



Revista Micaela

ISSN: 2955-8646 (en línea) / 2709-8990 (Impresa)
Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac
Vice Rectorado de Investigación – Perú

Vol. 6 Num. 2 (2025) - Publicado: 18/12/25
<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025>
Páginas: 40 - 49
Recibido 24/11/2025; Aceptado 16/12/2025

<https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n2.2025.186>

Edición Especial: Cosmovisión Andina – 2025

Autores:

1. ORCID iD <https://orcid.org/0009-0006-3100-2916> Liz Avelina Avalos Rozas, Estudiante de Pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 21269@unamba.edu.pe
2. ORCID iD <https://orcid.org/0009-0002-2562-8200> Liz Mery Mendieta Navío, Estudiante de Pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 201194@unamba.edu.pe
3. ORCID iD <https://orcid.org/0009-0005-5449-6923> Carlos Daniel Huachllanqui Olivera, Estudiante de Pregrado de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. 221166@unamba.edu.pe.
4. ORCID iD <https://orcid.org/0009-0002-7078-3779> Suimer Pareja Ramos, docente de la Universidad Micaela Bastidas de Apurímac, Pe. spa-reja@unamba.edu.pe

Optimización mediante la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) para la formulación de una bebida funcional a base de lactosuero, durazno (*Prunus persica*) y polen de abeja

Optimization using Response Surface Methodology (RSM) for the formulation of a functional beverage based on whey, peach (*Prunus persica*) and bee pollen

Liz Avelina Avalos Rozas ¹ y Liz Mery Mendieta Navío ² y Carlos Daniel Huachllanqui Olivera ³ y Suimer Pareja Ramos ⁴

Resumen. Este proyecto de investigación que fue presentado para el concurso FERCYT en la categoría póster científico, busca desarrollar una innovadora bebida funcional a base de lactosuero, durazno (*Prunus persica*) y polen de abeja, aprovechando el alto valor nutricional y los compuestos bioactivos de estos ingredientes. El objetivo es optimizar la formulación del producto mediante la aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM), determinando la combinación ideal que maximice las propiedades nutricionales y sensoriales. La investigación es de tipo aplicada y experimental, con un enfoque explicativo, orientado a evaluar la influencia de las proporciones de lactosuero, durazno y polen de abeja sobre las características fisicoquímicas y sensoriales de la bebida. Se utiliza un diseño Box-Behnken con tres factores y quince formulaciones experimentales. Las variables de respuesta consideradas son pH, acidez, °Brix y aceptación general, procesadas mediante el software Statgraphics XVII, que permite ajustar modelos polinomiales de segundo orden y determinar las condiciones óptimas de formulación.

Palabras Clave: Bebida funcional, lactosuero, durazno, polen de abeja, RSM.

Abstract. This research project, submitted to the FERCYT competition in the scientific poster category, aims to develop an innovative functional beverage based on whey, peach (*Prunus persica*), and bee pollen, leveraging the high nutritional value and bioactive compounds of these ingredients. The objective is to optimize the product formulation by applying Response Surface Methodology (RSM), determining the ideal combination that maximizes nutritional and sensory properties. The research is applied and experimental, with an explanatory approach, focused on evaluating the influence of the proportions of whey, peach, and bee pollen on the beverage's physicochemical and sensory characteristics. A Box-Behnken design with three factors and fifteen experimental formulations was used. The response variables considered were pH, acidity, °Brix, and overall consumer acceptance, processed using Statgraphics XVII software, which allows for fitting second-order polynomial models and determining the optimal formulation conditions.

Keywords: Functional beverage, whey, peach, bee pollen, RSM.



1. Introducción

La investigación titulada “Optimización por Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) para la formulación de una bebida funcional a base de lactosuero, durazno (*Prunus persica*) y polen de abeja” tiene como objetivo desarrollar una bebida funcional que aproveche el valor nutricional del lactosuero y los compuestos bioactivos del durazno y el polen de abeja. En este contexto, el objetivo general de la investigación es optimizar la formulación de la bebida funcional mediante la aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta, con el fin de maximizar su calidad nutricional y su aceptabilidad sensorial. Mediante la aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta se busca determinar la combinación óptima de ingredientes que maximice la calidad nutricional y la aceptación sensorial del producto. Esta investigación se realizará en la región de Apurímac, provincia de Abancay, los análisis de pH, acidez, °brix, y análisis sensorial se realizarán en los laboratorios de la escuela profesional de Ingeniería Agroindustrial de la Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

El propósito para la optimización en la formulación de la bebida funcional se debe al consumo abundante de productos azucarados con bajo valor nutricional, que por lo general es popular en jóvenes, esto puede llevar a problemas de salud como la obesidad, diabetes tipo 2 y deficiencias nutricionales [1]. En el 2024 se registró que un 62% de la población peruana mayor de 15 años presentó un exceso de peso, la desnutrición crónica infantil podría haber alcanzado el 12.2% en el primer trimestre del año, y un 36.5% de la población no tendría una ingesta calórica mínima adecuada. Por otro lado, las proyecciones indican que los casos de diabetes superarían los 1.7 millones de personas [2]. En la actualidad se ha observado un creciente interés en el desarrollo de alimentos y bebidas funcionales que no solo satisfagan las necesidades nutricionales, sino también que brinden beneficios adicionales para la salud.

En el mundo se desechan alrededor de 4 a 11 millones de toneladas de subproducto lácteo (mayormente suero), representando una amenaza a la salud humana, a la biodiversidad y al ecosistema en general [3]. En Perú, la producción de queso en 2022 alcanzó 145.765 toneladas, generando más de un millón de toneladas de lactosuero como subproducto [4]. Por otro lado, en regiones productoras de lácteos como Apurímac, el lactosuero suele ser desechado, a pesar de su alto potencial de aprovechamiento como ingrediente funcional y fuente de nutrientes valiosos.

El lactosuero es una fuente rica en proteínas, vitaminas y minerales con efectos positivos sobre la digestión y el sistema inmunológico [5]. El polen de abeja aporta propiedades antioxidantes, inmunoestimulantes y nutricionales, aunque presenta desafíos sensoriales y tecnológicos en su aplicación [6]. Por su parte, el durazno, rico en vitaminas A y C y fibra dietética [7], destaca por su sabor dulce y refrescante, lo que lo convierte en un ingrediente ideal para bebidas funcionales. En la investigación de [8] titulada Optimización de la Bebida Funcional a Partir de Aguaymanto (*Physalis Peruviana*) y Mashua Amarilla (*Tropaeolum Tuberosum*) Utilizando el Método de Superficie de Respuesta, con el objetivo de Optimizar una bebida funcional a partir de aguaymanto y mashua amarilla utilizando el método de superficie de respuesta utilizando un diseño factorial 2², con 2 puntos centrales y 4 axiales. Se evaluaron formulaciones variando los porcentajes de mashua (30–40%) y aguaymanto (50–60%), completando con agua. El análisis sensorial, aplicado a consumidores mediante escala hedónica de nueve puntos, permitió identificar las formulaciones con mejor aceptación. Los parámetros fisicoquímicos obtenidos fueron °Brix entre 12–13, acidez de 0,15–0,80% y pH de 3,5–4,5. La bebida óptima se alcanzó con 336 g de mashua y 504 g de aguaymanto, con valores de °Brix 12,3, acidez 0,54, pH 4,0 y una deseabilidad global de 0,984, destacando por su contenido en vitamina C (15,4 mg/100g), compuestos fenólicos (18,2 mg GAE/100g) y carotenoides totales (0,2 mg/100g).

El desarrollo y optimización de una bebida funcional a base de lactosuero, durazno y polen de abeja representa un desafío en cuanto al ajuste adecuado de proporciones, la mejora de sus propiedades nutricionales y sensoriales, así como la aceptación general del producto final. Se espera que la aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) permita obtener una formulación con alto valor nutricional y buena aceptabilidad sensorial, logrando maximizar simultáneamente las características funcionales y organolépticas de la bebida.

En ese sentido, la presente investigación plantea como objetivos específicos: (a) evaluar el efecto de las proporciones de lactosuero, durazno y polen de abeja sobre las características fisicoquímicas de la bebida funcional; (b) analizar la influencia de dichas proporciones sobre los atributos sensoriales de sabor, acidez y aceptación general; y (c) ajustar un modelo matemático de segundo orden mediante la Metodología de Superficie de Respuesta que permita identificar la combinación óptima de los ingredientes.

Finalmente, se plantea como hipótesis de investigación que la aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta permitirá identificar una formulación óptima de lactosuero, durazno y polen de abeja que mejore significativamente las propiedades nutricionales y sensoriales de la bebida funcional, logrando una alta aceptabilidad por parte de los consumidores.

1.1. Bebidas funcionales y aprovechamiento de lactosuero

Las bebidas funcionales son productos sin alcohol formulados con ingredientes como frutas, hierbas, vitaminas, minerales, aminoácidos y otros compuestos bioactivos, considerados una fuente eficaz para el suministro de nutrientes y sustancias beneficiosas para la salud, entre ellas vitaminas, minerales, antioxidantes, ácidos grasos ω -3, extractos de plantas, fibra, prebióticos y probióticos [9]. Este tipo de bebidas contribuye al fortalecimiento del sistema inmunitario, la mejora de la salud intestinal y cardiovascular, así como al control de la digestión y del peso corporal[10].

En este contexto, el lactosuero se presenta como un ingrediente de alto valor nutricional y funcional, cuyo aprovechamiento permite desarrollar productos innovadores dentro del mercado de bebidas funcionales. Este subproducto de la industria láctea contiene lactosa, grasas, proteínas de elevado valor biológico, minerales y vitaminas, destacando sus propiedades tecno-funcionales y nutracéuticas [11]. Además, su incorporación en formulaciones alimentarias ofrece una alternativa sostenible y económica, al tiempo que contribuye a diversificar los productos derivados del sector lácteo.

1.2. Componentes bioactivos del durazno

El durazno (*Prunus persica*) contiene diversos componentes bioactivos como carotenoides (principalmente criptoxantina), antocianinas, vitamina C y polifenoles, los cuales le confieren un alto valor funcional por su capacidad antioxidante y antiinflamatoria. Estos compuestos ayudan a reducir el estrés oxidativo, retrasar el envejecimiento celular y fortalecer el sistema inmunológico. Además, la presencia de vitamina C y potasio contribuye al crecimiento y desarrollo del organismo, favoreciendo la regeneración celular y la prevención de enfermedades respiratorias [12].

Tabla 1. Composición nutricional del durazno

Componente	100 g de durazno
Carbohidratos	9.9 g
Fibra	1.5 g
Proteína	0.9 g
Vitamina A	326 UI
Vitamina C	6.6 mg
Potasio	190 mg
Calcio	6 mg
Hierro	0.3 mg
Zinc	0.2 mg
Zinc	0.2 mg

Fuente: Cuadro adaptado de [13]

1.3. Valor nutricional del polen de abeja

El polen, recolectado por las abejas y mezclado con su saliva, néctar y miel, es una fuente de nutrientes esenciales, incluyendo proteínas, aminoácidos, lípidos, vitaminas y minerales. La miel, a su vez, es un alimento dulce y energético producido por las abejas a partir del néctar de las flores [14]. El polen de abeja, aunque menos común que la miel, es un nutriente rico en proteínas, carbohidratos, lípidos, vitaminas, enzimas y compuestos fenólicos. Contiene diversos flavonoides como quercetina, naringenina, kaempferol y otros. Su composición incluye aproximadamente 37% de proteína, 51% de carbohidratos, 1% de vitaminas, 8% de lípidos y 3% de compuestos fenólicos [15].

1.4. Metodología RSM como herramienta de optimización

La Metodología de Superficie de Respuesta RSM es un conjunto de técnicas estadísticas y matemáticas para desarrollar experimentos, ajustar modelos empíricos (polinomios de segundo grado, por lo general) y encontrar las condiciones óptimas de un proceso o formulación en el que muchas variables independientes afectan una o más variables de respuesta [16].

Utilizamos esta metodología ya que nos permite modelar las interacciones y curvaturas entre lactosuero, durazno y polen de abeja, RSM estima interacciones $x_i x_j$ y términos cuadráticos x_i^2 , permitiendo encontrar óptimos interiores del espacio experimental, no sólo extremos [17]. La eficiencia experimental de los diseños RSM y diseños de mezcla reducen drásticamente el número de corridas necesarias comparado con un barrido factorial completo, lo que ahorra tiempo y materiales (crucial para ensayos sensoriales costosos) [18].



Un estudio presentado por Ishiwu, C.N, muestra la comparación entre la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) con otros métodos estadísticos como el Diseño Factorial Completo (DCC) y los Métodos de Taguchi, Mencionando que RSM frente a otras metodologías reduce el número de experimentos necesarios para encontrar la combinación óptima de ingredientes, sin perder precisión en los resultados, además se precisa que los modelos generados por RSM permiten predecir respuestas con alta exactitud, incluso antes de realizar pruebas físicas o de laboratorio, Asimismo se determinó que el Diseño de Box-Behnken fue el más apropiado dentro de los tipos de diseño RSM, ya que este diseño se aplica cuando se tienen tres o más factores, y en nuestra investigación tenemos tres factores (Lactosuero, Pulpa de Durazno y polen de abeja) [19].

Así como ellos, existen otros métodos con los cuales se compara la RSM, como Uno-factor-a-la-vez en el cual se ignora interacciones y requiere muchos más ensayos, Búsqueda heurística / prueba y error el cual es ineficiente y no formalmente reproducible, Modelos ML puros (sin DOE) que pueden predecir bien con muchos datos, pero necesitan gran cantidad de experimentos bien distribuidos; además, son menos interpretables. RSM + ML híbrido suele combinar lo mejor de ambos mundos [20].

1.5. Enfoque computacional y modelado experimental

La Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) requiere de un enfoque estadístico y computacional robusto que permita procesar, analizar y visualizar los datos experimentales para obtener modelos predictivos de alta precisión. En este sentido, la integración de herramientas informáticas en la optimización de formulaciones alimentarias ha demostrado ser esencial para reducir los tiempos de experimentación, minimizar costos y mejorar la exactitud de las predicciones [21].

Desde la perspectiva Computacional, la aplicación de software estadístico y de modelado matemático, como Design-Expert, Minitab, MATLAB o Python con librerías como statsmodels, scikit-learn y SciPy, permite realizar simulaciones avanzadas de los experimentos, ajustar modelos polinomiales de segundo orden y generar gráficos tridimensionales de superficie y contorno. Estas representaciones visuales facilitan la comprensión de las interacciones entre variables como el porcentaje de lactosuero, pulpa de durazno y polen de abeja, ayudando a determinar la región óptima de formulación [22].

El modelado experimental computacional también permite aplicar algoritmos de optimización multiobjetivo, como la función de deseabilidad global, que combina respuestas nutricionales (por ejemplo, contenido de proteína y compuestos fenólicos) con respuestas sensoriales (color, sabor y textura), generando una solución balanceada entre calidad nutricional y aceptabilidad sensorial. Este tipo de optimización guiada por software supera las limitaciones de los métodos tradicionales de ensayo y error[23].

Además, el uso de enfoques computacionales híbridos, que combinan RSM con redes neuronales artificiales (ANN) o algoritmos genéticos (GA), ha mostrado resultados prometedores en el campo alimentario. Estos modelos permiten refinar las predicciones obtenidas por RSM y explorar espacios experimentales más amplios con mayor eficiencia [24]. Esta integración refuerza el papel de la informática en la innovación alimentaria, al proveer herramientas inteligentes de análisis y predicción.

En el contexto del presente estudio, se propone implementar un modelo computacional basado en RSM mediante Python, empleando los paquetes numpy, pandas y statsmodels para el análisis de datos experimentales, junto con representaciones tridimensionales generadas con matplotlib. Este enfoque permitirá no solo determinar la formulación óptima de la bebida funcional, sino también automatizar el análisis estadístico y la simulación de respuestas bajo diferentes combinaciones de ingredientes, fortaleciendo la reproducibilidad y eficiencia del proceso de optimización.

2. Método

El presente estudio es de tipo aplicado y experimental, ya que busca desarrollar y optimizar la formulación de una bebida funcional a base de lactosuero, durazno (*Prunus persica*) y polen de abeja mediante la aplicación de la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM). La investigación es de nivel explicativo, porque pretende determinar y explicar la influencia de las variables independientes (porcentajes de lactosuero, durazno y polen de abeja) sobre las respuestas sensoriales y fisicoquímicas del producto, con el fin de establecer la combinación óptima de ingredientes que permita obtener una bebida con alto valor nutricional y buena aceptabilidad sensorial.

La población del estudio la constituyen (a) todas las posibles formulaciones factibles de la bebida funcional dentro de los rangos establecidos para lactosuero, durazno y polen de abeja, y (b) los consumidores potenciales del producto en la región objetivo (población general interesada en bebidas funcionales, excluyendo personas con alergia al polen o intolerancia láctea). La muestra se define en dos componentes, formulaciones y panel de consumidores que representa treinta panelistas semientrenados.

La técnica de procesamiento y análisis de datos se realizará a través de la metodología superficie respuesta usando el software Statgraphics XVII. La metodología de Superficie de Respuesta requiere que en cada fase identifiquen los factores significativos, se realice un análisis de adecuación del modelo y se determine la dirección en la cual se encuentran las condiciones óptimas de experimentación [25].

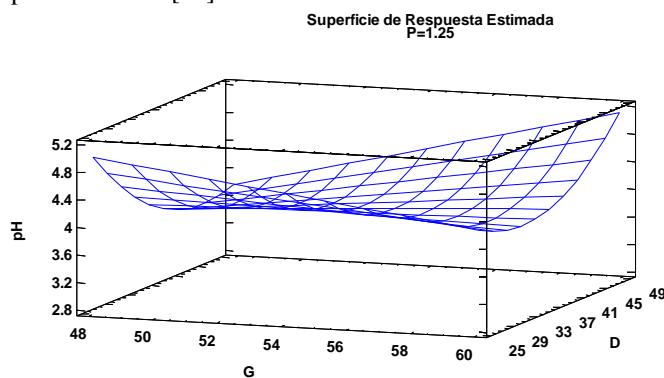


Fig. 1. Gráfico de superficie de respuesta. Adaptado de [25].

El modelo de superficie de respuesta, consistente en la obtención de ecuaciones matemáticas que relacionan las respuestas con los factores, la cual es considerada la ecuación de segundo orden.

$$Y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i X_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} X_i^2 + \sum_{i=1}^k \sum_{j \neq i} \beta_{ij} X_i X_j + \varepsilon$$

El diseño Box-Behnken para tres variables (porcentaje de lactosuero, pulpa de durazno y polen de abeja), con el diseño $k=3$ cuenta con 12 puntos mid-edge (laterales) y 3 puntos centrales haciendo un total de 15 ensayos con indicador de respuesta obtenida del resultado del análisis sensorial (pH, acidez, °Brix y aceptación general). Es un diseño rotable o casi rotable que se distingue porque no incluye como tratamientos a los vértices de la región experimental.

Su representación geométrica se muestra que los puntos de este diseño se ubican en medio de las aristas del cubo centrado en el origen y, como se había señalado, no incluye los tratamientos de los vértices, como $(1, 1, 1)$ y el $(-1, -1, -1)$ que en algunas situaciones experimentales resultan extremos y no se pueden correr [25].

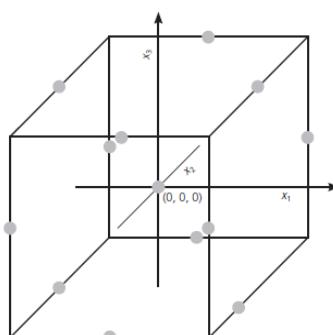


Fig. 2. Representación del diseño de Box-Behnken para tres factores. Tomado de [25].

2.1. Formulaciones del trabajo de investigación

Tabla 2. formulaciones según porcentaje de Lactosuero, Pulpa de durazno y polen de abeja

Formula-ciones	Porcentajes		
	Lactosuero (%)	Durazno (%)	Polen de abeja (%)
1	54	36.5	1.25
2	48	25	1.25
3	60	25	1.25
4	48	48	1.25
5	60	48	1.25
6	48	36.5	0.5
7	60	36.5	0.5
8	54	36.5	1.25
9	48	36.5	2
10	60	36.5	2
11	54	25	0.5
12	54	48	0.5
13	54	25	2
14	54	48	2
15	54	36.5	1.25

2.2. Diagrama de flujo de la elaboración de una bebida funcional a base de lactosuero, durazno (*Prunus persica*) y polen de abeja

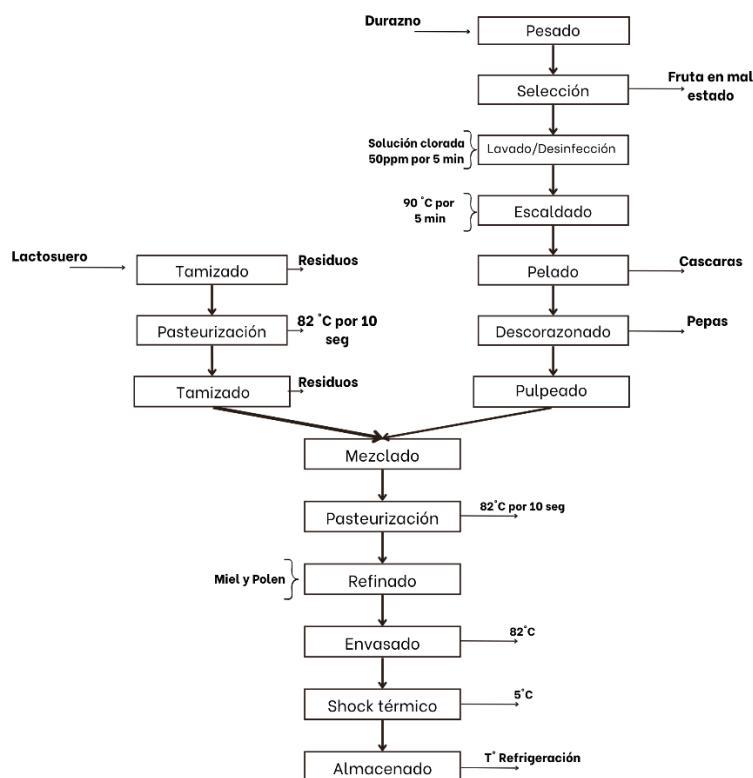


Fig. 3. Diagrama de flujo para la elaboración de la bebida funcional. Elaboración propia.

a) Descripción del proceso de la elaboración

1) Recepción y acondicionamiento de la materia prima

• **Lactosuero**

El lactosuero obtenido será tamizado para eliminar residuos sólidos y se someterá a pasteurización a 82 °C durante 10 segundos con el propósito de reducir la carga microbiana y garantizar su inocuidad. Luego, se realizará un segundo tamizado para retirar posibles partículas o grumos remanentes.

• **Durazno**

Para la preparación del durazno, se pesará la cantidad necesaria, seleccionando frutas en buen estado, las cuales se lavarán y desinfectarán en una solución clorada a 50 ppm durante 5 minutos.

Posteriormente, se escaldarán a 90 °C durante 5 minutos para facilitar el pelado, se retirarán las pepas y se obtendrá la pulpa mediante pulpeado, separando fibra y semillas.

2) Incorporación

En la mezcla, se incorporará el lactosuero pasteurizado con la pulpa de durazno, añadiendo linaza molida para aportar fibra y estabilidad. La mezcla será nuevamente pasteurizada a 82 °C durante 10 segundos, y luego se añadirán la miel y el polen de abeja, refinándola hasta lograr una textura homogénea.

3) Envasado y almacenamiento

Finalmente, en la etapa, el producto se envasará a 82 °C en condiciones asépticas, aplicándose luego un enfriamiento rápido a 5 °C para conservar sus características sensoriales. Los envases serán previamente esterilizados, lavados, y el producto terminado se almacenará en refrigeración a 5 °C hasta su distribución y consumo.

2.3. Determinación de características fisicoquímicas

Para la determinación de los parámetros fisicoquímicos se seguirá una metodología rigurosa que asegura la precisión y confiabilidad de los resultados.

a) Determinación de acidez

El porcentaje de acidez se determina mediante titulación con NaOH (0.1 N de acuerdo con el método AOAC (942.15, 1942), usando la Ecuación:

$$\% \text{ Acidez} = \frac{V_{NaOH} * N_{NaOH} * E}{m} * 100$$

Donde:

V_{NaOH} = Volumen de gasto del hidróxido de sodio.

N_{NaOH} = Normalidad del hidróxido de sodio.

E= Peso miliequivalente del ácido láctico.

m= Volumen de la muestra.

b) Determinación de pH

Se determina por el método AOAC (981.12, 2005) en el potenciómetro.

c) Determinación del valor de sólidos solubles

Se calculará como °Brix utilizando un refractómetro portátil de acuerdo con el método.

d) Evaluación sensorial

En la escala hedónica de 1 a 5. “Me disgusta” a “me gusta”.

FORMULARIO PARA EVALUACION DE ACEPTABILIDAD DE LA BEBIDA A BASE DE LACTOSUERO CON DURAZNO Y POLEN DE ABEJA

Panelista Nro: _____ Fecha: _____

Sexo : Femenino: Masculino:

INSTRUCCIONES:

- a) Enjuagar su boca con agua antes y después de probar cada muestra.
- b) Tome la muestra completa y repita
- c) Pruebe cada muestra y marque con una (x) solo una de las alternativas de puntuación para describir cada característica de calidad según la escala hedónica |

MUESTRA	OLOR					COLOR					SABOR					TEXTURA				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
T1																				
T2																				
T3																				
Comentarios:																				

ESCALA HEDÓNICA	
DESCRIPCION	PUNTUACION
Me gusta mucho	5
Me gusta poco	4
Ni me gusta ni me disgusta	3
Me disgusta un poco	2
Me disgusta mucho	1

Muchas gracias por su participación

Fig. 3. Ficha de evaluación sensorial para la bebida funcional de lactosuero, durazno polen de abeja.

3. Referencias

- [1] B. M. Popkin y C. Hawkes, «Sweetening of the global diet, particularly beverages: Patterns, trends, and policy responses», *Lancet Diabetes Endocrinol*, vol. 4, n.o 2, pp. 174-186, feb. 2016, doi: 10.1016/S2213-8587(15)00419-2.
- [2] I. N. de E. e I. INEI, «Perú: Encuesta Demográfica y de Salud Familiar 2024 - Nacional y Departamental», 2024. [En línea]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/inei/informes-publicaciones/6813623-peru-encuesta-demografica-y-de-salud-familiar-2024>
- [3] M. Lizárraga-Chaidez et al., «El inocente impacto ambiental del suero de la leche», *Epistemus* (Sonora), vol. 17, n.o 35, pp. 88-97, 2023, doi: 10.36790/EPISTEMUS.V17I35.316.
- [4] J. C. León Carrasco, «Producción nacional de quesos alcanzó las 145.765 toneladas en 2022, mostrando un incremento de 15% frente al año previo», Agencia Agraria de Noticias, 28 de marzo de 2023. Accedido: 14 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://agraria.pe/noticias/produccion-nacional-de-quesos-alcanzo-las-145-765-toneladas--31289>
- [5] C. Alvarado Carrasco y M. Guerra, «Lactosuero como fuente de péptidos bioactivos», *Anales Venezolanos de Nutrición*, vol. 23, n.o 1, pp. 45-50, 2010, Accedido: 29 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-07522010000100007&lng=es&nrm=iso&tlang=es
- [6] B. Denisow y M. Denisow-Pietrzyk, «Biological and therapeutic properties of bee pollen: a review», *J Sci Food Agric*, vol. 96, n.o 13, pp. 4303-4309, oct. 2016, doi: 10.1002/JSFA.7729;WGROUP:STRING:PUBLICACION
- [7] C. A. Moreno Mena, «COMPARACIÓN NUTRICIONAL DEL SNACK DE FRUTA DESHIDRATADA DE NARANJA (Citrus X sinensis) Y DURAZNO (Prunus pérssica)», 2022.
- [8] E. K. Contreras Lujan, «OPTIMIZACIÓN DE LA BEBIDA FUNCIONAL A PARTIR DE AGUAYMANTO (*Physalis peruviana*) Y MASHUA AMARILLA (*Tropaeolum tuberosum*) UTILIZANDO EL MÉTODO DE SUPERFICIE DE RESPUESTA», UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCAYA, 2019.
- [9] R. S. Agrawal, R. C. Ranveer, N. B. Rathod, y N. P. Nirmal, «Phytochemicals as bioactive ingredients for functional foods», *Recent Frontiers of Phytochemicals: Applications in Food, Pharmacy, Cosmetics, and Biotechnology*, pp. 95-108, ene. 2023, doi: 10.1016/B978-0-443-19143-5.00028-1.
- [10] L. Fuentes Berrio, D. Acevedo Correa, C. A. Chantré, y V. M. Gelvez Ordoñez, «ALIMENTOS FUNCIONALES: IMPACTO Y RETOS PARA EL DESARROLLO Y BIENESTAR DE LA SOCIEDAD COLOMBIANA», *Biotecnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, vol. 13, n.o 2, pp. 140-149, 2015, doi: 10.18684/BSAA(13)140-149.
- [11] Á. P. Aponte Colmenares et al., «Review. Aplicaciones del lactosuero y sus derivados proteínicos», *Ciencia en Desarrollo*, vol. 14, n.o 2, pp. 139-155, jul. 2023, doi: 10.19053/01217488.V14.N2.2023.15002.



- [12] J. Aguayo-Rojas et al., «Fitoquímicos y propiedades nutracéuticas de durazno (*Prunus persica* L.) cultivado en Zacatecas», Polibotanica, vol. 0, n.o 53, pp. 151-166, ene. 2022, doi: 10.18387/POLIBOTANICA.53.10.
- [13] D. J. Pérez Villarroel, «Obtención de una bebida fermentada alcohólica a base de mosto de durazno abridor (*Prunus persica*)», 16 de julio de 2019, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Accedido: 29 de octubre de 2025. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/11842>
- [14] T. H. Roulston y J. H. Cane, «Pollen nutritional content and digestibility for animals», Plant Systematics and Evolution, vol. 222, n.o 1-4, pp. 187-209, 2000, doi: 10.1007/BF00984102.
- [15] E. W. HERBERT y H. SHIMANUKI, «CHEMICAL COMPOSITION AND NUTRITIVE VALUE OF BEE-COLLECTED AND BEE-STORED POLLEN», Apidologie, vol. 9, n.o 1, pp. 33-40, 1978, doi: 10.1051/APIDO:19780103.
- [16] M. Reji y R. Kumar, «Response surface methodology (RSM): An overview to analyze multivariate data», Indian Journal of Microbiology Research, vol. 9, n.o 4, pp. 241-248, 2022, doi: 10.18231/J.IJMR.2022.042.
- [17] A. Czyski y H. Jarzebski, «Response Surface Methodology as a Useful Tool for Evaluation of the Recovery of the Fluoroquinolones from Plasma—The Study on Applicability of Box-Behnken Design, Central Composite Design and Doehlert Design», Processes 2020, Vol. 8, Page 473, vol. 8, n.o 4, p. 473, abr. 2020, doi: 10.3390/PR8040473.
- [18] D. Galvan, L. Effting, H. Cremasco, y C. A. Conte-Junior, «Recent applications of mixture designs in beverages, foods, and pharmaceutical health: A systematic review and meta-analysis», Foods, vol. 10, n.o 8, p. 1941, ago. 2021, doi: 10.3390/FOODS10081941/S1.
- [19] M. Wanyonyi, J. W. Kiluyi, y A. A. Okango, «Optimization of a Functional Beverage Formulation Using a Constrained Mixture Design with Multiple Responses», Asian Journal of Probability and Statistics, vol. 27, n.o 1, pp. 1-16, ene. 2025, doi: 10.9734/AJPAS/2025/V27I1699.
- [20] A. K. Jha y N. Sit, «Comparison of response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN) modelling for supercritical fluid extraction of phytochemicals from *Terminalia chebula* pulp and optimization using RSM coupled with desirability function (DF) and geneti...», Ind Crops Prod, vol. 170, p. 113769, oct. 2021, doi: 10.1016/J.INDCROP.2021.113769.
- [21] M. A. Bezerra, R. E. Santelli, E. P. Oliveira, L. S. Villar, y L. A. Escalera, «Response surface methodology (RSM) as a tool for optimization in analytical chemistry», Talanta, vol. 76, n.o 5, pp. 965-977, sep. 2008, doi: 10.1016/J.TALANTA.2008.05.019.
- [22] D. C. Montgomery, Design and Analysis of Experiments, John Wiley & Sons, vol. 106, n.o 11. 2017. [En línea]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/362079778_Design_and_Analysis_of_Experiments_9th_Edition
- [23] J. Sun, T. Yang, Q. Liu, y Z. Sun, «Optimization of key technology for instant sea cucumber processing through fuzzy evaluation and response surface methodology», Am J Biochem Biotechnol, vol. 13, n.o 2, pp. 99-110, 2017, doi: 10.3844/AJBBSP.2017.99.110.
- [24] A. K. Jha y N. Sit, «Comparison of response surface methodology (RSM) and artificial neural network (ANN) modelling for supercritical fluid extraction of phytochemicals from *Terminalia chebula* pulp and optimization using RSM coupled with desirability function (DF) and geneti...», Ind Crops Prod, vol. 170, oct. 2021, doi: 10.1016/J.INDCROP.2021.113769.
- [25] H. Gutiérrez Pulido y R. de la Vara Salazar, Análisis y diseño de experimentos, 3.a ed. 2012. [En línea]. Disponible en: <https://www.facebook.com/pages/Interfase->

4. Anexos

Anexo 1: Poster científico presentado en la feria FERCYT

Optimización mediante la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM) para la formulación de una bebida funcional a base de lactosuero, durazno (*Prunus persica*) y polen de abeja

Liz Avelina Avalos Rozas, Liz Mery Mendieta Navio y Carlos Daniel Huachllanqui Olivera
Escuela Profesional de Ingeniería Agroindustrial e Informática y Sistemas

RESUMEN

El presente estudio tiene como objetivo optimizar la formulación de una bebida funcional elaborada a base de lactosuero, durazno (*Prunus persica*) y polen de abeja, mediante la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM). Se aplicó un diseño experimental Box-Behnken con tres factores (lactosuero, durazno y polen) en tres niveles, obteniendo un total de 15 tratamientos. Las variables de respuesta a evaluar son pH, acidez titulable, sólidos solubles (°Brix) y aceptabilidad sensorial. Los análisis se realizarán con el software Statgraphics XVII, ajustando modelos polinómicos de segundo orden para identificar las interacciones entre los factores y determinar la combinación óptima. Se espera obtener una bebida con alto valor nutricional, propiedades sensoriales equilibradas y aprovechamiento sostenible del lactosuero, contribuyendo al desarrollo de productos funcionales innovadores dentro de la industria alimentaria.

El lactosuero, subproducto del queso, suele desecharse pese a su alto valor nutricional, generando impacto ambiental y desperdiciando un recurso funcional. Frente al consumo de bebidas azucaradas con bajo valor nutritivo, se plantea aprovechar el lactosuero en la formulación de una bebida funcional con durazno y polen de abeja, que aporte beneficios nutricionales y sensoriales.

OBJETIVO

Optimizar la formulación de una bebida funcional a base de lactosuero, durazno (*Prunus persica*) y polen de abeja mediante la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM)

HIPÓTESIS

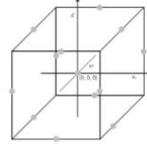
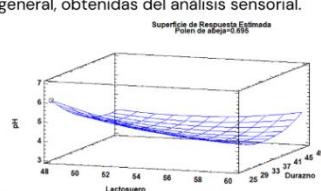
La proporción adecuada de lactosuero, durazno y polen de abeja influye en las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de la bebida funcional, permitiendo obtener, mediante la Metodología de Superficie de Respuesta (RSM), una formulación óptima y aceptable para el consumidor.

METODOLOGÍA

Se aplicará la Metodología de Superficie de Respuesta (MSR) con el software Statgraphics XVII para analizar los resultados y determinar las condiciones óptimas del experimento.

Se utilizó un diseño Box-Behnken con tres factores: porcentaje de lactosuero, pulpa de durazno y polen de abeja, realizando 15 ensayos en total.

Las variables de respuesta serán pH, acidez, °Brix y aceptación general, obtenidas del análisis sensorial.



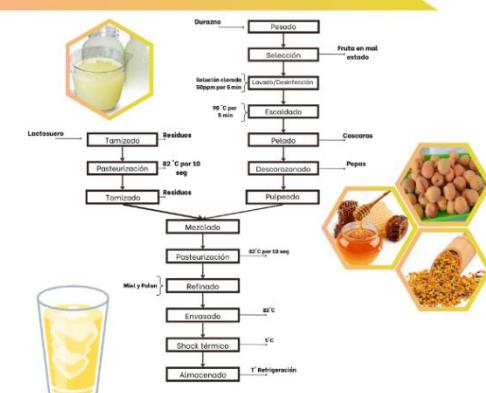
Formulaciones	Lactosuero (%)	Durazno (%)	Polen de abeja (%)	Porcentajes
1	54	36.5	1.25	
2	48	25	1.25	
3	60	25	1.25	
4	48	48	1.25	
5	60	48	1.25	
6	48	36.5	0.5	
7	60	36.5	0.5	
8	54	36.5	2	
9	48	36.5	1.25	
10	60	36.5	2	
11	54	25	0.5	
12	54	48	0.5	
13	54	25	2	
14	54	48	2	
15	54	36.5	1.25	



Determinación de características fisicoquímicas



PROCEDIMIENTO



AGRADECIMIENTO:

