

Desarrollo de un yogurt de kiwi con posible potencial nutrínime empleando un diseño de superficie de respuesta y evaluación sensorial

A. A. Muñoz-Muñoz^{1*}, Ma. Del R Abraham-Juárez², M. A. Rocha-Mendoza¹ y E. Mares-Mares¹

¹Tecnológico Nacional de México, Campus Instituto Tecnológico Superior de Guanajuato. Carr. Guanajuato-Puentecillas km 10.5 Puentecillas. CP. 36262. Guanajuato, Gto., México.

²Departamento de Alimentos, División de Ciencias de la Vida, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato. Carr. Irapuato-Silao km 9. Ex-Hacienda El Copal. CP. 36000. Irapuato, Gto., México.
emares@itesg.edu.mx

RESUMEN

Dentro de las estrategias de la inmuno-nutrición para prevenir los problemas causados por el COVID-19, se ha descrito que los péptidos bioactivos del yogurt poseen efectos positivos directos/indirectos en el sistema inmune, así como el consumo de prebióticos y vitaminas. El objetivo fue desarrollar una fórmula de yogurt empleando ingredientes potenciadores al refuerzo del sistema inmune (Complejo B, Vitamina C e inulina) empleando la metodología de superficie de respuesta y evaluación sensorial. Se empleó un diseño Box-behnken con MiniTab19 para establecer las fórmulas de acuerdo con las ingestas recomendadas en la NOM-SCFI/SSA1-2010. Para cada fórmula, se evaluó el color, olor, sabor y la consistencia con 50 panelistas y una escala hedónica de 5 puntos, los datos se analizaron para optimizar el modelo matemático e incrementar la aceptabilidad y se determinaron los parámetros de la declaración nutrimental. Como resultados, se obtuvo un modelo cuadrático ($R^2=0.988$) para el parámetro de sabor ($p<0.05$) y se optimizó la fórmula, la cual contiene las proporciones de los ingredientes que maximizan su aceptabilidad y posee una leyenda de advertencia (exceso de azúcares). En conclusión, la metodología estadística y la evaluación sensorial permitieron desarrollar un yogurt fortificado en vitaminas e inulina que podría considerarse como una propuesta con potencial nutrínime.

Palabras clave: Yogurt, Nutrínime, Superficie de respuesta, Optimización

ABSTRACT

Within the strategies of immuno-nutrition to prevent the problems caused by COVID-19, it has been described that the bioactive peptides of yogurt have direct/indirect positive effects on the immune system, as well as the consumption of prebiotics and vitamins. The objective was to develop a yogurt formula using ingredients that enhance the immune system (Complex B, Vitamin C and inulin) using the response surface methodology and sensory evaluation. A Box-behnken design was used with the MiniTab19 software to establish the formulas in accordance with the recommended intakes in the NOM-SCFI/SSA1-2010. For each formula, the color, odour, flavor, and consistency were evaluated with 50 panelists and a 7-point hedonic scale, the results were analyzed to optimize the mathematical model and increase acceptability and the parameters of the nutritional declaration were determined. As a result, a quadratic model ($R^2=0.988$) was obtained for the flavor parameter ($p<0.05$) and the formula was optimized, which contains the proportions of the ingredients that maximize its acceptability and has a warning legend (excess of sugars). In conclusion, the predictive statistical methodology and sensory evaluation allowed the development of a yogurt fortified in vitamins and inulin that could be recommended as a proposal with nutritional potential.

Keywords: Yogurt, immune-nutrition, Response surface, Optimization

INTRODUCCIÓN

El yogurt, al ser un producto lácteo fermentado, es excepcionalmente rico en péptidos bioactivos con funciones múltiples potentes y efectivas útiles para influir beneficiosamente en las manifestaciones de COVID-19. Múltiples péptidos inhibidores de la ECA están presentes en yogures probióticos con efectos positivos a comparación a los inhibidores de la ECA sintéticos. Además, los probióticos utilizados en la industria del yogurt tienen efectos inmunomoduladores y antivirales beneficiosos con un posible papel en la prevención y el alivio de la infección por COVID-19 (Mohseni et al., 2021). Ahmed et al., (2021) puntualiza que actualmente el potencial inmune del yogurt no solo se basa en la efectividad de los péptidos inhibidores de la ECA y sus antioxidantes, sino al efecto de los péptidos en las distintas reacciones de señalización sobre los mecanismos implícitos que se desarrollan por las enfermedades dinamizadas por el COVID19, así como la integración de vitaminas y minerales. Sin embargo, por su naturaleza proteínica los péptidos requieren de ser encapsulados para mantener su actividad biológica (Segura *et al.*, 2010). Una alternativa viable es la fortificación y enriquecimiento de alimentos con vitaminas y minerales que fortalecen el sistema inmune. Por otra parte, el sistema inmunitario necesita ciertas vitaminas y minerales para funcionar de la manera adecuada. Entre ellos se encuentran la vitamina C, la vitamina D, el complejo B y el zinc. Los suplementos de hierbas, los probióticos y sus prebióticos y otros ingredientes de los suplementos dietéticos también podrían incidir en la inmunidad y la inflamación (OMS. 2015).

En el desarrollo de nuevos productos con fines funcionales hacia la salud los principales problemas son determinar las condiciones de operación y la proporción de los ingredientes que den como resultado el producto más conveniente en términos de sus características funcionales y sensoriales. Para obtener las proporciones de los ingredientes lo más adecuado es emplear un diseño de mezclas cuya formulación resulta de una mezcla de dos o más ingredientes o el diseño predictivo empleando metodologías estadísticas como el diseño de superficie de respuesta. Debido a lo anterior, el objetivo de la presente investigación fue formular un yogurt de kiwi con potencial al fortalecimiento del sistema inmune a partir de ingredientes funcionales y la aplicación de la metodología de superficie de respuesta.

MATERIALES Y MÉTODOS

1. Formulación. Se realizó el yogurt a partir de leche bronca pasteurizada a 90°C durante diez minutos, la formulación fue realizada empleando por cada litro de leche 100 gr de fermento, 80 g de azúcar, 15 g de leche en polvo bajo las condiciones adecuadas (45°C por 4 a 5 h), de acuerdo con las condiciones óptimas y necesarias de acuerdo con los protocolos de ASELAC (2014) y a la normatividad nacional vigente. El yogurt se saborizó con una base frutal de kiwi al 20% con respecto al yogurt.

2. Diseño de superficie de respuesta para la formulación de yogurt de kiwi. Se empleó el software MiniTab 19 para establecer el diseño de superficie de respuesta “Box-Behnken”, donde se establecieron los intervalos de las concentraciones para Complejo B (4 a 7.8mL), Inulina (4 a 10g) y Vitamina C (0.05-0.4g). En la Tabla 2, se muestra la corrida de un bloque de reproducibilidad aleatoria obtenida para las formulaciones obtenidas con MiniTab 19. Los intervalos de concentración propuestos se apegan a los lineamientos establecidos en la Tabla de valores nutrimentales de referencia para la población mexicana descritos en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 en su actualización 2020 y bajo el cumplimiento de las especificaciones fisicoquímicas de la NOM-181-SCFI/SAGARPA-2018 (Yogurt-Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba). Las cantidades de los ingredientes es con base una porción de 100g de yogurt.

Tabla 1. Orden de corridas de las formulaciones de yogurt con ingredientes inmunoprotectores.

| Orden de estándar | Orden de corrida | Tipo Pt | Bloques | Inulina (g) | Vitamina C (g) | Complejo B (ml) |
|-------------------|------------------|---------|---------|-------------|----------------|-----------------|
| 1 | 1 | 2 | 1 | 4.0 | 0.05 | 6.2 |
| 9 | 2 | 2 | 1 | 7.0 | 0.05 | 4.6 |
| 4 | 3 | 2 | 1 | 10.0 | 0.4 | 6.2 |
| 12 | 4 | 2 | 1 | 7.0 | 0.4 | 7.8 |
| 5 | 5 | 2 | 1 | 4.0 | 0.225 | 4.6 |
| 13 | 6 | 0 | 1 | 7.0 | 0.225 | 6.2 |
| 11 | 7 | 2 | 1 | 7.0 | 0.05 | 7.8 |
| 14 | 8 | 0 | 1 | 7.0 | 0.225 | 6.2 |
| 8 | 9 | 2 | 1 | 10.0 | 0.225 | 7.8 |
| 15 | 10 | 0 | 1 | 7.0 | 0.225 | 6.2 |
| 7 | 11 | 2 | 1 | 4.0 | 0.225 | 7.8 |
| 10 | 12 | 2 | 1 | 7.0 | 0.4 | 4.6 |
| 6 | 13 | 2 | 1 | 10.0 | 0.225 | 4.6 |
| 3 | 14 | 2 | 1 | 4.0 | 0.4 | 6.2 |
| 2 | 15 | 2 | 1 | 10.0 | 0.05 | 6.2 |

3. Evaluación de los parámetros sensoriales para la formulación. Obtenidas las corridas del diseño experimental Box-Behnken, se elaboraron las fórmulas y se adicionaron las concentraciones de los ingredientes potenciadores del sistema inmune a la base de yogurt. Cada una de las fórmulas se sometió a evaluación de los atributos sensoriales de color, olor, sabor y textura, para ello se empleó una escala hedónica de 5 puntos (donde 1 es me disgusta muchísimo, 3 no me gusta ni me disgusta y 5 me gusta muchísimo) a un panel de 50 jueces no entrenados.

4. Optimización de la formulación a partir del modelo predictivo. Los resultados de la evaluación sensorial se analizaron en el diseño de corridas Box-behnken. Para cada atributo se probó y estudió el modelo matemático de mejor ajuste (con una R-cuadrada mayor a 0.975) y se optimizó la muestra a un máximo de 5 de la escala de evaluación. Los modelos matemáticos fueron lineales, cuadráticos, cúbicos y cúbicos completos (Schffe 1998). Con las proporciones obtenidas y optimizadas se elaboró la formula y nuevamente se sometió a una evaluación sensorial a fin de corroborar la formulación con mayor aceptación.

5. Declaración nutrimental. Se determinó el análisis químico proximal teórico del yogurt optimizado elaborado bajo los parámetros de aceptación sensorial. Para ello, se determinó teóricamente el contenido de nitrógeno total (método 954.01), grasa (método 920.39), cenizas (método 923.03), fibra (método 962.09) y humedad (método 925.09) de acuerdo con los procedimientos estándar de la AOAC (2003). Los resultados se presentan de acuerdo con la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 (Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados-Información comercial y sanitaria) en su actualización del 2020 para el etiquetado frontal y reverso.

6. Análisis Estadístico. Todos los datos se reportaron como la media \pm desviación. Para conocer la diferencia en la variación del efecto de los tratamientos se realizaron un ANDEVA con un 95% de confiabilidad y una prueba de contraste medias utilizando la prueba de Tukey ($\alpha= 0,05$). Se utilizó el paquete estadístico Minitab 19.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados promedio de los 50 jueces para los parámetros del análisis sensorial se presentan en la Tabla 2. En cada parámetro sensorial se realizó el análisis del diseño Box-Behnken con los diferentes modelos matemáticos (Lineal, cuadrático, cubico y cubico completo) hasta obtener un modelo significativo ($p<0.05$) y un coeficiente de determinación ajustado (R^2) de mayor a 0.95.

Tabla 2. Resultados de los parámetros del análisis sensorial para las diferentes fórmulas del diseño Box-Behnken

| Código sensorial | Orden de corrida | Inulina (g) | Vitamina C (g) | Complejo B (ml) | Color | Olor | Textura | Sabor |
|------------------|------------------|-------------|----------------|-----------------|-------|------|---------|-------|
| A1 | 1 | 4.0 | 0.05 | 6.2 | 3.93 | 3.73 | 4.20 | 3.87 |
| A2 | 2 | 7.0 | 0.05 | 4.6 | 3.93 | 3.87 | 4.13 | 3.73 |
| A3 | 3 | 10.0 | 0.4 | 6.2 | 3.80 | 3.80 | 4.33 | 3.80 |
| A4 | 4 | 7.0 | 0.4 | 7.8 | 4.13 | 3.73 | 4.27 | 3.93 |
| A5 | 5 | 4.0 | 0.225 | 4.6 | 4.07 | 3.73 | 4.07 | 4.13 |
| B1 | 6 | 7.0 | 0.225 | 6.2 | 3.73 | 3.73 | 4.07 | 3.93 |
| B2 | 7 | 7.0 | 0.05 | 7.8 | 4.20 | 3.80 | 4.13 | 3.93 |
| B1 | 8 | 7.0 | 0.225 | 6.2 | 3.73 | 3.73 | 4.07 | 3.93 |
| B3 | 9 | 10.0 | 0.225 | 7.8 | 4.13 | 4.00 | 4.33 | 3.67 |
| B1 | 10 | 7.0 | 0.225 | 6.2 | 3.73 | 3.73 | 4.07 | 3.93 |
| B4 | 11 | 4.0 | 0.225 | 7.8 | 4.00 | 3.93 | 4.07 | 4.13 |
| C1 | 12 | 7.0 | 0.4 | 4.6 | 3.80 | 4.13 | 4.00 | 3.87 |
| C2 | 13 | 10.0 | 0.225 | 4.6 | 4.07 | 3.80 | 4.00 | 3.73 |
| C3 | 14 | 4.0 | 0.4 | 6.2 | 3.80 | 4.00 | 4.20 | 4.00 |
| C4 | 15 | 10.0 | 0.05 | 6.2 | 4.20 | 3.80 | 3.73 | 3.47 |

Los modelos matemáticos para los parámetros sensoriales de color, olor, sabor y textura se indican en la tabla 3 con el nivel de significancia de ajuste al modelo y el coeficiente de regresión ajustado. De acuerdo con los resultados en los cuatro parámetros el modelo cuadrático fue el que presentó el mayor coeficiente de regresión al ajuste, siendo el parámetro de sabor el único que obtuvo significancia ($p < 0.05$) ya que obtuvo un ajuste del 98.31% y un valor p de 0.033. Así mismo, las variables de concentración para el Complejo B, Inulina y Vitamina C obtuvieron un valor p de 0.000, 0.002 y 0.005 respectivamente de ajuste al modelo cuadrático. En la Figura 1, se muestra el gráfico de superficie de respuesta del modelo cuadrático con tendencia parabólica.

En la elaboración de las fórmulas de yogurt, los jueces indicaron que el sabor y olor del complejo B fue intenso y fue descrito como “olor medicinal” y por ello se prefirió los valores con menor cantidad del ingrediente, sin embargo, su concentración resulto significativo en el modelo. Para la Vitamina C, se presentó la misma tendencia ya que se identificaron las muestras como más ácidas cuando los valores eran cercanos a 0.4g, por tal motivo las fórmulas con mayor aceptación también fueron las que tenían menor cantidad de vitamina C.

Tabla 3. Modelos de ajuste para los parámetros sensoriales

| Parámetro | Modelo con mayor ajuste | Valor P | Coefficiente R ² | Ecuación |
|-----------|-------------------------|---------|-----------------------------|---|
| Color | Cuadrático | 0.098 | 85.81% | Color = 7.56 - 0.192B - 1.11C - 1.024A + 0.01389B ² + 2.45C ² + 0.0814A ² - 0.127BC + 0.0069 AB + 0.060 AC |
| Sabor | Cuadrático | 0.033 | 98.31% | Sabor = 4.064 + 0.0168 B + 1.97C - 0.095A - 0.00556B ² - 3.27C ² + 0.0130A ² + 0.0952 BC - 0.00347 AB - 0.119 AC |
| Olor | Cuadrático | 0.741 | 53.25% | Olor = 4.78 - 0.036B + 2.21C - 0.382A + 0.00463B ² + 1.90C ² + 0.0358A ² - 0.127BC + 0.0000AB - 0.298AC |
| Textura | Cuadrático | 0.310 | 74.42% | Textura = 5.90 - 0.203B - 3.54C - 0.290A + 0.00185 B ² + 1.09C ² + 0.0130A ² + 0.286BC + 0.0174AB + 0.238AC |

Donde: A-Complejo B, B-Inulina y C-Vitamina C

Una vez obtenido el modelo cuadrático se emplearon los conocimientos de cálculo diferencial para maximizar el valor de aceptabilidad lo más cercano a 5. Para ello, se determina que el valor máximo sensorial del sabor se encuentra en el punto en el cual simultáneamente la derivada parcial de la evaluación sensorial del sabor respecto a la concentración del complejo B, la derivada parcial de la evaluación sensorial del sabor respecto a la concentración de la vitamina C y la derivada parcial de la evaluación sensorial del sabor respecto a la concentración de inulina son iguales a cero (Mercado et al., 2011). Obtenidas las ecuaciones de las derivadas parciales se resuelven las incógnitas por el método algebraico y se determinan las concentraciones de los ingredientes inmunoprotectores que dan respuesta a una mayor aceptabilidad en el parámetro de sabor

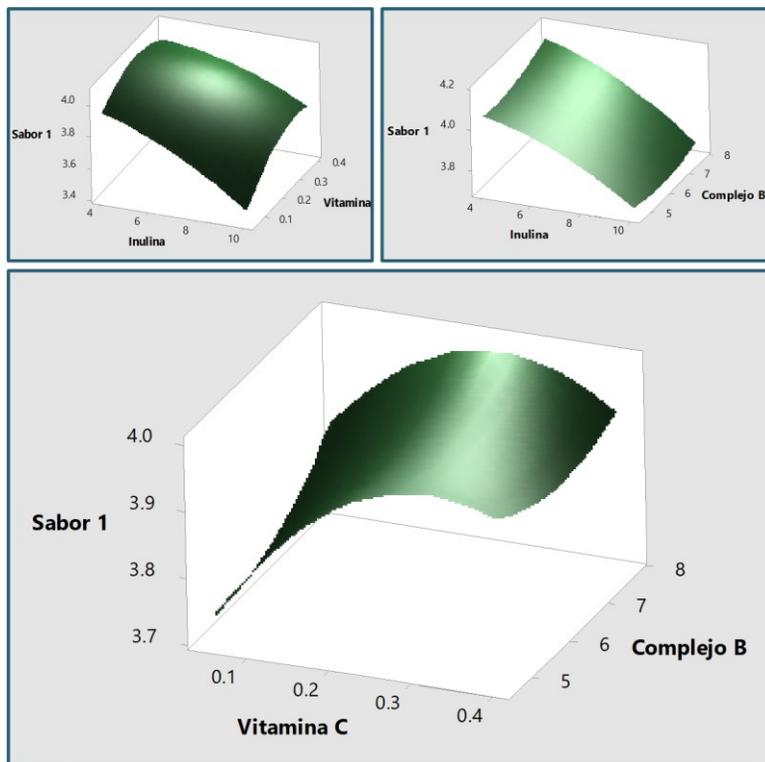


Figura 1. Representación del modelo cuadrático del parámetro de sabor en la elaboración del yogurt

En la **Tabla 4**, se representan las cantidades de cada ingrediente, así como el valor teórico del modelo obtenido y el valor experimental. El valor experimental fue obtenido nuevamente por evaluación sensorial al elaborar la fórmula con las concentraciones encontradas en la optimización. El valor experimental estuvo por debajo del predictivo, sin embargo, por encima de los valores de aceptabilidad en la primera fase de evaluación sensorial.

De acuerdo con los descriptores en la segunda evaluación sensorial, los panelistas no indicaron la presencia a olor medicinal otorgado por el complejo B, sin embargo, mencionaron que se percibía ligeramente ácido el yogurt. En la declaración nutrimental, se identificó que el yogurt cumple con las características descritas en la NOM-051-SCFI/SSA1-2010 en su actualización 2020 y bajo el cumplimiento de las especificaciones fisicoquímicas de la NOM-181-SCFI/SAGARPA-2018 (Yogurt-Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba). Así mismo, el yogurt se encuentra fortificado con las vitaminas, otorgando la ingesta recomendada por día (Figura 2). El producto solo tiene un sello de advertencia por el exceso de azúcares.

Tabla 4. Valor de optimización (Maximización) para las concentraciones de ingredientes.

| Parámetro | Valor | |
|---|---|--------|
| Modelo cuadrático | Sabor = 4.064 + 0.0168 B + 1.97C - 0.095A - 0.00556B ² - 3.27C ² + 0.0130A ² + 0.0952 BC - 0.00347 AB - 0.119 AC | |
| Valores de optimización de los ingredientes (Maximización) | A-Complejo B | 3.84mL |
| | B-Vitamina C | 0.18g |
| | C-Inulina | 5.55g |
| Valor de aceptabilidad teórico | 4.87 | |
| Valor de aceptabilidad experimental | 4.65 | |

| Declaración nutrimental por 100g | |
|---|--------------------|
| Contenido energético | 140 kcal (590 kJ) |
| Proteína | 3 g |
| Grasas totales | 2 g |
| Grasas saturadas | 1 g |
| Grasas trans | 0 mg |
| Grasa monoinsaturada | 0 g |
| Grasa polinsaturada | 0 g |
| Colesterol | 0 mg |
| Hidratos de carbono disponibles | 29 g |
| Azúcares | 19 g |
| Azúcares añadidos | 13 g |
| Fibra Dietética | 1 g |
| Sodio | 55 mg |
| Calcio | 15 % |
| Vitamina C | 107 % |
| Vitamina D | 105 % |
| Vitamina B1 (Tiamina) | 108 % |
| Vitamina B2 (Riboflavina) | 108 % |
| Vitamina B6 (Piridoxina) | 108 % |
| Vitamina B12 (Cobalamina) | 108 % |

Figura 2. Declaración nutrimental del yogurt formulado

CONCLUSIÓN

Se incrementó la aceptabilidad sensorial de un producto de yogurt sabor a kiwi con ingredientes inmunoprotectores a partir de un modelo cuadrático de superficie de respuesta Box-behnken. Así mismo, las proporciones de los ingredientes de vitamina C, complejo B e Inulina permitieron cubrir los requerimientos de la ingesta diaria. En la declaración nutrimental, el producto solo tiene un sello

de advertencia por el exceso de azúcares. Es necesario realizar un monitoreo de los ingredientes inmunoprotectores durante el tiempo de vida útil del producto para proyectar una posible actividad nutrinmune avalado con estudios *in vivo* e *in vitro*.

BIBLIOGRAFÍA

- Ahmed S. Gouda, Fatima G. Adbelruhman, Hamedah Sabbah Alenezi, Bruno Mégarbane (2021). Theoretical benefits of yogurt-derived bioactive peptides and probiotics in COVID-19 patients – A narrative review and hypotheses, Saudi Journal of Biological Sciences, Volume 28, Issue 10, 2021, Pp. 5897-5905.
- AOAC (2003). Official methods of analysis of the Association of Official's Analytical Chemist, 17th Edn. Association of Official Analytical Chemists, Arlington, Virginia USA.
- Armand, M., Hamosh, M., Philpott, J. R., Resnik, A. K., Rosenstein, B. J., Hamosh, A., Perman, J.A, Hamosh, P. (2004). Gastric function in children with cystic fibrosis: effect of diet on gastric lipase levels and fat digestion. *Pediatric Research*; 55(3):457-65.
- ASELAC (2014). Notas del curso de capacitación de Asesoría Láctea S.A de C.V. Taller de extendidos. Texcoco Edo. De México.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-051-SCFI/SSA1-2010, Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria.
- NORMA Oficial Mexicana NOM-181-SCFI-2010, Yogurt-Denominación, especificaciones fisicoquímicas y microbiológicas, información comercial y métodos de prueba.
- Mohseni, H., Amini, S., Abiri, B., Kalantar, M., Kaydani, M., Barati, B., Pirabbasi, E., Bahrami, F., 2021. Are history of dietary intake and food habits of patients with clinical symptoms of COVID 19 different from healthy controls? A case-control study. *Clin. Nutr. ESPEN*. 42, 280-285.
- OMS. (201). Enfermedades no transmisibles. Disponible en: www.who.int/mediacentre/factsheets/fs355/es/
- Scheffé, H. (1958). Experiment with mixtures. *Journal Royal Statistical Society*. 20:344
- Segura, C. M., Chel, G. L. y Betancur, A. D. (2010). Effect of Digestion on Bioavailability of peptides with biological activity. *Revista Chilena de Nutrition*. Vol. 37. No. 3. Pp. 386-391.