoque de aplicación de la lógica difusa que ha tenido experiencias exitosas (Vásquez-Villalobos *et al.*, 2014; Cavalcanti *et al.*, 2013; Mukhopadhyay *et al.*, 2013; Mohammadi *et al.*, 2011; Espinilla *et al.* 2008). En este tipo de análisis se diseña un sistema difuso que consta de un fuzificador (que calcula el grado de membresía de un valor de entrada a un conjunto difuso), una base de conocimiento (reglas de base “si-entonces”), un motor de inferencia y un defuzificador (Vásquez-Villalobos *et al.*, 2014; Ínan *et al.*, 2011). Con lo cual se generan valores exactos que pueden ser analizados e interpretados de manera más confiable.

Vásquez-Villalobos *et al.* (2014) modeló por lógica difusa la aceptabilidad sensorial (AS) de corazones de alcachofa marinadas en conserva, intersectando los resultados de la evaluación por panelistas de dos características sensoriales (el sabor del producto y la turbidez del líquido de gobierno). En el caso de galletas, Cutullé *et al.* (2012) consideran que el sabor y la textura son las características sensoriales más importantes del producto, ya que el consumidor las considera inmediatamente para definir su preferencia y su buena calidad. Es por ello, que las características sensoriales que modelarán con lógica difusa la AS, dependen de la naturaleza del producto y de la percepción del consumidor.

La metodología de superficie de respuesta (MSR) es habitualmente usada en el desarrollo de productos para optimizar información sensorial (López *et al.*, 2012; Chau *et al.*, 2013.; Cárdenas *et al.*, 2013.; Alva *et al.*, 2013); cuando son 2 o más características sensoriales, las gráficas de contorno por MSR son superpuestas para encontrar una zona óptima común (Ricce *et al.*, 2013; Álvarez y Sumire, 2011).

Esta investigación tuvo como objetivo desarrollar una galleta con semillas de chía, optimizando el efecto del porcentaje de chía y temperatura de horneado en las características sensoriales (sabor y textura) mediante la metodología de superficie de respuesta y modelamiento difuso.

2. Materiales y métodos

Elaboración de la galleta

Las galletas tuvieron la siguiente formulación: harina de trigo (50 - 56.5%), semillas de chía (3.5-10%), mantequilla (5%), panela (21%), yemas de huevo (13%), polvo de hornear (1%).

Los ingredientes y aditivos fueron mezclados hasta formar una masa homogénea, la cual fue moldeada y luego horneada (horno Nova Max 1000), durante 15 minutos a temperatura establecida en el experimento. Posteriormente, fueron enfriadas a temperatura ambiente y envasadas en bolsas laminadas.

Esquema experimental

El procedimiento seguido en este trabajo está representado en la Figura 1. El porcentaje de chía y la temperatura de horneado son las variables que afectaron las características del producto: sabor (s) y textura (t), y fueron evaluadas mediante superficies de respuestas; a su vez la aceptabilidad sensorial fue modelada mediante intersección de la información sensorial (s y t) por lógica difusa, resultados que fueron evaluados en una superficie de respuesta.

Finalmente, las zonas óptimas por superposición de gráficas y por modelamiento difuso fueron comparadas con la finalidad de establecer la fiabilidad del modelamiento sensorial difuso.

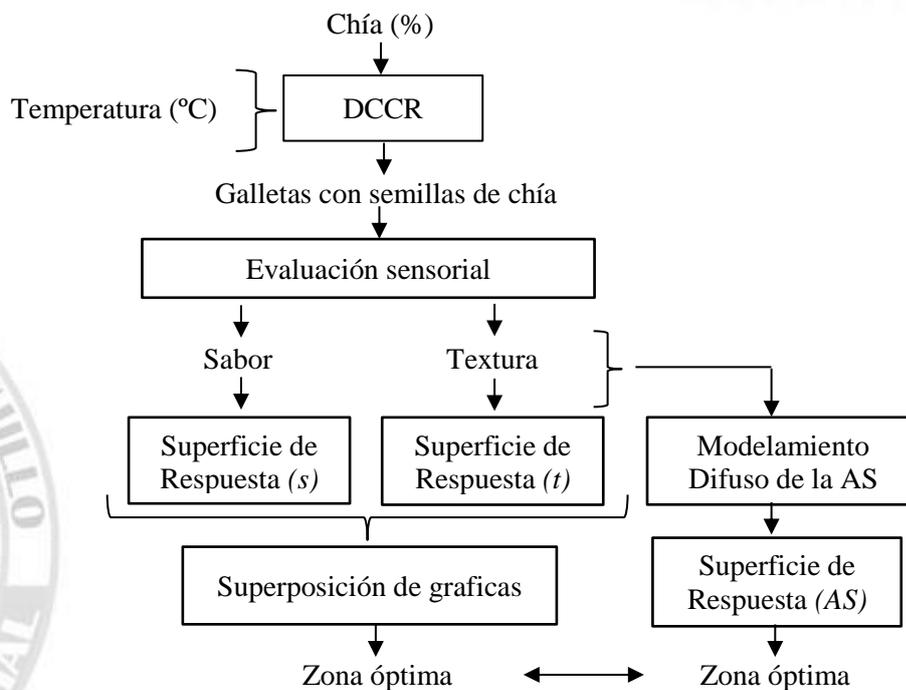


Figura 1. Principales pasos del procedimiento experimental.

Evaluación sensorial

Las características sensoriales (sabor y textura) fueron evaluadas por 30 panelistas no entrenados consumidores habituales de galletas, mediante escalas no estructuradas (ENE). En la ENE, el panelista expresa la intensidad del atributo percibido asignando un valor puntual y no un rango de valoración (Grandés, 2008; Vásquez-Villalobos *et al.*, 2014). De este modo fueron: en cuanto al sabor, en una escala de "me desagrada" a "me agrada" (0 a 10), y en cuanto a la textura, en una escala de "suave" a "crocante" (0 a 10).

Superficie de respuesta

Para optimizar las variables: sustitución con semillas de chía (3,5 a 10%) y temperatura de horneado (130 – 170 °C); evaluando el sabor y textura de las galletas, se aplicó la metodología de Superficie de Respuesta, con un Diseño Compuesto Central Rotable (DCCR) de segundo orden factorial completo 2^2 , más 4 puntos axiales y 3 repeticiones del punto central, totalizando 11 tratamientos.

El diseño fue evaluado mediante un análisis de varianza ($R^2 > 0.85$ y $p < 0.05$) por medio del software Statistica (versión 7.0, Statsoft), obteniendo un modelo matemático polinomial de

segundo orden mediante un análisis de regresión de los factores de sustitución de chía y tiempo de horneado.

Modelamiento difuso

La aceptabilidad sensorial (AS) fue modelada en base a los resultados de la evaluación sensorial (sabor y la textura) empleando la interface gráfica Fuzzy Logic Toolbox del software Matlab (versión 2010, MathWorks), utilizando la operación difusa de intersección (AND), y el método Mandani para la defuzificación de la AS mediante 25 reglas lingüísticas (representadas en la Figura 2). Las funciones de pertenencia fueron triangulares, para el sabor, la textura y la aceptabilidad sensorial, con un universo de discurso de 0 a 10 (divididos en 5 conjuntos: (0, 0, 2.5), (0, 2.5, 5), (2.5, 5, 7.5), (5, 7.5, 10) y (7.5, 10, 10), para cada variable), los nombres de los conjuntos para para el "sabor" fueron: desagradable, poco desagradable, no agradable/ no desagradable, poco agradable y agradable; para la "textura" fueron: suave, casi suave, suave/crocante, casi crocante y crocante; y para la aceptabilidad sensorial fueron: muy baja, baja, media, alta, muy alta.

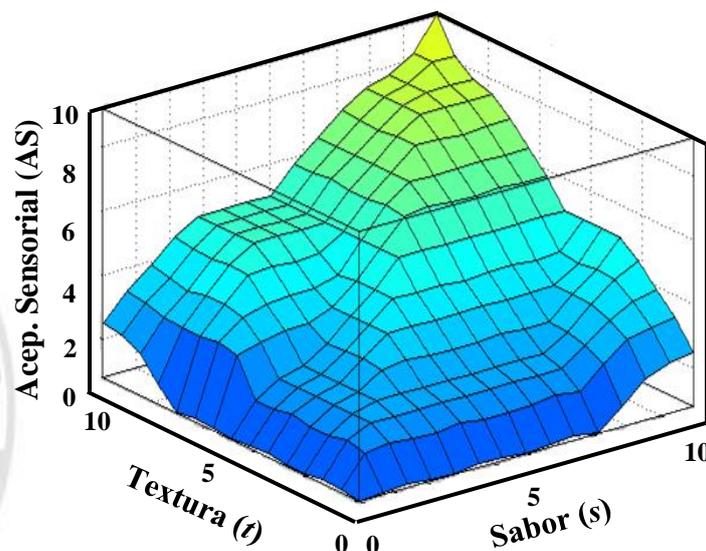


Figura 2. Superficie de respuesta de la Aceptabilidad Sensorial (AS) por intersección difusa de sabor (s) y textura (t).

3. Resultados y discusión

Evaluación sensorial y aceptabilidad sensorial por modelamiento difuso

En la Tabla 1, se observa que solo el tratamiento 1 supera simultáneamente el valor de 7,5 en el sabor, textura y aceptabilidad sensorial; de acuerdo a la concepción en el modelamiento difuso propuesto y de la escala no estructurada para la evaluación sensorial, se puede considerar como el tratamiento con características sensoriales ideales. Es seguido por el tratamiento 7 con valores cercanos a 7,5.

Por las condiciones en ambos tratamientos se puede notar que una baja sustitución y una temperatura baja de horneado permiten las mejores características. Lo mencionado se puede explicar mediante el trabajo de Maldonado y Pacheco (2000) quienes desarrollaron una galleta elaborada con adición de harina de plátano y observaron que la actividad de agua, textura, sabor, humedad, pH, acidez y apariencia son influenciados por la combinación de ingredientes y factores de procesamiento.

Tabla 1. Resultados de los tratamientos para el desarrollo de la galleta con semillas de chía

Trat.	Variables independientes				Variables dependientes		
	Valor codificado		Valor real		Valor Respuesta		Valor modelado
	% Chía	Temperatura	% Chía	Temperatura	Sabor	Textura	Acep. sensorial
1	-1	-1	4,5	135,9	7,9	8	7,5
2	-1	1	4,5	164,1	3,7	4,4	3,7
3	1	-1	9	135,9	6,5	6,1	6,1
4	1	1	9	164,1	3,9	4,4	3,9
5	-1,4142	0	3,5	150	6,6	6,7	6,5
6	1,4142	0	10	150	6,2	5,8	6
7	0	-1,4142	6,8	130	7,6	7,3	7,2
8	0	1,4142	6,8	170	3,3	4,5	3,4
9	0	0	6,8	150	5,7	6,5	5,9
10	0	0	6,8	150	6,4	6,8	6,4
11	0	0	6,8	150	6,7	6,8	6,6

Superficies de respuesta y análisis estadístico

En la optimización por superficie de respuesta fueron evaluados los coeficientes de regresión. En la Tabla 2, se observa que la mayoría de los coeficientes no tienen efecto significativo ($p > 0.05$) sobre las variables respuesta, por esta razón fueron probados una serie de modelos para definir los que generan menor error residual. Es así que en las variables respuesta fueron considerados todos los coeficientes de regresión (intercepto, formas lineales y cuadráticas e interacción de las variables independientes).

Obteniendo los siguientes modelos:

$$\text{Sabor} = -21,1983 - 1,9020 \cdot \text{Chía} - 0,0070 \cdot \text{Chía}^2 + 0,5704 \cdot \text{Temp.} - 0,0026 \cdot \text{Temp.}^2 + 0,0127 \cdot \text{Chía} \cdot \text{Temp.}$$

$$R^2 = 0,9583 \quad p = 0,0018 \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\text{Textura} = -22,3752 - 1,6282 \cdot \text{Chía} - 0,0599 \cdot \text{Chía}^2 + 0,5511 \cdot \text{Temp.} - 0,0025 \cdot \text{Temp.}^2 + 0,0151 \cdot \text{Chía} \cdot \text{Temp.}$$

$$R^2 = 0,9597 \quad p = 0,0017 \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\text{Aceptabilidad sensorial} = -34,1021 - 1,6484 \cdot \text{Chía} - 0,0242 \cdot \text{Chía}^2 + 0,7200 \cdot \text{Temp.} - 0,0030 \cdot \text{Temp.}^2 + 0,0124 \cdot \text{Chía} \cdot \text{Temp.}$$

$$R^2 = 0,9590 \quad p = 0,0018 \quad (\text{Ec. 3})$$

Tabla 2. Coeficientes de regresión para la característica sensorial: SABOR y textura en galletas de chía (*Salvia Hispanica L.*)

Factor	Sabor		Textura		Aceptabilidad sensorial	
	Coef. de Regresión	p	Coef. de Regresión	P	Coef. de Regresión	P
Mean/Interc.	-21,1983	0,3996	-22,3752	0,2635	-34,1021	0,1661
(1)%Chia(L)	-1,9020	0,1662	-1,6282	0,1322	-1,6484	0,1851
%Chia(Q)	-0,0070	0,8545	-0,0599	0,0855	-0,0242	0,4989
(2)Temp.(L)	0,5704	0,1063	0,5511	0,0570	0,72	0,0419
Temp.(Q)	-0,0026	0,0429	-0,0025	0,0207	-0,003	0,0178
1L by 2L	0,0127	0,1344	0,0151	0,0401	0,0124	0,1136

(L) = Lineal; (Q) = Cuadrática

El análisis de varianza para los modelos (Ec. 1, 2 y 3) del sabor, textura y aceptabilidad sensorial reveló que son significativos ($p < 0,05$), y a la vez tienen coeficientes de correlación altos ($R^2 > 0,85$), por lo tanto estos modelos predicen dichas variables de manera confiable. Por ello se puede interpretar los resultados mediante superficies de respuesta y/o gráficas de contorno, mostrando el sabor, textura y aceptabilidad sensorial en función del porcentaje de sustitución de chía y de la temperatura de horno (Figura 3). Se puede notar que en las tres superficies de respuesta se confirma que a menor temperatura y porcentaje de sustitución con chía se obtienen mejores características sensoriales del producto. En los diagramas de contorno obtenidos por el software estadístico, las zonas óptimas fueron obtenidas utilizando información fuera de los niveles de diseño experimental (3-10% semillas de chía, 130-150°C temp.), por lo que se puede sugerir realizar experimentos utilizando niveles ajustados para que la zona óptima este dentro de los niveles. Sin embargo, como los modelos tienen validez estadística y como las zonas óptimas fueron validadas experimentalmente ($p < 0,05$) mediante 3 repeticiones bajo condiciones correspondientes al punto central común (3,4% semillas de chía y 128°C de temperatura de horneado), es posible afirmar que la extrapolación de los

límites que sugiere la modelación son correctos y explicables por los modelos.

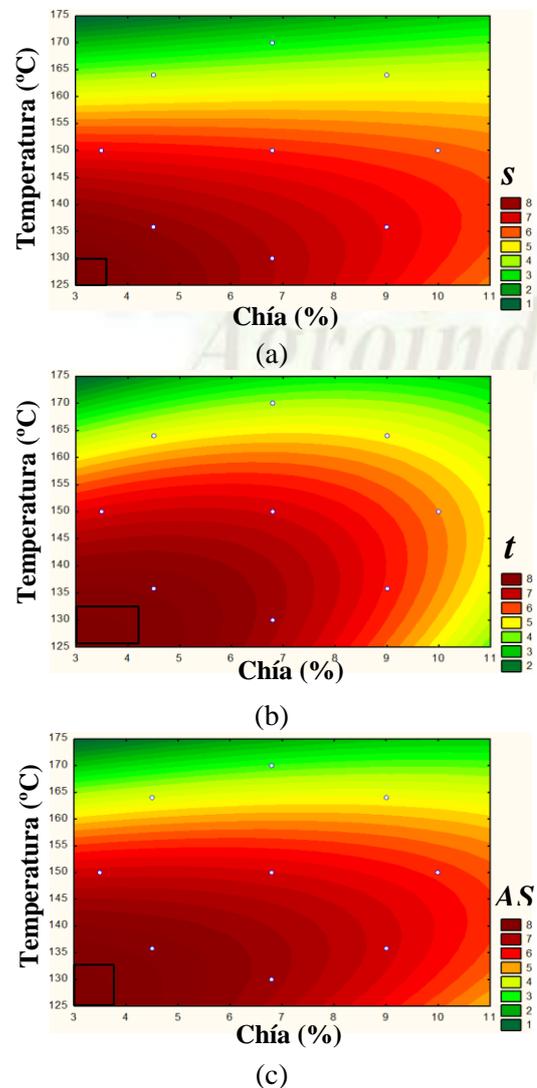
**Figura 3.** Diagramas de Contorno en función del porcentaje de chía y de la temperatura de horneado para el: (a) sabor (s), (b) textura (t), (c) aceptabilidad sensorial (AS).

Tabla 3. Zonas óptimas por lectura de los diagramas de contorno

	Parámetros optimizados	
	Semillas de chía (%)	Temp. de horneado (°C)
Sabor	3 - 3,6	125 – 130
Textura	3 - 4,2	125 – 132
Superposición de graficas	3 - 3,6	125 – 130
Modelamiento difuso	3 - 3,7	125 – 133

En la Tabla 3, se presenta la extracción de los parámetros optimizados que permiten las mejores características sensoriales del producto; es notorio que la zona óptima por el método de superposición de graficas (sabor y textura), denota condiciones similares pero ligeramente más restringidas que la zona óptima por superficie de respuesta con previo modelamiento difuso. De este modo es posible plantear el modelamiento difuso de la aceptabilidad sensorial en galletas como una manera de intersectar información para encontrar una zona óptima absoluta y no por la habitual superposición de graficas (zonas óptimas parciales de cada característica). El éxito de el modelamiento difuso parte desde su concepción, ya que la percepción humana es siempre difusa y la opinión de los evaluadores es lingüística (Mukhopadhyay et al., 2013). Sin embargo, modelamientos difusos con fines similares deben ser estudiados en otros productos, ya que es posible atribuir el éxito del modelamiento difuso a que las zonas óptimas de las características sensoriales (sabor y textura) eran similares, entonces es necesario evaluar situaciones cuyas zonas óptimas de las características sensoriales sean diferenciadas entre sí.

4. Conclusiones

En el desarrollo de la galleta con semillas de chía se observó que una menor sustitución con semillas de chía y una menor temperatura de horneado

permiten maximizar las características sensoriales (sabor y textura).

La intersección de superficies de respuesta (3-3.6% chía y 125-130°C) y la superficie de respuesta previo modelamiento difuso (aceptabilidad sensorial) (3-3,7% chía y 125-133°C) determinan zonas óptimas similares, por lo que se establece un antecedente de aplicación del modelamiento sensorial difuso en galletas.

Referencias

- Alva, H.; Bazán, E.; Cabrera, J.; Huaccha, K.; Rojas, S. 2013. Optimización de humedad y textura en snacks de manzana, evaluando espesor y temperatura de secado. *Agroindustrial Science*, 2: 91 – 100.
- Álvarez, M.; Sumire, D. 2011. Elaboración y evaluación de una infusión hipocalórica, a base de stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni), eucalipto (*Eucalyptus globulus* Labill) y manzanilla (*Matricaria chamomilla*). Universidad Peruana Unión. Lima-Perú.
- Ávila-de Hernández, R.; González-Torrivilla, C. 2011. La evaluación sensorial de bebidas a base de fruta: una aproximación difusa. *Universidad, Ciencia y Tecnología*, 15: 171-182.
- Ayerza, R.; Coates, W. 2006. Chía, redescubriendo un olvidado alimento de los aztecas (1 ed.). Edit. Del Nuevo Extremo. S.A. Argentina. Buenos Aires.
- Capitani, M.; Spotorno, V.; Nolasco, S.; Tomás, M. 2012. Physicochemical and functional characterization of by products from Chía (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina. *LWT - Food Science and Technology*, 45: 94-102.
- Cárdenas, A.; Alvites, H.; Valladares, G.; Obregón, J.; Vásquez-Villalobos, V. 2013. Optimización mediante diseño de mezclas de sinéresis y textura sensorial de yogurt natural batido utilizando tres tipos de hidrocoloides. *Agroindustrial Science*, 1: 35 – 40.
- Chau, E.; Tesén, A.; Valdez, J. 2013. Optimización de la aceptabilidad general

- mediante pruebas afectivas y metodología de superficie de respuesta de una bebida a base de una mezcla seca de polvo de cacao. *Scientia Agropecuaria*, 4: 191 – 197.
- Cavalcanti, M.; da Silva, F.; Cavalcanti, J.; Florentino, E.; Florêncio, L.; Moreira, R. 2013. Aplicacao da lógica fuzzy na análise sensorial de pão de forma enriquecido. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 17: 208-215.
- Costantini, L.; Lukšič, L.; Molinari, R.; Kreft, I.; Bonafaccia, G.; Manzi, L. Merendino, N. 2014. Development of gluten-free bread using tartary buckwheat and Chía flour rich in flavonoids and omega-3 fatty acids as ingredients. *Food Chemistry*, 165: 232-240.
- Cutullé, B.; Berruti, V.; Campagna, F.; Colombaroni, M.; Robidarte, M.; Wiedemann, A.; Vázquez, M. 2012. Desarrollo y Evaluación sensorial de galletitas de jengibre con sustitución parcial de harina de trigo por harina de arroz y lenteja (Gallentinas). *Diaeta* 30: 138.
- Espinilla, M.; Martínez, L.; Pérez, L.; Liu, J. 2008. Modelo de Evaluación Sensorial con Información Lingüística Multigranular para el Aceite de Oliva. XIV Congreso Español sobre Tecnologías y Lógica fuzzy. Pp. 249-255.
- García, A.; Pacheco, E. 2007. Evaluación de Galletas Dulces Tipo Wafer a Base de Harina de Arracacha (*Arracacia xanthorrhiza* B.) *Revista Facultad Nacional de Agronomía - Medellín*, 60: 4195-4212.
- Garda, M.; Alvarez, M.; Lattanzio, M.; Ferraro, C.; Colombo, M. 2012. Rol de los hidrocoloides de semillas de chía y lino en la Optimización de panificados Libres de gluten. *Diaeta (B. Aires)*, 30: 31-38.
- Grandés, G. 2008. Evaluación sensorial y fisicoquímica de néctares mixtos de frutas a diferentes proporciones. Universidad de Piura. Disponible en: http://pirhua.upeu.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1553/ING_464.pdf?sequence=1.
- İnan, Ó.; Arslan, D.; Tasdemir, S.; Özcan, M. 2011. Application of fuzzy expert system approach on prediction of some quality characteristics of grape juice concentrate (Pekmez) after different heat treatments. *J Food Sci Technol.*, 48: 423-431.
- Inglett, G.; Chen, D.; Liu, S.; Lee, S. 2014. Pasting and rheological properties of at products dry-blended with ground Chía seeds. *LWT - Food Science and Technology*, 55: 148-156.
- López, E.; Arteaga, H.; Castro, P.; Nolasco, I.; Siche, R. 2012. El Método de Superficie Respuesta y la Programación Lineal en el desarrollo de un néctar mixto de alta aceptabilidad y mínimo costo. *Scientia Agropecuaria*, 3: 309 – 318.
- Maldonado, R.; Pacheco, E. 2000. Elaboración de galletas con una mezcla de harina de trigo y de plátano verde. *Arch. Latinoam. Nutr.* 50: 387-393.
- Mohammadi, T.; Salehi, F.; Razavi, S. 2011. Sensory Acceptability Modeling of Pistachio Green Hull's Marmalade Using Fuzzy Approach. *International Journal of Nuts and Related Sciences*. 2): 48-55.
- Moiraghi, M.; P. Ribotta, A.; Aguirre, G.; Pérez, I.; León, A. 2005. Análisis de la aptitud de trigos pan para la elaboración de galletitas y bizcochuelos. *Agriscientia*, 22: 47-54.
- Moreira, R.; Chenlo, F.; Torres, M. 2013. Effect of Chía (*Sativa hispanica* L.) and hydrocolloids on the rheology of gluten-free doughs based on chestnut flour. *LWT - Food Science and Technology*, 50: 160-166.
- Mukhopadhyay, S.; Majumdar, G.; Goswami, T.; Mishra, H. 2013. Fuzzy logic (similarity analysis) approach for sensory evaluation of chhana poddo. *LWT - Food Science and Technology*, 53: 204-210.
- Ricce, C.; Leyva, M.; Medina, I.; Miranda, J.; Saldarriaga, L.; Rodriguez, J.; Siche, R. 2013. Uso de residuos agroindustriales de La Libertad en la elaboración de un pan integral. *Agroindustrial Science* 1: 41 – 46
- Vásquez-Villalobos, V.; Vásquez, J.; Méndez, E. 2014. Modelamiento por Lógica Difusa de la Preferencia y Aceptabilidad Sensorial de Corazones de Alcachofa (*Cynara Scolymus* L.) Marinadas en Conserva. Congreso Iberoamericano de Ingeniería de Alimentos Cibia9. Libro de Actas Vol 2. 288-295.

