

Artículo Original  
Original Article

**EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DE UN ALIÑO CON DISTINTOS NIVELES DE EXTRACTO DE GUAVIDUCA  
(Piper carpunya Ruiz & Pav.)  
EVALUATION OF THE STABILITY OF A DRESSING FORMULATED WITH DIFFERENT LEVELS OF GUAVIDUCA  
EXTRACT (Piper carpunya Ruiz & Pav.)**

**Miguel Ángel Enríquez**

Universidad Estatal Amazónica, Escuela de Agroindustrias. Puyo, Ecuador.  
Universidad Nacional de Cuyo Programa, Facultad de Ciencias Aplicadas a la Industria, Doctorado en Ingeniería de Productos y  
Procesos para la Industria Alimentaria. San Rafael, Argentina.  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-8937-9664>

**Luis Andrés Torres**

Universidad Estatal Amazónica, Escuela de Agroindustrias. Puyo, Ecuador.  
Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1289-2539>

**Autor correspondal:** Miguel Ángel Enríquez: [menriquez@uea.edu.ec](mailto:menriquez@uea.edu.ec)

Cómo citar este artículo:

Enríquez MA, Torres LA. Evaluación de la estabilidad de un aliño con distintos niveles de extracto de guaviduca (Piper carpunya Ruiz & Pav.). Rev. Soc. cient. Parag. 2025;30(2):01-15

## RESUMEN

Los aliños son componentes esenciales en la gastronomía por su capacidad para realzar el sabor, aroma y textura de los alimentos, adaptándose a diversas preferencias culturales. En respuesta a la creciente demanda por ingredientes naturales, esta investigación, desarrollada en la Universidad Estatal Amazónica, evaluó el efecto del extracto de Guaviduca (*Piper carpunya*) en aliños, utilizando tres niveles de dosificación (0.5%, 1.25% y 2%) y analizando parámetros bromatológicos, microbiológicos y sensoriales. Se incluyeron mediciones de proteínas, grasas, cenizas, actividad antioxidante y atributos organolépticos, además de pruebas de estabilidad a temperaturas aceleradas (30, 40 y 50 °C). El análisis estadístico, basado en un diseño compuesto central y ANOVA, reveló que tanto la dosis como el tiempo de maceración influyeron significativamente en la actividad antioxidante ( $F = 65.53$ ;  $p < 0.0001$ ), con un modelo predictivo robusto ( $R^2 = 0.9149$ ). La formulación óptima, determinada mediante análisis de deseabilidad, correspondió a una dosis de 1.439% y 72 horas de maceración, mejorando la estabilidad sin comprometer la calidad nutricional. La formulación T48-2.00 (48 h, 2%) fue la más valorada sensorialmente, especialmente en sabor y color, aunque sin diferencias significativas entre tratamientos ( $p > 0.05$ ), lo que sugiere una tendencia favorable. El producto cumplió con las normativas de seguridad alimentaria y mostró una vida útil prolongada, validando el uso del extracto de Guaviduca como ingrediente funcional. En conjunto, los resultados respaldan su aplicación en aliños naturales con propiedades mejoradas y alto potencial.

**Palabras clave:** aliño; antioxidantes; Piper carpunya; estabilidad; vida útil.

## ABSTRACT

Seasonings play a fundamental role in gastronomy by enhancing the flavor, aroma, and texture of foods, while adapting to diverse cultural preferences. In response to the growing demand for natural and functional ingredients, this study—conducted at the Amazon State University—evaluated the effect of Guaviduca (*Piper carpunya*) extract in seasoning formulations using three dosage levels (0.5%, 1.25%, and 2%). Bromatological, microbiological, and sensory parameters were analyzed, including protein, fat, ash content, antioxidant activity, and organoleptic attributes. Product stability was also assessed under accelerated temperature conditions (30, 40, and 50 °C). Statistical analysis, based on a central composite design and ANOVA, revealed that both extract dosage and maceration time significantly influenced antioxidant activity ( $F = 65.53$ ;  $p < 0.0001$ ), with a robust

predictive model ( $R^2 = 0.9149$ ). The optimal formulation, determined through desirability analysis, was identified as 1.439% extract with 72 hours of maceration, enhancing product stability without compromising nutritional quality. The T48-2.00 formulation (48 h, 2%) was the most appreciated in sensory evaluation, particularly in flavor and color, suggesting a positive synergy between extract concentration and exposure time. Although no statistically significant differences were observed among sensory treatments ( $p > 0.05$ ), clear trends were identified. The product complied with food safety standards and exhibited extended shelf life, validating the use of *Guaviduca* extract as a functional ingredient. Overall, the findings support its application in natural seasoning development, offering improved properties and strong market potential.

**Keywords:** dressing; antioxidants; *Piper carpunya*; stability; shelf life.

## INTRODUCCIÓN

Los aliños desempeñan un rol fundamental en la gastronomía, ya que su combinación de especias, hierbas y otros ingredientes aromáticos permite realzar el sabor, aroma y textura de los alimentos. Esta función contribuye significativamente a la experiencia culinaria, ya que los aliños no solo añaden un toque distintivo a cada plato, sino que también facilitan la personalización de sabores conforme a las preferencias culturales y regionales, enriqueciendo así la diversidad gastronómica<sup>(1)</sup>.

Al optimizar la palatabilidad de los alimentos, los aliños transforman platillos cotidianos en opciones más atractivas y satisfactorias para el consumidor. La variedad de perfiles de sabor resultantes de la combinación de ingredientes específicos contribuye a equilibrar notas de acidez, dulzura, salinidad y amargor, mejorando la calidad sensorial y permitiendo que los platos se conviertan en experiencias memorables<sup>(1)</sup>. Este impacto en la percepción del consumidor subraya la importancia del aroma y el sabor en la experiencia de un platillo; un aliño bien formulado puede evocar sensaciones de frescura, calidez o exotismo, elevando así la satisfacción general del comensal.

En los últimos años, el interés por utilizar plantas y especias naturales en productos alimenticios ha aumentado, reflejando una tendencia hacia el consumo de ingredientes menos procesados y más saludables. Este cambio responde a una preocupación creciente de los consumidores respecto a los efectos de los aditivos artificiales y conservantes en la salud, así como a la conciencia sobre el impacto ambiental de la producción alimentaria convencional<sup>(2)</sup>.

Las plantas y especias naturales, además de ofrecer sabores y aromas únicos, aportan compuestos bioactivos como antioxidantes, vitaminas y minerales, los cuales pueden contribuir a reducir el riesgo de enfermedades crónicas<sup>(3)</sup>. Este enfoque ha impulsado a la industria alimentaria a desarrollar productos más naturales y sostenibles, sin comprometer la calidad ni la seguridad alimentaria. Asimismo, la preferencia por opciones saludables ha revalorizado ingredientes locales y tradicionales, abriendo oportunidades para el uso de especias menos conocidas en el mercado global, como *Piper carpunya* en Ecuador, una planta con propiedades antimicrobianas, antioxidantes y antiinflamatorias<sup>(4)(5)</sup>.

La vida útil de un alimento se define como el período durante el cual, bajo condiciones de almacenamiento controladas, mantiene sus características sensoriales, fisicoquímicas y microbiológicas dentro de un rango aceptable<sup>(1)</sup>. Tradicionalmente, la industria alimentaria ha recurrido al uso de conservantes sintéticos como el ácido benzoico, ácido ascórbico y nitrosos, entre otros, para extender este período<sup>(6)</sup>. Sin embargo, la controversia sobre los posibles efectos adversos de algunos conservantes, como los nitritos y su capacidad para formar nitrosaminas cancerígenas, ha motivado la búsqueda de alternativas naturales que cumplan con los requerimientos de seguridad y calidad alimentaria<sup>(7)</sup>.

*Piper carpunya* Ruiz & Pav., conocida comúnmente como "Guaviduca", es una planta endémica de Ecuador, tradicionalmente utilizada por comunidades como los Tsáchilas por sus propiedades medicinales. Esta planta contiene metabolitos secundarios como lignanos, flavonas y neolignanos, que le otorgan múltiples propiedades antimicrobianas, antioxidantes, antiparasitarias y antifúngicas, las cuales pueden contribuir a la inhibición del crecimiento de microorganismos patógenos en alimentos<sup>(4)(5)</sup>.

Investigaciones recientes han evidenciado que el uso de extractos naturales como los de *Piper carpunya* y *Momordica charantia* presenta una notable efectividad en la inhibición del crecimiento microbiano y en la reducción de la oxidación lipídica en productos alimenticios. Esta actividad se atribuye principalmente a la alta concentración de compuestos antioxidantes, como flavonoides, alcaloides y terpenos, presentes en estas especies vegetales, los cuales actúan como agentes antimicrobianos y conservantes naturales<sup>(7)</sup>.

En este marco, el extracto de Guaviduca (nombre común de *Piper carpubya*) se perfila como una alternativa prometedora frente a los conservantes sintéticos utilizados en la industria alimentaria <sup>(8)</sup> Su aplicación no solo contribuye a prolongar la vida útil de los alimentos, sino que también reduce el riesgo de exposición a compuestos químicos potencialmente nocivos, asociados con enfermedades metabólicas y gastrointestinales. Además, el uso de extractos vegetales responde a una creciente demanda de productos más saludables y sostenibles por parte de los consumidores <sup>(9)</sup>.

La oxidación es un fenómeno recurrente en aderezos y aliños, que representa un desafío importante para la industria alimentaria al afectar la calidad, el sabor y la vida útil del producto. Estudios <sup>(10)</sup> centrados en la estimación de la vida útil en aderezos con cúrcuma, han demostrado que la inclusión de antioxidantes naturales puede mejorar significativamente la estabilidad y duración de estos productos. El tiempo de vida útil del aderezo con cúrcuma a distintas temperaturas se incrementó notablemente en comparación con el aderezo sin este ingrediente.

A raíz de estos hallazgos, la presente investigación se centra en analizar cómo la incorporación de hojas de *Piper carpubya* en diferentes dosis influye en la estabilidad de un aliño. Esta evaluación tiene el potencial de respaldar el uso de Guaviduca como conservante natural en alimentos, contribuyendo así al desarrollo de productos más saludables y con una vida útil prolongada. En base a los antecedentes el objetivo del estudio fue evaluar el efecto del polvo de la hoja de Guaviduca (*Piper carpubya* Ruiz & Pav) sobre la estabilidad del aliño.

## **METODOLOGIA**

El estudio fue realizado en los laboratorios de la Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, ubicada en el Km 2½ de la vía Puyo a Tena, Ecuador.

Este siguió un enfoque de investigación descriptivo y experimental. La investigación descriptiva permitió caracterizar las propiedades bromatológicas, microbiológicas y organolépticas del aliño con extracto de Guaviduca (*Piper carpubya*), mientras que el enfoque experimental se centró en evaluar el impacto de diferentes niveles de este extracto en la estabilidad del producto final.

Para el desarrollo experimental se seleccionó el extracto de Guaviduca como ingrediente funcional debido a su potencial bioactivo, particularmente por su contenido de compuestos fenólicos, flavonoides y otros metabolitos secundarios con propiedades antioxidantes y antimicrobianas. Estos compuestos han sido ampliamente estudiados en matrices alimentarias por su capacidad para mejorar la estabilidad del producto, prolongar la vida útil y aportar beneficios funcionales al consumidor. En este contexto, se establecieron tres niveles de dosificación del extracto (0.5%, 1.25% y 2% respecto al volumen total del aliño), con el objetivo de evaluar su efecto tanto en la calidad sensorial como en los parámetros microbiológicos y bromatológicos del producto final.

Desde el punto de vista cuantitativo, se realizaron análisis microbiológicos para determinar la presencia de coliformes totales y aerobios mesófilos, indicadores clave de la inocuidad y estabilidad del producto. Paralelamente, se llevaron a cabo análisis bromatológicos para cuantificar los contenidos de proteína, grasa, ceniza y evaluar la actividad antioxidante, lo cual permitió establecer el impacto nutricional y funcional del extracto en las distintas formulaciones. Complementariamente, se aplicaron métodos cualitativos mediante análisis sensorial con escala hedónica, evaluando atributos organolépticos como color, sabor, olor y textura, fundamentales para determinar la aceptabilidad del producto por parte del consumidor.

La inclusión del extracto de Guaviduca en diferentes concentraciones permitió observar su influencia en la percepción sensorial y en la calidad físico-química del aliño, proporcionando una base científica para su posible aplicación en el desarrollo de alimentos funcionales. Esta estrategia metodológica integral, que combina análisis sensorial, microbiológico y bromatológico, responde a un enfoque multidimensional orientado a la innovación alimentaria con valor agregado. En la tabla 1 se detalla el método experimental utilizado.

	Factor 1	Factor 2	Respuesta
Experimentos	A: Dosis (%)	B: Tiempo de maceración (horas)	Actividad antioxidante, Contenido de proteínas, Contenido de grasa bruta, Contenido de cenizas.
1	0.5	24	
2	1.25	72	
3	2	72	
4	1.25	48	
5	0.5	72	
6	1.25	24	
7	2	48	
8	1.25	48	
9	2	24	
10	1.25	48	
11	1.25	48	
12	1.25	48	
13	0.5	48	

**Tabla 1.** Diseño Experimental

En lo que se relaciona a los análisis bromatológicos, antioxidantes y microbiológicos se utilizaron los siguientes métodos según se detalla en la tabla 2.

Tipo	Método
Ceniza	AOAC 962.09
Grasa	AOAC 994.15
Proteínas	AOAC 981.10
Antioxidantes	FRAP (Ferric ion reducing antioxidant Power) ABTS (Ácido 2,2 –azinobis (3- etilbenzotiazolin)-6- sulfónico)
Coliformes totales	AOAC (998.08)
Aerobios mesófilos	AOAC (990.12)

**Tabla 2.** Métodos bromatológicos

**Análisis sensorial.** - Para la evaluación sensorial se conformó un panel semientrenado de catadores seleccionados bajo criterios de disponibilidad, salud sensorial y experiencia previa. Los panelistas fueron instruidos previamente sobre el uso de una escala hedónica de 9 puntos, donde 1 representa “disgusta extremadamente” y 9 “gusta extremadamente”, evaluando los atributos de sabor, color, olor y textura. Las muestras fueron codificadas aleatoriamente y presentadas en orden aleatorio para evitar sesgos, bajo condiciones controladas de iluminación y temperatura, con neutralización del paladar entre muestras. Cada panelista evaluó todas las formulaciones, y los puntajes obtenidos fueron registrados y sumados por atributo. Posteriormente, se aplicó la prueba de Chi Cuadrado de Pearson ( $\alpha = 0.05$ ) para determinar la existencia de diferencias significativas entre tratamientos, considerando la naturaleza ordinal de los datos sensoriales.

#### **Estabilidad del aliño en condiciones aceleradas por temperatura**

Se evaluó la cinética de degradación de los compuestos antioxidantes del aliño a tres temperaturas (30, 40 y 50 °C) en estufa (Binder), superiores a la temperatura de conservación habitual, con el fin de analizar el efecto de la temperatura

sobre la estabilidad antioxidante. La actividad antioxidante fue determinada mediante el método FRAP, siguiendo el protocolo de Benzi y Strain (1996). Para el análisis, se añadieron 80 µL del extracto a un matraz aforado de 10 mL, seguido de la incorporación de 5 mL de la solución FRAP recién preparada. Posteriormente, se completó el volumen del matraz con agua destilada hasta los 10 mL. La mezcla se incubó en estufa a 37 °C durante 30 minutos y luego se midió la absorbancia a 593 nm en un espectrofotómetro Genesys 10UV scanning, comparando los resultados con una disolución de control.

## RESULTADOS

### Análisis sensorial

El análisis sensorial realizado mediante la escala hedónica permitió evaluar la aceptabilidad de distintas formulaciones de un aliño enriquecido con polvo de Guaviduca, considerando atributos clave como olor, sabor, color y textura. Los resultados obtenidos, resumidos en la Tabla 3, evidencian que la muestra T48-2.00 (48 horas de maceración y 2% de incorporación del aditivo) fue la más valorada por los panelistas, alcanzando la puntuación total más alta (287 puntos), destacando particularmente en sabor (75 puntos) y color (72 puntos). Este comportamiento sugiere una posible sinergia entre el tiempo de maceración y la concentración del ingrediente funcional, que podría haber potenciado las características organolépticas del producto. Sin embargo, otras formulaciones como T72-2.00 y T72-0.50 también mostraron altos niveles de aceptación, lo que indica que el tiempo de maceración prolongado podría influir positivamente en la percepción sensorial, aunque no de forma lineal.

	T1 T24- 0.50	T2 T24- 1.25	T3 T24-2.00	T4 T48- 0.50	T5 T48- 1.25	T6 T48-2.00	T7 T72- 0.05	T8 T72- 1.25	T9 T72-2.00
SABOR	60	60	64	68	70	75	72	70	74
COLOR	58	58	60	68	68	72	70	68	70
OLOR	58	58	60	64	68	70	70	68	70
TEXTURA	68	68	68	68	68	70	70	68	70
TOTAL	244	244	252	268	274	287	282	274	284

**Tabla 3.** Puntuación otorgada por los panelistas en el análisis sensorial (Elaboración propia, 2025)

A pesar de estas diferencias descriptivas, el análisis estadístico mediante la prueba de Chi Cuadrado (Tabla 4) no reveló diferencias significativas entre las muestras para ninguno de los atributos evaluados ( $p > 0.05$ ), lo que sugiere que las variaciones observadas podrían atribuirse a la variabilidad individual de los panelistas o al tamaño limitado del panel, más que a diferencias reales entre las formulaciones. Esta discrepancia entre la apreciación subjetiva y la significancia estadística es común en estudios sensoriales, y resalta la necesidad de complementar estos análisis con pruebas más sensibles o con un mayor número de evaluadores. En términos prácticos, aunque no se puede afirmar con certeza estadística la superioridad de una muestra sobre otra, los resultados descriptivos permiten identificar tendencias valiosas para el desarrollo de productos, destacando a la muestra T48-2.00 como una formulación prometedora para futuras investigaciones o aplicaciones comerciales.

CHI-SQUARE TEST 0,05 LEVEL		Chi-Square	DF	Prob>ChiSq	Significancia
SABOR	pearson Chi-Square	54	48	0.25591	NO SIGNIFICATIVO
	Likelihood Ratio	3400.486	48	0.93663	
COLOR	pearson Chi-Square	36	32	0.28665	NO SIGNIFICATIVO
	Likelihood Ratio	2741.319	32	0.69805	
OLOR	pearson Chi-Square	36	32	0.28665	NO SIGNIFICATIVO
	Likelihood Ratio	2741.319	32	0.69805	
TEXTURA	pearson Chi-Square	9	8	0.3423	NO SIGNIFICATIVO
	Likelihood Ratio	1145.726	8	0.17711	

**Tabla 4.** Resultados estadísticos del análisis sensorial mediante Chi Cuadrado

### Análisis bromatológicos y actividad antioxidante

El análisis estadístico de optimización, basado en el diseño compuesto central (Central Composite Design), generó resultados individuales para cada variable de respuesta evaluada. En particular, para la actividad antioxidante, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%, el cual permitió evaluar la significancia del modelo matemático lineal ajustado a esta variable. Los resultados detallados se presentan en la Tabla 5, donde se observan los efectos y la relevancia estadística de los factores estudiados en relación con la actividad antioxidante del aliño. El valor de F de 65.53 confirma la significancia estadística del modelo matemático lineal, indicando que es adecuado para representar la actividad antioxidante en función de las variables estudiadas. Los valores de p menores a 0.0500 muestran que los términos del modelo, específicamente la dosis y el tiempo de maceración, tienen un impacto significativo en la respuesta. Además, el valor de F de 5.97 para la falta de ajuste sugiere que esta no es significativa, lo que respalda la fiabilidad del modelo. En la Tabla 5 se observa una concordancia razonable entre los valores de los coeficientes de determinación R<sup>2</sup> ajustado y predicho, lo cual refuerza la capacidad del modelo para predecir los resultados con precisión.

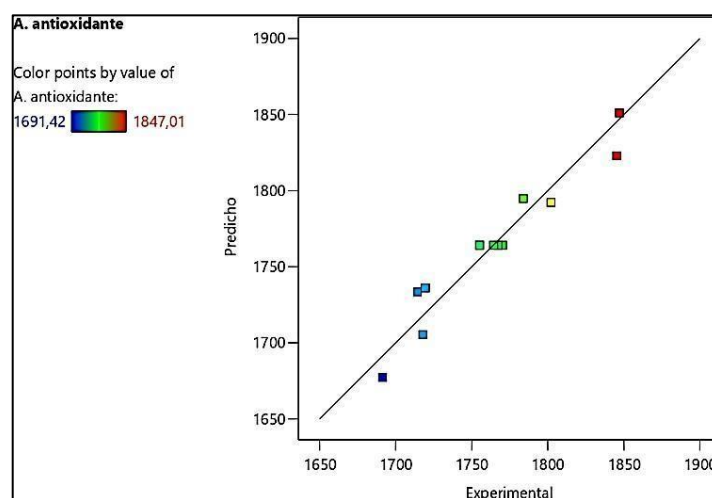
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-value	p-value	
<b>Modelo</b>	25458.58	2	12729.29	65.53	< 0.0001	Significativo
A-Dosis	20716.43	1	20716.43	106.65	< 0.0001	
B-Tiempo de maceración	4742.16	1	4742.16	24.41	0.0006	
<b>Residual</b>	1942.52	10	194.25			
Falta de ajuste	1747.49	6	291.25	5.97	0.0527	no significativo
Error Puro	195.03	4	48.76			
<b>Total</b>	27401.10	12				

**Tabla 5** Análisis estadístico

Desviación estándar	13.94	R <sup>2</sup>	0.9291
Media	1764.1	R <sup>2</sup> Ajustado	0.9149
	6		
C.V. %	0.7900	R <sup>2</sup> Predicho	0.8517
		Precisión Adecuada	25.950
			4

*Relación entre los coeficientes de determinación ajustado y predicho para la actividad antioxidante*

El análisis estadístico mediante un modelo de varianza bifactorial (ANOVA) permitió evaluar el efecto de la dosis del extracto de Guaviduca (factor A) y el tiempo de maceración (factor B) sobre la variable de respuesta. El modelo general fue altamente significativo ( $p < 0.0001$ ), lo que indica que al menos uno de los factores evaluados influye de manera significativa en el comportamiento del sistema. El factor A (dosis) presentó un efecto altamente significativo ( $F = 106.65$ ;  $p < 0.0001$ ), evidenciando que la concentración del extracto tiene un impacto determinante sobre la respuesta. De igual forma, el factor B (tiempo de maceración) también fue significativo ( $F = 24.41$ ;  $p = 0.0006$ ), lo que sugiere que el tiempo de exposición del extracto influye en la liberación de compuestos funcionales. El análisis de residuos mostró una falta de ajuste no significativa ( $p = 0.0527$ ), lo que confirma la validez del modelo y la confiabilidad de los datos experimentales. Estos resultados respaldan la importancia de optimizar ambos factores para maximizar las propiedades funcionales y sensoriales del producto.



**Figura 1** *Relación lineal entre los resultados experimentales y los predichos por el modelo matemático*

En la Tabla 6 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) para un nivel de confianza del 95%, correspondiente al modelo matemático cuadrático ajustado para este parámetro.

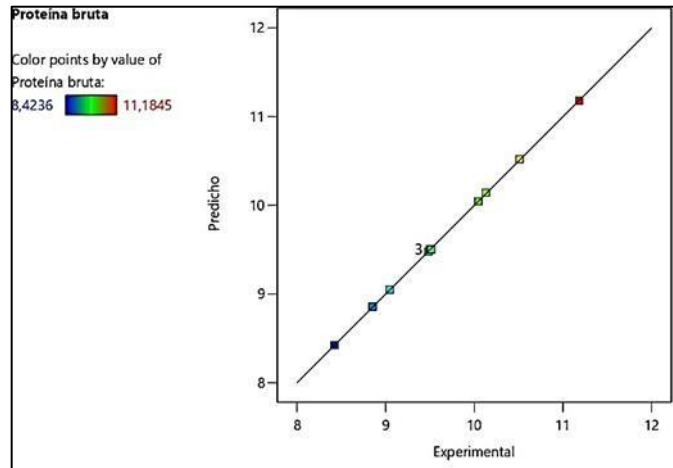
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	6.12	5	1.22	20231.2	<	Significativo
				4	0.0001	
A-Dosis	4.14	1	4.14	68469.2	<	No significativo
				9	0.0001	
B-Tiempo de maceración	1.79	1	1.79	29677.7	<	No significativo
				5	0.0001	
<b>Residual</b>	0.0004	7	0.0001			
Falta de ajuste	0.0003	3	0.0001	3.85	0.1127	
Error Puro	0.0001	4	0.0000			
<b>Total</b>	6.12	12				

**Tabla 6** Resultados estadísticos para el modelo cuadrático que relaciona el contenido de proteínas con las variables independientes: dosis y tiempo de maceración.

Desviación estándar	0.0078	R <sup>2</sup>	0.9999
Media	9.63	R <sup>2</sup> ajustado	0.9999
C.V. %	0.0807	R <sup>2</sup> Predicho	0.9996
		Precisión Adecuada	521.5294

Relación entre los coeficientes de determinación ajustado y predicho para la proteína.

El modelo cuadrático aplicado para evaluar la influencia de la dosis del extracto de Guaviduca y el tiempo de maceración sobre el contenido de proteínas resultó altamente significativo ( $p < 0.0001$ ), con un valor de F de 20,231.24, lo que indica un ajuste excelente del modelo a los datos experimentales. El análisis de varianza mostró que ambos factores independientes tuvieron efectos altamente significativos: la dosis ( $F = 68,469.29$ ;  $p < 0.0001$ ) y el tiempo de maceración ( $F = 29,677.75$ ;  $p < 0.0001$ ), lo que evidencia que tanto la concentración del extracto como la duración del proceso influyen de manera determinante en la retención o incremento del contenido proteico del producto. La falta de ajuste no fue significativa ( $p = 0.1127$ ), lo que confirma la validez del modelo propuesto. Además, los coeficientes de determinación fueron excepcionalmente altos ( $R^2 = 0.9999$ ;  $R^2$  ajustado = 0.9999;  $R^2$  predicho = 0.9996), con una desviación estándar mínima (0.0078) y un coeficiente de variación de apenas 0.0807%, lo que refleja una alta precisión y capacidad predictiva del modelo. Estos resultados se observan en la gráfica 2, sugieren que la formulación puede ser optimizada con gran confiabilidad para maximizar el contenido proteico del producto final.



**Figura 2** Relación lineal entre los resultados experimentales y los predichos por el modelo matemático

En la Tabla 7 se presenta el análisis de varianza (ANOVA) correspondiente al modelo matemático cuadrático ajustado para este parámetro, considerando un nivel de confianza del 95 %. Este análisis permite evaluar la significancia de los términos del modelo, así como la variabilidad explicada por el mismo en relación con el error residual.

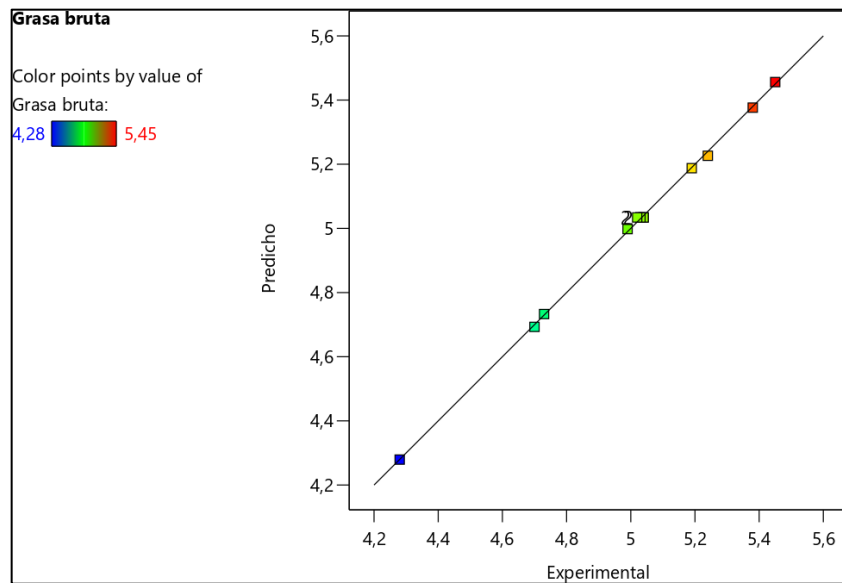
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-value	p-value	
<b>Modelo</b>	1.13	5	0.2251	2379.21	< 0.0001	Significativo
A-Dosis	0.7004	1	0.7004	7402.23	< 0.0001	
B-Tiempo de maceración	0.3651	1	0.3651	3858.14	< 0.0001	
<b>Residual</b>	0.0007	7	0.0001			No significativo
Falta de ajuste	0.0004	3	0.0001	1.82	0.2833	
Error Puro	0.0003	4	0.0001			
<b>Total</b>	1.13	12				

**Tabla 7** Resultados estadísticos para el modelo cuadrático que relaciona el contenido de grasa con las variables independientes: dosis y tiempo de maceración.

Desviación estándar.	0.0097	R <sup>2</sup>	0.9994
Media	5.01	R <sup>2</sup> Ajustado	0.9990
C.V. %	0.1942	R <sup>2</sup> Predicho	0.9967
		Precisión adecuada	178.054
			4

Relación entre los coeficientes de determinación ajustado y predicho para la grasa bruta

El modelo cuadrático que relaciona el contenido de grasa con las variables independientes dosis del extracto de Guaviduca y tiempo de maceración resultó altamente significativo ( $F = 2379.21$ ;  $p < 0.0001$ ), lo que indica un ajuste robusto a los datos experimentales. Ambos factores mostraron efectos estadísticamente significativos sobre la variable dependiente: la dosis presentó un  $F = 7402.23$  ( $p < 0.0001$ ) y el tiempo de maceración un  $F = 3858.14$  ( $p < 0.0001$ ), evidenciando que tanto la concentración del extracto como la duración del proceso influyen de manera directa en la variación del contenido de grasa. La falta de ajuste no fue significativa ( $p = 0.2833$ ), lo que confirma la adecuación del modelo. Además, los coeficientes de determinación fueron elevados ( $R^2 = 0.9994$ ;  $R^2$  ajustado =  $0.9990$ ;  $R^2$  predicho =  $0.9967$ ), con una desviación estándar baja ( $0.0097$ ) y un coeficiente de variación de apenas  $0.1942\%$ , lo que refleja una alta precisión y capacidad predictiva. Estos resultados sugieren que la manipulación controlada de los factores evaluados permite optimizar el contenido lipídico del producto, manteniendo su estabilidad y calidad funcional según se observa en la figura 3.



**Figura 3** Relación lineal entre los resultados experimentales y los predichos por el modelo matemático

**Contenido de cenizas.** - es un parámetro fundamental en el análisis bromatológico, ya que representa la fracción inorgánica del alimento, es decir, el conjunto de minerales que permanecen después de la incineración de la materia orgánica a altas temperaturas

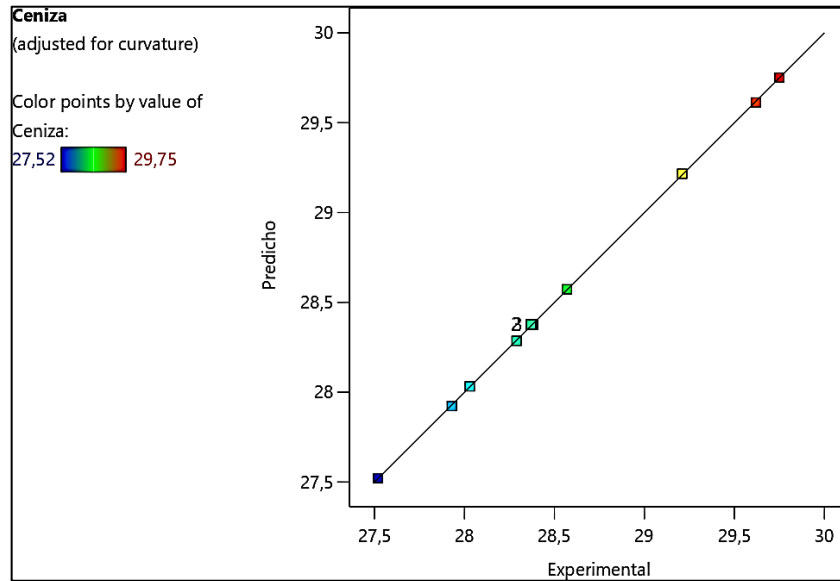
	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	F-value	p-value	
Modelo	4.95	5	0.9892	23147.75	< 0.0001	Significativo
A-Dosis	3.74	1	3.74	87625.80	< 0.0001	
B-Tiempo de maceración	0.6337	1	0.6337	14830.12	< 0.0001	
Residual	0.0003	7	0.0000			No significativo
Falta de ajuste	0.0002	3	0.0001	1.99	0.2577	
Error Puro	0.0001	4	0.0000			
Cor Total	4.95	12				

**Tabla 8** Resultados estadísticos del contenido de cenizas

Desviación estándar	0.0065	R <sup>2</sup>	0.9999
Media	28.52	R <sup>2</sup> Ajustado	0.9999
C.V. %	0.0229	R <sup>2</sup> Predicho	0.9996
		Precisión adecuada	502.1277

*Relación entre los coeficientes de determinación ajustado y predicho para cenizas*

El modelo cuadrático que describe la relación entre el contenido de cenizas y las variables independientes dosis del extracto de Guaviduca y tiempo de maceración fue altamente significativo ( $F = 23,147.75$ ;  $p < 0.0001$ ), lo que indica un ajuste excelente a los datos experimentales. Ambos factores mostraron efectos estadísticamente significativos: la dosis presentó un  $F = 87,625.80$  ( $p < 0.0001$ ) y el tiempo de maceración un  $F = 14,830.12$  ( $p < 0.0001$ ), lo que evidencia que ambos influyen de manera directa y sustancial en la concentración de minerales totales del producto. La falta de ajuste no fue significativa ( $p = 0.2577$ ), lo que confirma la validez del modelo propuesto. Además, los coeficientes de determinación fueron excepcionalmente altos ( $R^2 = 0.9999$ ;  $R^2$  ajustado =  $0.9999$ ;  $R^2$  predicho =  $0.9996$ ), con una desviación estándar mínima ( $0.0065$ ) y un coeficiente de variación de apenas  $0.0229\%$ , lo que refleja una alta precisión y capacidad predictiva. Estos resultados sugieren que la manipulación controlada de la dosis y el tiempo de maceración permite optimizar el contenido mineral del producto, lo cual es clave para su valor nutricional y funcional, según se detalla en la figura 4.



**Figura 4** Relación lineal entre los resultados experimentales y los predichos por el modelo matemático

Los resultados del análisis de optimización multivariable de la tabla 9 indican que la combinación de una dosis de 1.439% de extracto de Guaviduca y un tiempo de maceración de 72 horas proporciona la mejor respuesta global en términos de calidad funcional y nutricional del producto, con un índice de deseabilidad de 0.610, el más alto entre las formulaciones evaluadas. Bajo estas condiciones, se alcanzaron valores óptimos de actividad antioxidante (1807.08  $\mu\text{mol TE/kg}$ ), proteína bruta (10.369%), grasa bruta (5.284%) y contenido de cenizas (28.786%), lo que refleja un equilibrio favorable entre las propiedades bioactivas y la composición nutricional. La consistencia de los valores en las formulaciones cercanas a esta combinación sugiere una zona robusta de operación dentro del espacio experimental, lo que respalda la confiabilidad del modelo predictivo y la viabilidad de esta formulación para aplicaciones funcionales.

Orden	Dosis	Tiempo de maceración	A. antioxidante	Proteína bruta	Grasa bruta	Ceniza	Desirabilidad	
1	1.4	72.000	1807.084	10.36	5.2	28.7	0.610	Seleccionada
	39			9	84	86		
2	1.4	72.000	1807.604	10.37	5.2	28.7	0.610	
	46			7	86	94		
3	1.4	72.000	1806.231	10.35	5.2	28.7	0.609	
	28			5	81	72		
4	1.4	72.000	1805.711	10.34	5.2	28.7	0.609	
	22			7	79	64		
5	1.4	72.000	1808.515	10.39	5.2	28.8	0.609	
	57			2	90	09		

**Tabla 9** Resultados de la optimización

### Análisis microbiológico

La presencia de coliformes totales y aerobios mesófilos en un producto determina la baja calidad en el proceso de este, en el caso de nuestro producto los resultados microbiológicos en todas las muestras presentaron valores menores a los límites permisibles en la Normativa INEN 2 532 2010-01

## DISCUSIÓN

El análisis sensorial realizado mediante la escala hedónica permitió evaluar la aceptabilidad de distintas formulaciones de un aliño enriquecido con polvo de Guaviduca, considerando atributos clave como olor, sabor, color y textura. La muestra T48-2.00, correspondiente a 48 horas de maceración y 2% de incorporación del aditivo, obtuvo la mayor puntuación total (287 puntos), destacándose especialmente en sabor (75 puntos) y color (72 puntos). Aunque otras formulaciones como T72-2.00 y T72-0.50 también mostraron altos niveles de aceptación, el análisis estadístico mediante la prueba de Chi Cuadrado no reveló diferencias significativas entre las muestras ( $p > 0.05$ ), lo que sugiere que las variaciones podrían deberse a la variabilidad individual de los panelistas o al tamaño limitado del panel. A pesar de la falta de significancia estadística, los resultados descriptivos permiten identificar tendencias valiosas para el desarrollo de productos, destacando a la muestra T48-2.00 como una formulación prometedora.

Los resultados obtenidos en este estudio coinciden con hallazgos de investigaciones previas que han evaluado la incorporación de ingredientes funcionales en productos alimenticios. Por ejemplo, Rivera-Olvera et al.<sup>(11)</sup> evaluaron sensorialmente la adición de harina de malanga y suero de leche en panes funcionales dirigidos a niños con desnutrición, encontrando una aceptabilidad superior al 95%, a pesar de que las diferencias entre formulaciones no siempre fueron estadísticamente significativas. Este patrón sugiere que la percepción sensorial puede ser favorable incluso cuando los análisis estadísticos no detectan diferencias significativas, lo cual es coherente con los resultados del presente estudio. Asimismo, una revisión de tendencias en productos lácteos funcionales realizada por Viquez-Barrantes et al.<sup>(12)</sup> destaca la creciente incorporación de ingredientes funcionales de fuentes no convencionales, como antioxidantes y proteínas vegetales, con el objetivo de mejorar tanto el perfil nutricional como las características sensoriales<sup>(12)</sup>. En el estudio de Enríquez et al.<sup>(13)</sup>, se evidenció que la incorporación de extracto acuoso de Guaviduca en chorizo parrillero no solo mejoró la estabilidad físico-química del producto, sino que también incrementó su aceptabilidad sensorial, especialmente en tratamientos con concentraciones moderadas del extracto (1–2%). Este comportamiento se atribuye a la presencia de compuestos fenólicos y antioxidantes naturales que, además de aportar beneficios funcionales, influyen positivamente en atributos como el sabor, el color y la textura.

Por otro lado, investigaciones sobre productos de panadería con frutas deshidratadas como mango, guayaba y ahuyama también han demostrado que la incorporación de ingredientes funcionales puede mejorar la percepción sensorial, especialmente en atributos como sabor y color, sin comprometer la textura ni la aceptabilidad general<sup>(14)</sup>. Esto refuerza la idea de que la selección adecuada del tipo y concentración del ingrediente funcional, así como el tiempo de procesamiento (como la maceración), son factores determinantes en la aceptación del consumidor. En conjunto, estos estudios respaldan la validez del enfoque adoptado en la presente investigación y sugieren que, aunque los análisis estadísticos no siempre reflejan diferencias significativas, los resultados sensoriales descriptivos pueden ser una herramienta útil para orientar el desarrollo de productos innovadores con valor agregado.

Los elementos de análisis bromatológicos y actividad antioxidante son fundamentales para el estudio de la estabilidad del producto, ya que proporcionan datos sobre cómo las variables del proceso, como la dosis y el tiempo de maceración, afectan sus características nutricionales y propiedades funcionales. En este caso, la significancia estadística de estos factores (dosis y tiempo de maceración) resalta la influencia que tienen sobre la actividad antioxidante, proteínas, grasas y cenizas del producto. Esta relación es crucial para entender cómo estos componentes se mantienen estables durante el proceso de producción. La optimización de los parámetros de dosis y tiempo no solo mejora las propiedades deseadas, como la actividad antioxidante y el contenido nutricional, sino que también contribuye a la estabilidad del producto final, asegurando que se mantenga en su mejor estado durante su almacenamiento y uso. Los resultados obtenidos muestran una concordancia entre los valores experimentales y predichos, lo que refuerza la fiabilidad del modelo matemático para predecir la estabilidad del producto bajo condiciones controladas.

En cuanto al análisis microbiológico, los resultados que cumplen con la normativa INEN 2532 2010-01 para coliformes totales y aerobios mesófilos refuerzan la estabilidad del producto desde el punto de vista de la seguridad alimentaria. La estabilidad microbiológica es esencial para garantizar que el producto no solo tenga una vida útil prolongada, sino que también sea seguro para el consumo. La ausencia de contaminantes microbiológicos es un indicador de que las condiciones de maceración y la formulación optimizada también contribuyen a la estabilidad microbiológica del producto. En conjunto, estos análisis bromatológicos y microbiológicos aseguran que la optimización del proceso no

solo favorezca la estabilidad de las propiedades nutricionales y funcionales, sino también la calidad y seguridad del producto, alineándose con las normativas nacionales e internacionales en materia de seguridad alimentaria.

Los resultados obtenidos en este estudio son consistentes con investigaciones previas sobre la influencia de la dosis y el tiempo de maceración en las propiedades antioxidantes y el contenido de nutrientes de productos alimenticios. Por ejemplo, investigaciones sobre el uso de extractos de plantas en la producción de aliños han mostrado que tanto la concentración de los ingredientes activos como el tiempo de exposición tienen un impacto directo sobre la capacidad antioxidante <sup>(15)</sup>. Este estudio, al igual que otros similares, evidencia que el tiempo de maceración puede promover una liberación más efectiva de compuestos bioactivos, lo cual está relacionado con un mayor potencial antioxidante <sup>(16)</sup>. En términos de proteínas y grasas, se ha documentado que un ajuste adecuado de estos parámetros mejora el perfil nutricional del producto, como lo demuestran los trabajos de Kaur et al. <sup>(17)</sup>, quienes encontraron que la manipulación de dosis y tiempo optimiza la concentración de nutrientes sin comprometer la calidad organoléptica.

Además, el cumplimiento de los estándares microbiológicos en todas las muestras analizadas es un punto relevante. Estudios previos han subrayado la importancia de mantener bajos niveles de coliformes y aerobios mesófilos para asegurar la calidad y seguridad de productos alimenticios procesados <sup>(18)</sup>. En este sentido, la optimización del proceso y la garantía de la calidad microbiológica del producto no solo mejoran su valor nutricional, sino también su aceptación en el mercado.

## CONCLUSIONES

Se demostró que la incorporación de extracto de Guaviduca en formulaciones de aliños tiene un impacto positivo tanto en las propiedades sensoriales como en la estabilidad nutricional y microbiológica del producto. La formulación T48-2.00 (48 horas de maceración y 2% de extracto) fue la más valorada sensorialmente, especialmente en sabor y color, aunque sin diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, lo que sugiere una influencia de la variabilidad individual del panel. No obstante, se identificaron tendencias claras que orientan hacia combinaciones sensorialmente preferidas.

Desde el punto de vista funcional, los análisis bromatológicos y microbiológicos confirmaron que la dosis del extracto y el tiempo de maceración influyen significativamente en la actividad antioxidante y en los contenidos de proteína, grasa y cenizas. Los modelos estadísticos ajustados mostraron alta precisión y capacidad predictiva ( $R^2 > 0.99$ ), validando la robustez del enfoque experimental. La formulación óptima, determinada mediante análisis de deseabilidad, correspondió a una dosis de 1.439% de extracto y 72 horas de maceración, alcanzando un equilibrio ideal entre funcionalidad, estabilidad y seguridad alimentaria.

Estos hallazgos respaldan el uso del extracto de Guaviduca como ingrediente funcional en la industria alimentaria, destacando su potencial para el desarrollo de aliños con valor agregado, seguros, estables y sensorialmente aceptables, en cumplimiento con las normativas internacionales vigentes.

<b>Declaración de financiamiento:</b>	Los autores declaran financiación propia.
<b>Declaración de conflicto de intereses:</b>	Los autores declaran no tener conflictos de interés.
<b>Declaración de autores:</b>	Los autores aprueban la versión final del artículo.
<b>Contribución de autores:</b>	MÁE: Introducción, Metodología, Análisis de Datos; LAT: Resultados, conclusiones, experimentación.
<b>Agradecimientos:</b>	A la Universidad Estatal Amazónica.
<b>Revisión por pares:</b>	Este artículo fue evaluado mediante un proceso de revisión por pares anónimos, conforme al procedimiento de transparencia editorial de la revista. Las observaciones y sugerencias de los revisores fueron consideradas por los autores hasta alcanzar la versión final publicada, garantizando la integridad científica del trabajo y la confidencialidad de los evaluadores.
<b>Disponibilidad de datos:</b>	Los datos están disponibles previa solicitud al autor corresponsal.

## REFERENCIAS

1. Carrillo M, Reyes F. Principios de conservación de alimentos. *Rev Tecnol Cienc Aliment.* 2013;8(1):42-55.
2. Enríquez MÁ, Villafuerte-Mera F, Figueroa A, Mariño JE. Efectos de los componentes bioactivos de frutas, vegetales, lácteos y plantas medicinales en la nutrición humana. *Rev Ciencias Agropecuarias ALLPA.* 2023;6(11):2–24.
3. Enríquez M, Serrano G, Dennis C, Paul R. Efecto de los aceites esenciales de plantas aromáticas en la conservación de embutidos. *Rev Soc Cient Paraguay.* 2024;29(1):196-225. Disponible en: <https://sociedadcientifica.org.py/ojs/index.php/rscopy/article/view/388/181>
4. Guamán-Balcázar MDC, Hualpa D, Infante G, Luzuriaga L, Riofrío JL, Jarro A, Meneses MA. Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activity of Piper carpunya and Simira ecuadorensis: a comparative study of four extraction methods. *Plants.* 2025;14(16):2526. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/plants14162526>
5. Enríquez Estrella MA, El Salous A, Torres Rodríguez SH, Ricaurte Ortiz PS. Plantas medicinales y funcionales de la Amazonía ecuatoriana: principios bioactivos y usos aplicados. 1ª ed. Puyo: Editora Artemis; 2025. ISBN: 978-6581701680. Disponible en: [https://doi.org/10.37572/EdArt\\_031025680](https://doi.org/10.37572/EdArt_031025680)
6. Estrella MAE, Infantes S, Román K. Impacto del uso de colorantes naturales en la industria alimentaria. *RECIENTA.* 2023;3(1). Disponible en: <https://reciena.esepoch.edu.ec/index.php/reciena/article/view/31>
7. Espinoza Vaca HA, Pincay Aguirre GE. Relación del extracto de Piper carpunya y Momordica charantia sobre la inhibición de patógenos in vitro y el tipo de interacción. Trabajo de titulación. Maestría en Agroindustria, ESPAM MFL; 2022. Disponible en: <https://repositorio.espam.edu.ec/xmlui/handle/42000/1681>
8. Espinoza A, Pincay M. Efecto antimicrobiano y antioxidante de extractos naturales en aderezos. *Rev Ecuat Cienc Alimentos.* 2022;15(3):102–10. Disponible en: <https://revista.isaeuniversidad.ac.pa/index.php/espila/article/view/14>
9. Enríquez Estrella MA. Efecto del extracto de guaviduca (Piper carpunya Ruiz & Pav), sobre la estabilidad y propiedades funcionales del chorizo parrillero. [Tesis de postgrado]. Universidad Estatal Amazónica; 2022. Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/handle/123456789/1080>
10. García-López F, López-Hernández E, Valadez-Villarreal A, Corzo-Sosa CA, Miranda-Cruz E. Estimación de la vida útil en aderezos con cúrcuma. *Food Sci J.* 2020;15(2):89-97. Disponible en: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume5/5/9/123.pdf>
11. Olvera AR, Mandujano LKO, Méndez LAG, Chacón LO, Pascasio VGT, Vela-Gutierrez G. Evaluación nutricional y sensorial de dos panes funcionales adicionados con lactosuero y harina de malanga en niños: Evaluación de dos panes funcionales. *Revista Española de Nutrición Humana y Dietética.* 2024;28(2):145-54. Disponible en: <https://doi.org/10.14306/renhyd.28.2.2141%20>
12. Viquez-Barrantes J, Vargas-Segura A, Chaves-López C. Tendencias actuales en el desarrollo de productos lácteos funcionales: una revisión. *Rev Chil Nutr.* 2024;51(2):123–132.
13. Enríquez MA, Radice M, Sancho D. Efecto de un extracto de Guaviduca (Piper carpunya ruiz & pav) sobre la estabilidad del chorizo de barbacoa. *Archivos de Zootecnia.* 2025;74(287):248-54. Disponible en: <https://www.uco.es/ucopress/az/index.php/az/article/view/6049>
14. Rodríguez-Morales J, Pérez-Castro L, Gómez-Ruiz M. Evaluación sensorial de productos de panadería enriquecidos con frutas deshidratadas: mango, guayaba y ahuyama. *Rev Colomb Cienc Quím Farm.* 2023;52(1):45–54.
15. Patel S, Sinha S, Gupta R. Optimization of antioxidant activity in food extracts. *Antioxidants.* 2020;9(8):748.
16. Basha SA, Ramesh MN, Sridhar S. Effect of processing conditions on the antioxidant activity of plant-based products. *J Food Sci Technol.* 2018;55(4):1297-304.
17. Kaur M, Sharma D, Dahiya D. Influence of processing parameters on the protein and fat content of food products. *Food Res Int.* 2019; 116:81-7.
18. Hussain A, Sadiq A, Imran M. Microbiological quality and safety of processed foods: A comprehensive review. *Food Control.* 2021; 123:107802.