

EFFECT OF CHIA SEED (*Salvia hispánica* L.) USE IN THE ELABORATION OF STRAWBERRY JAM (*Fragaria × ananassa* Duch.) AS JELLING AGENT

EFFECTO DEL USO DE SEMILLA DE CHÍA (*Salvia hispánica* L.) EN LA ELABORACIÓN DE MERMELADA DE FRESA (*Fragaria × ananassa* Duch.) COMO AGENTE GELIFICANTE

Díaz-Ramírez, M.^{1*}; Beltrán-Orozco, M. del C.²; Calderón-Domínguez, G.²; Cortés-Sánchez, A. de J.³; Téllez-Medina, D.I.²; Ramos-Monroy, O.A.²; Salgado-Cruz, M. de la P.^{2,3*}

¹Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Lerma. Departamento de Ciencias de la Alimentación. Av. de las Garzas 10, El panteón, 52005 Lerma de Villada, Estado de México. ²Instituto Politécnico Nacional. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. Plan de Ayala y Carpio s/n. Col Santo Tomas. C.P. 11340. México, D.F. ³Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).

*Autor de correspondencia: sacpaz@hotmail.com

ABSTRACT

Objective: The aim of the present study was to evaluate the incorporation of chia seed (*Salvia hispanica* L.) in jams, taking advantage of its ability to form gels, and to absorb and retain water due to its mucilage content.

Design/methodology/approach: The study was performed using surface response methodology, by means of a D-optimal mix design, using the Design Expert 10.0.1 software, with which 17 formulations were obtained by combining three variables: fruit (49-50 g), chia seed (0-0.6 g) and pectin (0-1 g). The desirability function was used to optimize the formulation, where the evaluated physicochemical parameters (consistency, aw, °Brix and color: L, a*, b*) were restricted according to the most suitable characteristics for the product.

Results: The results obtained showed that the change in concentration of the fruit and pectin from chia seed generated important changes in the jam, mainly in luminosity as well as the flow rate.

Study limitations/implications: The addition of chia seed added to a formulation of strawberry jam modifies the color, particularly the luminosity and flow rate or consistency, which is why it is suggested to analyze this quality parameter through an assay that allows predicting the quality of the product and completing the information obtained.

Findings/conclusions: The use of mathematical models generated the optimal formulation as well as the prediction of the quality responses by the jams.

Keywords: chia seed, jam, pectin.



RESUMEN

Objetivo: El objetivo del presente estudio fue evaluar la incorporación de semilla de chía (*Salvia hispánica* L.) en mermeladas aprovechando su capacidad de formar geles, absorción y retención de agua, debido a su contenido de mucílago.

Diseño/metodología/aproximación: El trabajo se realizó utilizando metodología de superficie de respuesta, mediante un diseño de mezclas D-optimal, utilizando el software Design Expert 10.0.1, con el cual se obtuvieron 17 formulaciones con la combinación de tres variables: fruta (49-50 g), semilla de chía (0-0.6 g) y pectina (0-1g). Se utilizó la función de deseabilidad para optimizar la formulación, en el cual se restringieron los parámetros fisicoquímicos evaluados (consistencia, aw, °Brix y color: L, a*,b*) de acuerdo con las características más adecuadas para el producto.

Resultados: Los resultados obtenidos mostraron que el cambio en la concentración de la fruta y pectina por semilla de chía genera cambios importantes en la mermelada, principalmente en la luminosidad, así como la tasa de fluidez.

Limitaciones del estudio/implicaciones: La adición de semilla de chía promueve cambios en el color, particularmente en la luminosidad, así como en la tasa de fluidez o consistencia, por lo cual se sugiere que este parámetro de calidad sea analizado mediante un ensayo que permita predecir la calidad del producto y complementar la información obtenida.

Hallazgos/conclusiones: El uso de modelos matemáticos generó la formulación óptima, así como la predicción de las respuestas de la calidad de las mermeladas.

Palabras clave: semilla de chía, mermelada, pectina.

se somete a cocción hasta obtener un producto semi-líquido o espeso/viscoso. En México la norma indica que es el producto alimenticio obtenido de la cocción y concentración del jugo y pulpa de fruta sana, limpia y con el grado de madurez adecuado (NMX-F-131-1982), como se puede observar estas características varían en función de la legislación de cada país.

Tecnológicamente la elaboración de mermeladas implica la evaporación del agua y una disminución de su actividad acuosa, pH óptimo de 3.0, 40-65 °Brix, o menos para el caso de mermelada sin cítricos (CODEX, 2009; Belović *et al.*, 2007; García-Martínez *et al.*, 2002) como es el caso de mermelada de fresa, también se especifica el uso de aditivos para gelificar como la pectina, pero en la actualidad se buscan alternativas de hidrocoloides que puedan ser utilizados como sustitutos de gelificantes, entre ellos se puede mencionar a la semilla de chía, algunas investigaciones han reportado que el mucílago presente en su estructura exhibe la capacidad de absorción y retención de agua, formación de gel (Salgado-Cruz, 2013) y por ende una disminución en la pérdida de líquido. Estas características pueden ser utilizadas para emular propiedades texturales similares a las que produce la adición de la pectina, por ello el objetivo del presente trabajo fue evaluar el efecto de la adición de semilla de chía en sustitución de la pectina en las características de estabilidad, color, aw de mermelada de fresa y optimizar la formulación con base en estos parámetros fisicoquímicos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las fresas en estado de consumo comercial, fueron almacenadas a 4 °C,

INTRODUCCIÓN

La palabra mermelada según la mayoría de los historiadores proviene del portugués "marmelo", palabra que hace alusión al membrillo y que originalmente se utilizaba para la preparación de este tipo de productos (INTI, 2009), sin embargo, en la actualidad existe una gran diversidad de frutas que se utilizan para su elaboración, entre ellas se destaca la fresa (*Fragaria xananassa* Duch.) por su sabor, tamaño, color, relación azúcar/ácido, aroma, firmeza (Mazur *et al.*, 2014), no obstante después de la cosecha solo cuenta con un periodo de dos a tres días de vida (Villa-Rojas, 2010) por lo cual es necesario llevarla a bajas temperaturas y condiciones óptimas (Siller-Cepeda *et al.*, 2002), o bien, procesarla para alargar y preservar su vida útil, siendo la elaboración de mermeladas una de las formas más antiguas que se utiliza para conservar este tipo de alimentos. De este proceso se han derivado diferentes productos (conservas, mermeladas y jalea) por la condición en cómo se incorpora la fruta (jugo, pulpa, trozos), de acuerdo con la normatividad del *Codex Alimentarius* existen tres tipos de mermeladas: de agrios; sin frutos cítricos, y tipo jalea (CODEX, 2009). La primera es elaborada con mezcla de frutas cítricas o solo una de ellas y pueden ser adicionadas enteras o en trozos, con toda o una parte de la cáscara, pulpa, puré, jugo o extractos; la segunda es realizada con fruta entera, en trozos o machacadas que

hasta su uso, además se usaron pectina cítrica 150 °SAG (grados sacarométricos) (Droguería Cosmopolita, contenido de ácido galacturónico de 65 % máximo) y azúcar comercial. Para la elaboración de mermelada, las fresas (50 g) se lavaron y 30% de estas se picaron en trozos, el resto se mezcla con agua (5 g) y licuaron, con adición de azúcar (48.2 g), además de semillas de chía (0-0.6 g) y frutos picados a la pulpa obtenida, posteriormente se ajustó el pH con ácido cítrico (0-0.5 g) hasta un intervalo de 3.0 a 3.2 para la correcta gelificación de la pectina (0-1 g), finalmente se adicionó el benzoato de sodio y se calentó durante 15 min a temperatura de 100-110 °C. Se envasó en frascos de vidrio cuando la mezcla está caliente para lograr vacío y almacenó en la oscuridad hasta su análisis.

La optimización del proceso de elaboración de mermelada de fresa se realizó utilizando metodología de superficie de respuestas mediante un diseño de experimentos D-optimal adecuado para regiones experimentales irregulares ocasionadas por los límites mínimos y máximos, los cuales fueron determinados con base en el valor de sustitución de la pectina necesaria para la formación del gel, el diseño incluyó 17 experimentos y tres variables: porcentaje de fresa, pectina y semilla de chía (Cuadro 1), el software utilizado para la generación del diseño así como para el análisis de datos fue Design Expert 10.0.1.

Par la evaluación de parámetros fisicoquímicos de la mermelada, se determinó la consistencia, mediante un Consistómetro Bostwick (Figura 1)

el cual es un equipo donde se coloca la muestra y se mide la distancia a la cual fluye la mermelada por efecto de su propio peso. La muestra se coloca en la compuerta la cual es operada con un muelle y un mecanismo de liberación, lo que permitió que la muestra resbale instantáneamente. La pista está graduada en divisiones de 0.5 cm lo que permite medir de forma precisa el flujo

de la muestra, tomando la lectura de distancia de flujo después de 30 s.

Para determinar la actividad de agua (a_w). Se realiza mediante la medición de la temperatura exacta de condensación del vapor de agua (punto de rocío) que se encuentra directamente relacionada con la a_w de la muestra, por medio de un higrómetro digital Aqua-lab. El registro de grados °Brix (Sólidos Solubles Totales), realizó por el método del refractómetro de Abbe (Natago-NAR 2T). Para ello se colocaron gotas de la muestra entre los prismas y se realizó la lectura. Previamente se verificó la exactitud del refractómetro realizando una medición con agua (índice de refracción (η) 1,3330) a 20 °C, indicando el porcentaje de sólidos en la escala Brix. La determinación de color fue a través de un colorímetro (Konica Minolta CR-400, Japón), sobre cinco diferentes puntos de la mermelada. Las medidas obtenidas se expresaron a partir del sistema CIE-Lab: luminosidad (L^*), intervalo de color rojo-verde(a^*), intervalo de color amarillo-azul (b^*).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos evaluados en la mermelada adicionada con semilla de chía en sustitución de la pectina y cantidad de fruta se presentan en el Cuadro 2, es importante destacar que el color y la consistencia fueron los parámetros en los que se observó mayor efecto.

El Cuadro 3, presenta los resultados obtenidos del análisis de varianza de las respuestas

evaluadas mediante el diseño de experimentos, indicando que el porcentaje de variación (R y R^2) de cada una de ellas puede ser explicado por el modelo seleccionado, con ello se puede determinar que para la determinación de color (L , a^* , b^*), a_w , °Brix y consistencia, el cambio y la relación existente entre la concentración de pectina, fruta y semilla de chía tienen un efecto importante. En



Figura 1. Consistómetro de Bostwick.

Cuadro 1. Matriz del diseño de experimentos para la evaluación de la sustitución de fruta, pectina y semillas de chía (*Salvia hispánica* L.).

	Experimento																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Fruta	50	50	49	49	50	50	49	50	50	50	50	50	50	49	49	50	50
Pectina	0.24	1	0.7	0.93	1	0.68	0.9	0.5	0.41	0.75	0	0.5	0.48	1	1	0	0
Semilla	0.6	0	0.6	0.43	0	0.3	0.24	0	0.29	0	0.5	0	0.58	0.6	0.6	0.5	0.5

Cuadro 2. Parámetros fisicoquímicos evaluados en las mermeladas de fresa y cambios asociados a la adición de semilla de chía (*Salvia hispánica* L.) y pectina.

Experimento	Consistencia	a _w	°Brix	L	a*	b*
1	1.50	0.83	71.00	31.23	14.49	10.62
2	1.10	0.87	69.00	36.29	26.79	20.84
3	0.80	0.84	67.00	32.02	13.80	11.00
4	0.60	0.84	70.00	31.02	16.44	11.48
5	1.10	0.87	69.00	35.00	25.00	20.50
6	1.70	0.84	69.00	32.44	18.68	13.61
7	1.20	0.85	72.50	32.57	20.78	14.84
8	1.80	0.88	70.00	38.00	27.00	22.00
9	1.80	0.84	67.00	33.00	19.00	14.50
10	2.00	0.86	69.00	36.00	26.00	20.00
11	0.90	0.84	74.00	32.00	16.00	11.00
12	1.90	0.86	67.00	38.00	25.00	22.00
13	1.70	0.83	67.00	30.00	15.00	12.00
14	0.50	0.85	72.00	31.00	14.00	13.00
15	0.50	0.85	72.00	30.50	13.10	11.80
16	0.90	0.84	71.50	32.00	14.50	13.60
17	0.90	0.85	70.50	31.50	13.00	11.90

cuanto al valor de R², se puede observar que el valor es bajo para la determinación de °Brix indicando que las relaciones entre los valores observados con los predichos por el modelo no son altos; sin embargo, valores de precisión adecuada mayores a 4.0 indican que el modelo puede ser utilizado y predecir la respuesta en el espacio del diseño.

En la Figura 2A, se observa el efecto en la modificación de los ingredientes en la consistencia de la mermelada, el cambio de color en la imagen de azul a rojo indica valores desde 0.6 hasta 2 cm respectivamente, pasando por verde y amarillo que denota valores intermedios. Se puede observar que la variable con mayor efecto es C, lo cual se puede corroborar con la ecuación predicha por el modelo mostrado en el Cuadro 3, donde A, B y C tienen signos positivos, los cuales suman al valor de consistencia, pero el que mayor coeficiente presentó fue C, por lo cual, a mayor concentración de semilla de chía, ésta será más fluida. La Figura 2 B muestra que el valor mayor de a_w es 0.88 (color rojo); sin embargo, la densidad de expe-

Cuadro 3. Resultados del ANOVA para cada una de las respuestas evaluadas.

Respuesta	Modelo	R	R ²	Precisión adecuada
Consistencia	Cuadrático	0.89351997	0.84511996	13.2121236
a _w	Cuadrático	0.89023918	0.84034791	11.5375457
°Brix	Cúbico	0.84581222	0.64757079	5.91778782
L	Cuadrático	0.96242788	0.94534964	19.3141637
a*	Linear	0.96673349	0.96198113	29.5041221
b*	Cuadrático	0.97423647	0.96252578	22.1147958

rimentos con estos resultados es mínima, por lo cual hay una mayor zona de color azul que corresponde a los datos con valores cercanos a 0.83, y es el intervalo en el cual se define para las mermeladas elaboradas son al que normalmente presenta este tipo de producto (García-Martínez y col., 2002); sin embargo, para alargar la vida de anaquel y evitar el crecimiento de hongos y levaduras es mejor que se encuentre cercano a 0.83 (Labuza, 1980).

En lo que respecta a los °Brix se puede determinar que a mayor concentración de fruta y semillas de chía, este valor aumenta (zona verde, amarilla y roja de la Figura 2 C), lo cual es necesario para una adecuada formación del gel, debido a que se ha reportado que para un intervalo de 68-72, el pH óptimo para la formación de éste es de 3.1-3.3, y se evita el crecimiento de microorganismos debido a una reducción de la a_w (D O’Beirne, 1993; Garrido, Lozano y Genovese, 2015).

En la gráfica de contornos de color correspondiente al parámetro L (Figura 3 A), se puede observar que el valor se incrementa con la adición de semillas de chía (zona amarillo-rojo), lo cual indica que la mermelada es más oscura. Los valores del plano cromático a*, b* representados en la Figura 3 B y 3 C, indican que la mermelada de fresa presenta coordenadas positivas, con una mezcla de rojo-amarillo, y disminuyen a mayor concentración de fresa, estos valores son similares a los reportados por Morales-Carranza (2010). En la Figura 3 se presentan las mermeladas obtenidas con el máximo y mínimo de concentración de semilla de chía; sin embargo, el efecto de los trozos de

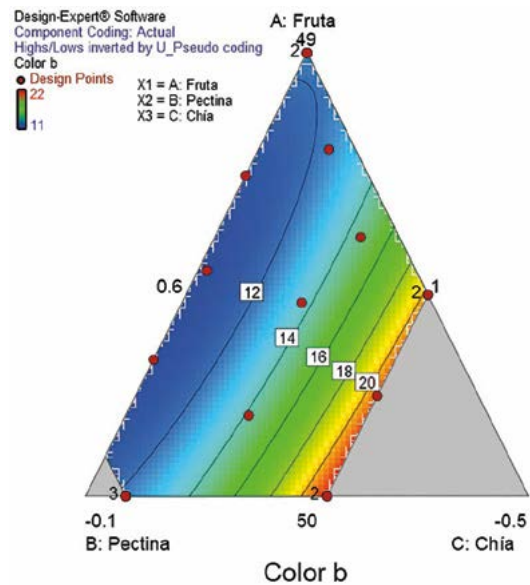
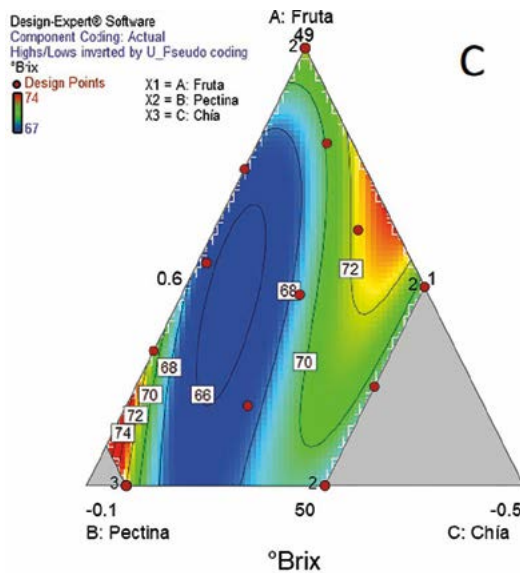
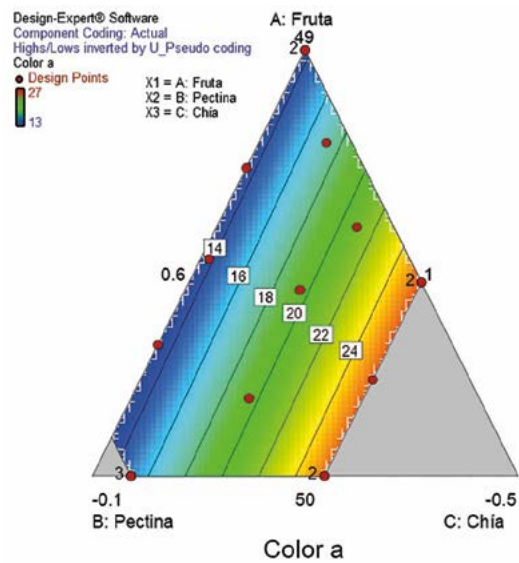
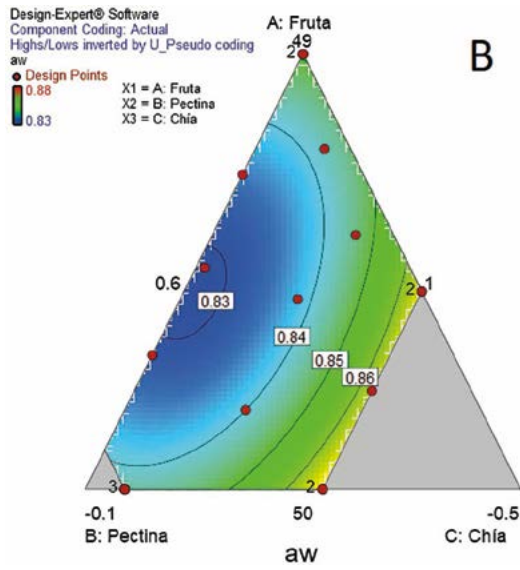
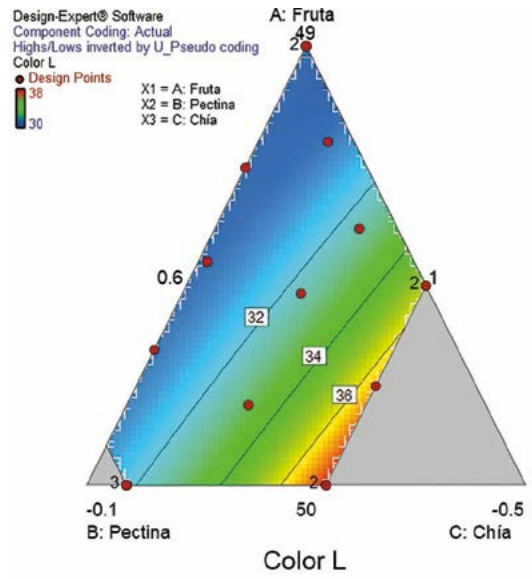
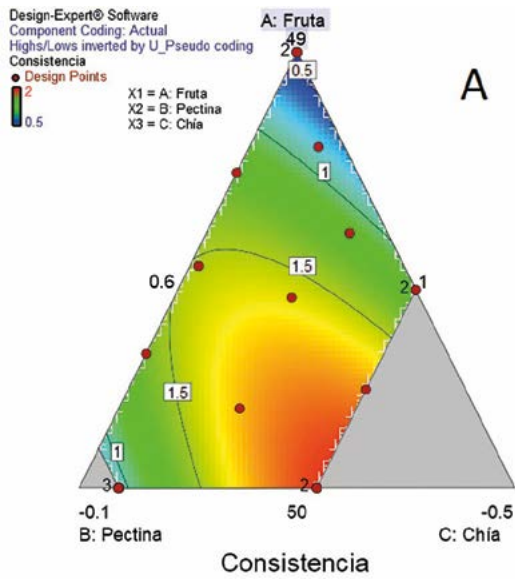


Figura 2. Gráfica de contornos de las respuestas de consistencia, a_w y °Brix.

Figura 3. Gráfica de contornos de las respuestas de color (L, a^* , b^*).

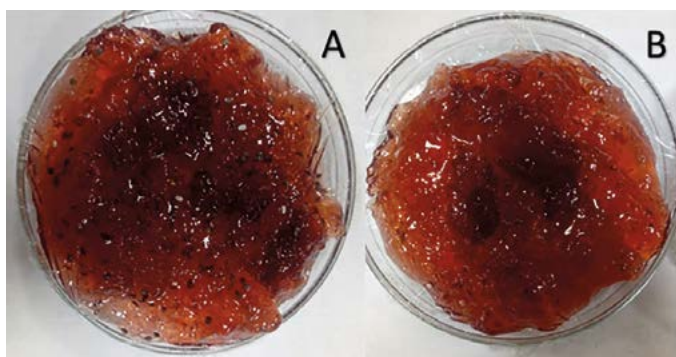


Figura 4. Mermelada de Fresa. A) experimento 14, B) experimento 5.

fruta puede generar la diferencia obtenida en los parámetros de color.

El Cuadro 4 presenta las ecuaciones que pueden predecir las respuestas en función de los factores evaluados, así como aquellos que más influyen en la a_w , °Brix, L y a^* , mostrando un efecto antagonico al combinar los factores AB y BC, los cuales presentan signo negativo.

Para obtener la formulación óptima, mediante una optimización simultánea de la mermelada de fresa adicionada con semilla de chía en función de las respuestas, los parámetros fisicoquímicos evaluados fueron restringidos en función de las características establecidas en la normatividad, así como en los criterios que indiquen las mejores características de calidad, esto se realizó mediante el programa Design-Expert® 10.0.1. Los valores de las variables evaluadas (fruta, pectina y semilla de chía), °Brix y color (L, a^* y b^*) se mantuvieron en el intervalo, en lo que respecta a la a_w mientras que para consistencia, el valor fue el mínimo, generando una formulación con una deseabilidad de 0.72. Lo anterior permitió encontrar el siguiente conjunto de condiciones con el cual se cumple el objetivo: 50 g de fresa, 0.13 g de pectina y 0.6 g de chía. Aun cuando no se realizó la validación de esta formulación, se pre-

sentan los resultados teóricos del modelo matemático: consistencia (0.13 cm/ s), a_w (0.83), °brix (74), L (31), a^* (13), b^* (11).

CONCLUSIONES

La metodología de superficie de respuesta ha mostrado que las evaluaciones fisicoquímicas (a_w , °Brix, consistencia y color) realizadas a la mermelada de fresa se ven afectadas por la concentración de pectina y contenido de fruta; sin embargo, la adición de semilla de chía (*S. hispánica* L.) promueve cambios en el color, particularmente en la luminosidad así como en la tasa de fluidez o consistencia, por lo cual se sugiere que este parámetro de calidad sea analizado mediante un ensayo que permita predecir la calidad del producto y complementar la información obtenida. Es importante destacar que el uso de modelos matemáticos generó la formulación óptima así como la predicción de las respuestas.

LITERATURA CITADA

- Belović M., Torbica A., Pajić -Lijaković I., Mastilović J. 2017. Development of low calorie jams with increased content of natural dietary fibre made from tomato pomace. *Food Chemistry*, 237 1226-1233.
- CODEX. 2009. Codex standard 296: Standard for jams, jellies and marmalades.
- D O'Beirne. 1993. Jams and Preserves: Methods of Manufacture; Chemistry of Manufacture, University of Limerick, Limerick, Ireland. *Encyclopaedia of Food Science, Food Technology and Nutrition*, Academic Press.
- García-Martínez E., Ruiz-Díaz G., Martínez-Monzó J., Camacho M.M., Martínez-Navarrete N., Chiralt A. 2002. Jam manufacture with osmodehydrated fruit. *Food Research International* 35, 301-306.
- Garrido J.I., Lozano J.E., Genovese D.B. 2015. Effect of formulation variables on rheology, texture, colour, and acceptability of apple jelly: Modelling and optimization. *LWT - Food Science and Technology*. 62, 325-332.
- Labuza T. P. 1980. The effect of water activity on reaction kinetics of food deterioration. *Food Technology*, 34(4), 36-41.
- Mazur S. P., Nes A., Wold A.-B., Remberg S. F., Martinsen B. K., Aaby K. 2014. Effects of ripeness and cultivar on chemical composition

Cuadro 4. Ecuaciones de predicción para las respuestas evaluadas a la mermelada de fresa.

$$\text{Consistencia} = +0.35*A + 0.57*B + 1.66*C + 4.19*AB + 0.33*AC + 3.11*BC$$

$$a_w = +0.85*A + 0.84*B + 0.95*C - 0.074*AB - 0.15*AC - 0.13*BC$$

$$°\text{Brix} = +71.95*A + 82.16*B - 35.05*C - 37.38*AB + 211.75*AC + 182.92*BC - 261.09*ABC - 0.88*AB(A-B) - 128.31*AC(A-C) - 216.43*BC(B-C)$$

$$L = +30.95*A + 31.25*B + 49.05*C - 0.56*AB - 21.37*AC - 12.68*BC$$

$$a^* = +13.66*A + 12.95*B + 36.06*C$$

$$b = +12.23*A + 11.64*B + 43.17*C - 3.46*AB - 35.20*AC - 28.09*BC$$

- of strawberry (*Fragaria xananassa* Duch.) fruits and their suitability for jam production as a stable product at different storage temperatures. *Food Chemistry* 146, 412–422.
- Morales-Carranza D. A. 2010. Desarrollo y evaluación de una mermelada de fresa (*Fragaria vesca* L.) como ingrediente para el yogur de fresa de la Planta de Lácteos de Zamorano. Proyecto especial. Zamorano, Honduras.
- NMX-F-131-1982. Alimentos para humanos. Frutas y derivados. Mermelada de fresa. Foods for humans. Fruits and derivatives Strawberry marmalade. Normas Mexicanas. Dirección General De Normas.
- Salgado-Cruz M. de la P., Calderón-Dominguez G., Chanona-Pérez J., Farrera-Rebollo R., Méndez-Méndez J., Díaz-Ramírez M. 2013. Chia (*Salvia hispanica* L.) seed mucilage release characterisation. A microstructural and image analysis study. *Industrial Crops and Products*, 51, 453-462.
- Siller-Cepeda J.H., Báez-Sañudo M.A. Sañudo-Barajas A., Báez-Sañudo R. 2002. "Manual de Buenas Prácticas Agrícolas". SAGARPA, México.
- Villa-Rojas R. 2010. Desarrollo y evaluación de tratamientos con microondas de fresas. Tesis profesional Escuela de Ingeniería, Universidad de las Américas Puebla. Cholula, Puebla, México.

