

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.  
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2025,  
Volumen 9, Número 1.

[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i1](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1)

# **DISEÑO EXPERIMENTAL DE MEZCLAS COMO HERRAMIENTA PARA LA OBTENCIÓN DE UN MODELO DE SABORIZANTE PARA CROQUETAS DE PLÁTANO.**

**EXPERIMENTAL DESIGN OF MIXTURES AS A TOOL FOR  
OBTAINING A MODEL OF FLAVORS FOR BANANA  
CROQUETTES.**

**Fernando Zapot Hazas**  
Universidad del Papaloapan

**Cirilo Nolasco Hipolito**  
Universidad del Papaloapan

DOI: [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i1.15769](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i1.15769)

## Diseño experimental de mezclas como herramienta para la obtención de un modelo de saborizante para croquetas de plátano.

Fernando Zapot Hazas<sup>1</sup>

[fzapot@hotmail.com](mailto:fzapot@hotmail.com)

<https://orcid.org/0009-0009-7150-1199>

Universidad del Papaloapan

México

Cirilo Nolasco Hipolito

[cnolasco@unpa.edu.mx](mailto:cnolasco@unpa.edu.mx)

<https://orcid.org/0000-0002-3376-1047>

Universidad del Papaloapan

México

### RESUMEN

En el desarrollo de nuevos productos alimentarios, el diseño de experimentos con mezclas es una herramienta clave, ya que permite combinar los ingredientes de manera óptima para crear nuevos sabores sin comprometer la calidad. En este estudio, se presenta el uso de esta metodología para desarrollar un modelo de saborizante aplicado a croquetas de plátano, evaluado a través de pruebas sensoriales. Se diseñó un modelo basado en la combinación de materias primas con el objetivo de obtener un saborizante altamente aceptado por los consumidores.

**Palabras Clave:** desarrollo de nuevos productos alimentarios, diseño de experimentos con mezclas, modelo de saborizante, pruebas sensoriales

---

<sup>1</sup> Autor principal

Correspondencia: [fzapot@hotmail.com](mailto:fzapot@hotmail.com)

# **Experimental design of mixtures as a tool for obtaining a model of flavors for banana croquettes.**

## **ABSTRACT**

In the development of new food products, the design of experiments with mixtures is a key tool, as it allows to combine ingredients in an optimal way to create new flavours without compromising quality. In this study, the use of this methodology to develop a flavouring model applied to plantain croquettes is presented, evaluated through sensory tests. A model based on the combination of raw materials was designed with the aim of obtaining a flavouring highly accepted by consumers.

**Keywords:** development of new food products, design of experiments with mixtures, flavoring model, sensory tests

*Artículo recibido 19 diciembre 2024*

*Aceptado para publicación: 24 enero 2025*



## INTRODUCCION.

Dentro de las estrategias de diseño experimental se emplean los experimentos con mezclas, en los cuales los factores son los componentes o ingredientes de una mezcla, cuyos niveles no son independientes entre sí. Entre los objetivos de este tipo de experimento se encuentran: identificar los ingredientes de la mezcla que tiene mayor influencia sobre la variable de respuesta, modelar las respuestas de interés en función de los componentes y usar el modelo para determinar el porcentaje de participación de cada uno. (Gutiérrez et al., 2012). En la formulación de mezclas, se analiza el modelo que mejor se ajuste a los componentes de la mezcla y que permite identificar las relaciones óptimas entre ellos y la variable de respuesta que en este caso sería la aceptabilidad de las croquetas de plátano (Verduga et al., 2022). Existen diversos estudios sobre saborizantes de pollo, comenzando con el uso de hierbas y especias usadas en su preparación (Raghavan, 2006), posteriormente Reyes (2006), desarrolló la formulación de un sazónador y más recientemente Pirir & Josué (2020) trabajaron en la reducción de sodio en saborizantes de pollo. También existen otras rutas como lo han demostrado muchas investigaciones básicas que indican que se pueden utilizar reacciones ácidas, enzimáticas o de fermentación para producir moléculas de sabor específicas o formulaciones de sabor más complicadas (Kale et al., 2022). Por otro lado, los plátanos del género *Musa*, ampliamente cultivados en muchas partes del mundo han adquirido gran relevancia económica especialmente en países tropicales en vías de desarrollo (Flores et al., 2021). Según Jiménez & Navarrob (2024) la harina de plátano ha sido utilizada en diversos alimentos, como muffins sin gluten, en la sustitución de harina de trigo por harina de plátano en elaboración de pan, también se utilizó como sustitución de un ingrediente alternativo en la formulación de espagueti, igualmente en la elaboración de tallarines de plátano y yuca entre otros. Se han desarrollado botanas con harina de plátano macho y harinas de maíz para obtener productos nutritivos y funcionales (García-Gómez, 2015). El uso de derivados del plátano, como la harina y la cáscara, en productos innovadores y funcionales demuestra el potencial de este ingrediente en la industria alimentaria. Sin embargo, para garantizar que estos productos sean bien aceptados por los consumidores, es fundamental realizar una evaluación sensorial que permita comprender su calidad y aceptación.



La evaluación sensorial es una técnica fundamental para obtener información sobre la calidad de los alimentos, aspecto que no siempre puede ser cubierto por herramientas analíticas. (Costell-Ibáñez, 2005). Esta evaluación se divide en dos grandes grupos: pruebas analíticas y prueba afectivas. Las pruebas afectivas estudian las preferencias de los consumidores hacia ciertos alimentos, permitiendo conocer el nivel de aceptación de un producto y la intensidad del gusto. Además, existen metodologías que permiten realizar evaluaciones y análisis estadísticos posteriores. (Severiano-Pérez, 2019). El desarrollo de modelos matemáticos es una herramienta valiosa para describir, explicar y predecir procesos en diversas áreas del conocimiento. Estos modelos pueden ser determinísticos y estocásticos, en el caso de los modelos determinísticos es posible controlar las variables que interviene en el estudio del proceso. Montesinos-López (2007). Existen modelos matemáticos que predicen la velocidad de crecimiento de los microorganismos, lo que permite estimar la duración y seguridad de los alimentos, así como determinar la estabilidad microbiana de nuevos productos alimenticios. (Cárdenas et al., 2001). También se han utilizado modelos matemáticos para la deshidratación osmótica de frutos de yaca en solución de sacarosa. (de Souza et al., 2009) y para la estimación de la vida útil de productos cárnicos. (Caicedo, 2016) entre otros.

En este artículo se desarrolla un modelo determinístico para predecir el uso de diferentes ingredientes en la elaboración de un saborizante usado para producir croquetas de plátano.

## **MATERIALES Y METODOS.**

### **Procesado**

#### **Preparación de la pasta de plátano.**

Se utilizaron plátanos machos semi maduros, de color amarillo verdoso, con aproximadamente una semana desde su cosecha. Los plátanos se pelaron manualmente y se cortaron en rodajas de una pulgada de grosor. Luego, se cocieron durante 10-15 min. Una vez cocidos, se escurren y se trituran ligeramente con un tenedor o machacador de papas hasta obtener una pasta uniforme.

#### **Preparación del Saborizante.**

Las mezclas de las hierbas y/o especies se estableció utilizando la teoría de 2.5 g de sazónadores por cada libra de alimento (Hirasa,1998). Las especies se seleccionaron basándose en los trabajos previos de Reyes, (2006) y Pirir & Josué. (2020), considerando su costo, disponibilidad y presentación. De los



2.5 g de sazónador se estableció una base de 1 g de especies de aromas fuertes distribuidas en partes iguales. Los 1.5 g restantes se usaron para el diseño experimental. Los trabajos previos marcan los 2.5 g por cada libra de producto (454 g), Las operaciones de molienda se realizaron con una licuadora marca Oster de 7 velocidades y el pesaje de los componentes de la mezcla A1, A2, A3 se efectuó usando una balanza Analítica HT series marca VIBRA.

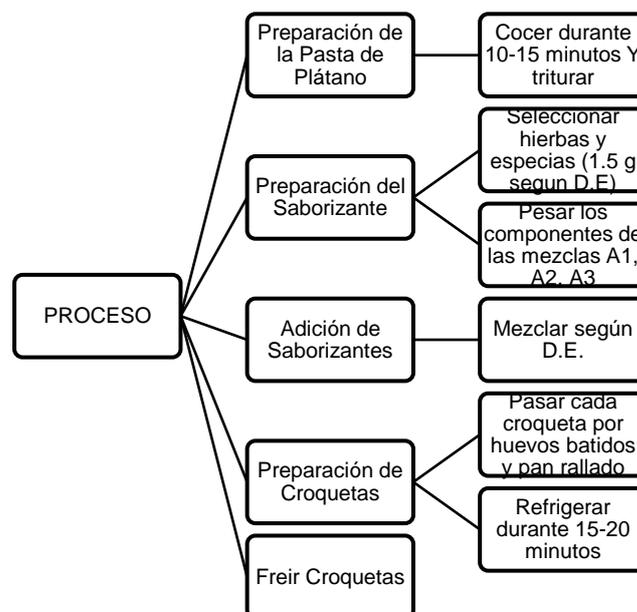
### Adición de Saborizantes.

Se utilizaron 3 saborizantes identificados como A1, A2 y A3 los cuales se mezclaron con la pasta de plátano machacado según el diseño experimental.

### Preparación de croquetas.

La mezcla se moldeó en pequeñas croquetas, presionándolas para mantener su forma. En dos platos separados, se colocaron huevos batidos y el pan rallado. Cada croqueta se pasó primero por los huevos batidos y luego por el pan rallado, asegurando que quedaran completamente cubiertos en cada etapa. Se colocaron las croquetas empanizadas en un plato y se refrigeraron durante 15-20 min antes de freírlas hasta dorarlas por completo. En la **Fig. 1**, se ilustra el proceso de elaboración de las croquetas de plátano, mostrando las condiciones indicadas.

**Figura 1.** Diagrama de Flujo de proceso.



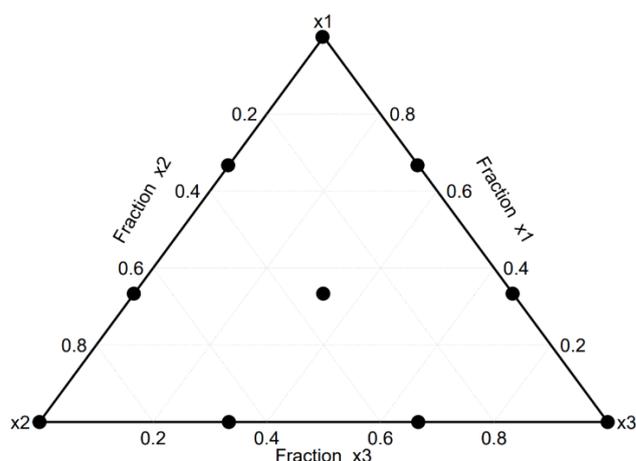
**Valoraciones sensoriales:** Las distintas formulaciones de saborizantes en las croquetas de plátano, fueron evaluados con la participación de un panel de once jueces que son consumidores promedio. Se utilizó una prueba sensorial para evaluar el sabor, empleando una escala hedónica de 9 puntos:

1. Me gusta muchísimo
2. Me gusta mucho
3. Me gusta bastante
4. Me gusta ligeramente
5. Ni me gusta ni me disgusta
6. Me disgusta ligeramente
7. Me disgusta bastante
8. Me disgusta Mucho
9. Me disgusta muchísimo

#### **Diseño experimental**

Se empleó un diseño experimental de mezclas del tipo *simplex-lattice* (3,3) que generó un conjunto de combinaciones posibles entre los factores. Los rangos se fijaron tomando como referencia trabajos previos mencionados, buscando preservar las propiedades sensoriales con un total de 1.5 g de sazónador. Se evaluaron las 10 muestras cada una con diferentes composiciones de acuerdo con el diseño experimental. En la **Fig. 2** se presenta el diseño experimental *simplex-lattice* (3,3), donde podemos observar todas las combinaciones posibles desde las mezclas puras en los vértices del triángulo hasta las combinaciones de los ingredientes en proporciones iguales o fraccionarias lo que permite explorar las interacciones entre ellos.

**Figura 2.** Representación geométrica para un diseño de mezclas con tres componentes.



En la **Tabla 1** se presentan las combinaciones de los ingredientes de acuerdo con lo establecido en el diseño experimental, así como los promedios de aceptación de cada una de las mezclas.

$X_1$ (g)	$X_2$ (g)	$X_3$ (g)	Preferencia
1.5	0.0	0.0	6.6
1.0	0.5	0.0	6.7
0.5	1.0	0.0	6.5
0.0	1.5	0.0	6.9
1.0	0.0	0.5	5.7
0.5	0.5	0.5	6.4
0.0	1.0	0.5	7.1
0.5	0.0	1.0	5.7
0.0	0.5	1.0	6.7
0.0	0.0	1.5	6.5

### Evaluación estadística

De acuerdo con la información proporcionada en la Fig. 1 y la Tabla 1, se presenta un diseño experimental con tres componentes ( $X_1$ ,  $X_2$ , y  $X_3$ ) y las respectivas combinaciones de ingredientes para obtener un producto, junto con los valores de preferencia asociados a cada combinación (diseño

experimental). Es posible obtener un modelo de regresión cuadrático para predecir la preferencia en función de las proporciones de los ingredientes ( $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$ ).

El modelo cuadrático de regresión lineal tendría la siguiente forma general:

$$Y = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2$$

Donde:

- $Y$  es la variable dependiente (preferencia),
- $X_1$ ,  $X_2$ , y  $X_3$  son los componentes de la mezcla,
- $\beta$  representa los coeficientes del modelo que se ajustarán a partir de los datos experimentales.

Este modelo de diseño de mezclas fue calculado utilizando el software Rstudio (Rstudio-2024), al igual que los cálculos para ajustar el modelo de regresión lineal, aplicando una regresión de segundo grado (cuadrática) sobre los datos experimentales. Esto permitió modelar cómo las proporciones de los ingredientes afectan la preferencia de las croquetas.

## RESULTADOS Y DISCUSION.

Mediante la regresión lineal sobre los datos experimentales se eligió el modelo de mejor ajuste siendo este el siguiente:

$$y = 4.35 X_1 + 4.62 X_2 + 4.39 X_3 - 1.66 X_1 X_3.$$

### Evaluación del Modelo

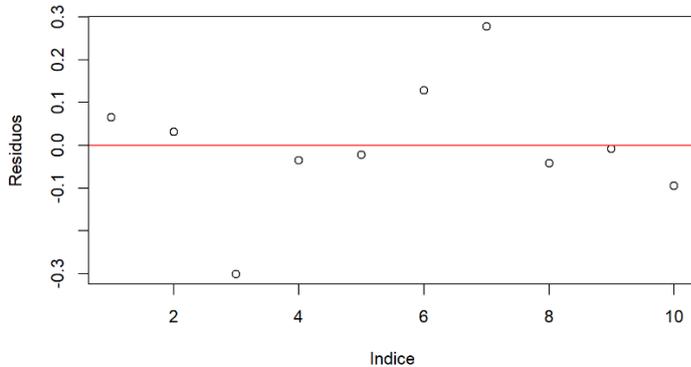
Se evaluó la bondad de ajuste utilizando métricas como el coeficiente de determinación de  $R^2=0.9995$ , que es la proporción de la varianza en la variable dependiente que es explicada por las variables independientes del modelo lo que significa un 99.95% de explicación del modelo siendo un excelente ajuste del modelo a los datos y su variabilidad. Se observa con claridad que el modelo es bastante preciso, aunque sería necesario revisar los términos de interacción para asegurar que los que has propuesto (como  $X_1 X_3$ ) son efectivamente los más relevantes. Además, los valores  $p$  cercanos a cero indican que las variables independientes son predictores significativos de la variable dependiente, lo cual refuerza la robustez del modelo. Determinando que las variables independientes son significativamente predictoras de la variable dependiente.

Se realizó el análisis de los residuos para verificar la suposición de homocedasticidad **Fig. 3** y la normalidad de los residuos en la **Fig. 4**. Como los residuos oscilan entre valores como 0.3 y -0.1, eso

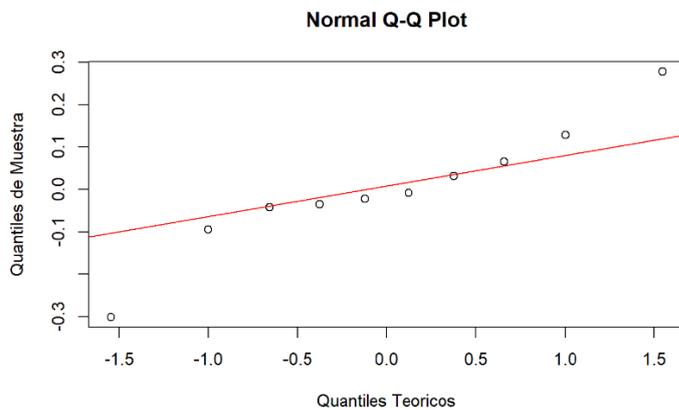


podría interpretarse como un rango de variabilidad pequeño y bastante uniforme, lo cual suele indicar que los residuos no presentan patrones evidentes de heterocedasticidad.

**Figura 3.** Gráfico que muestra la homocedasticidad de los residuos.



**Figura 4.** Gráfico Q-Q plot muestra la normalidad de los residuos.

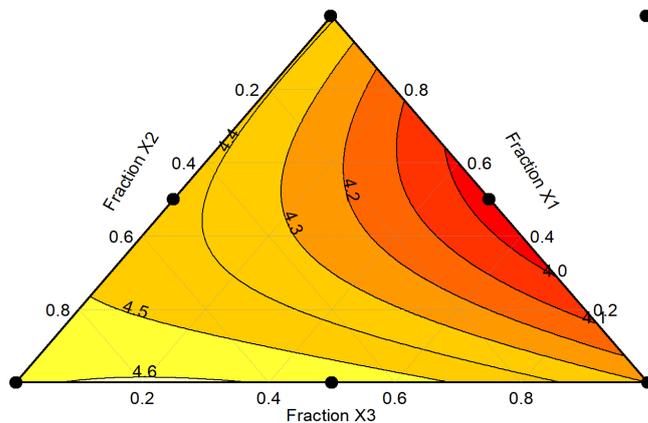


En la gráfica de normalidad de residuos los puntos están cerca de la línea en el rango central, pero hay cierta desviación en los extremos (es decir, para los cuantiles más altos y bajos). La desviación en los extremos puede sugerir que los residuos no son perfectamente normales y podrían tener una leve desviación. Sin embargo, esta desviación podría ser tolerable dependiendo del nivel de precisión que requerimos en el modelo. Sin embargo, podemos suponer que los puntos están razonablemente cerca de la línea y no se necesita una normalidad estricta, podemos considerar que los residuos están "aproximadamente normales". Si esto no fuera así, entonces tendríamos que ajustar las combinaciones de los ingredientes para tener una mejor normalidad.

En la **Fig. 5** se presenta el gráfico de superficie de contorno de la mezcla que permite conocer la relación entre los componentes y la variable de respuesta. Un color menos intenso en la superficie de respuesta corresponde a valores de aceptabilidad mayores. Por lo que se puede observar que un mayor contenido

de  $X_2$  y  $X_3$  promueve valores más altos de aceptación. De la magnitud de los coeficientes lineales estimados se concluye que con la mezcla pura que sólo contiene el componente  $X_2$  se logra el valor más grande de  $Y$  (aceptación de la croqueta de plátano) comparado con las otras dos mezclas puras. La mezcla pura que produce los menores valores de  $Y$  está compuesta sólo con el componente de  $X_3$ . En cuanto a los efectos combinados se aprecia que  $X_1$   $X_3$  tienen un efecto antagónico sobre  $Y$  dado que el coeficiente es negativo.

**Figura 5.** Gráfico de superficie de contorno de la mezcla.

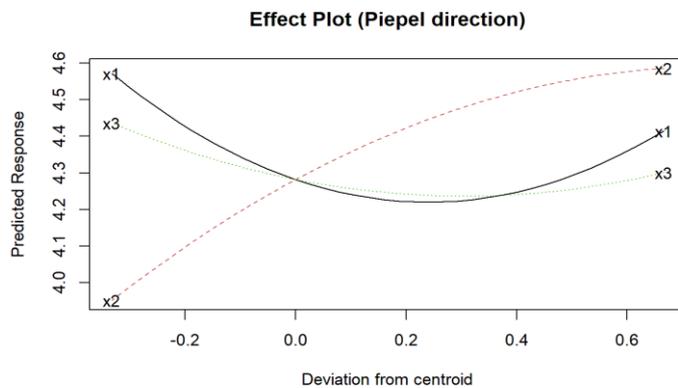


De esta forma, si se quisiera maximizar la aceptación de la croqueta de plátano, se recomienda formar la proporción adecuada del componente con  $X_2$ . Pero si se desea otro valor para  $Y$  habría que explorar la superficie de respuesta del modelo ajustado, Ahí se aprecia claramente que la aceptación más alta se logra con las mezclas de los componentes  $X_1$  y  $X_3$ .

Se incluye en la **Fig. 6** el gráfico de trazas ya que es otra manera de evaluar la importancia de los distintos componentes de una mezcla. Podemos ver la forma en la que la respuesta ( $Y$ ) se modifica conforme uno de los componentes aumenta o disminuye su participación en la mezcla.

Se observa que el componente con mayor efecto es el  $X_2$ , ya que cuando este cambia se logran los mayores cambios en la variable dependiente  $Y$ , el  $X_1$  tiene un mayor efecto que el  $X_3$ , La mezcla pura con mayor efecto sería la  $X_2$  y la mezcla pura con el menor efecto sería  $X_3$ .

**Figura 6.** Gráfico de trazas.



## CONCLUSIÓN

El análisis estadístico y la aplicación de un modelo de regresión cuadrático permitieron evaluar el impacto de los componentes de la mezcla ( $X_1$ ,  $X_2$  y  $X_3$ ) en la aceptación de una croqueta de plátano. Los resultados muestran que el modelo ajustado tiene un excelente ajuste, con un coeficiente de determinación  $R^2=0.9995$ , lo cual indica que el 99.95% de la variabilidad en la preferencia es explicada por las proporciones de los ingredientes.

De acuerdo con los coeficientes lineales y las interacciones, se observa que la mezcla pura de  $X_2$  produce el valor más alto de aceptación, mientras que la de  $X_3$  genera los valores más bajos. Además, la combinación entre  $X_1$  y  $X_3$  presenta un efecto antagónico sobre la preferencia, evidenciado por un coeficiente negativo en su interacción, sugiriendo que, para optimizar la aceptación, se debería ajustar las proporciones priorizando el componente  $X_2$ . Los gráficos de contorno y trazas muestran que  $X_2$  es el componente con el mayor impacto en la preferencia, seguido de  $X_1$ , mientras que  $X_3$  tiene un impacto menor.

En resumen, el modelo permite concluir que el componente  $X_2$  es clave para maximizar la aceptación de la croqueta de plátano. Para obtener otras respuestas de preferencia, se recomienda explorar diferentes combinaciones en la superficie de respuesta del modelo ajustado

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguilar, E. L. (1995). La receta del coronel Sanders. *Revista Fuentes Humanísticas*, 6(10), 10-14.

Disponible en:

<https://fuenteshumanisticas.azc.uam.mx/index.php/rfh/article/view/644/630>



- Arellano Guadalupe, V. N. (2023). Aprovechamiento y elaboración de carne vegetal tipo hamburguesa a partir de la reutilización de la cascara de plátano macho (*Musa balbisiana*). Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/31139/1/594%20O.E..pdf>
- Caicedo Mogollón, L. M. (2016). Desarrollo de modelos matemáticos predictivos, para la estimación de vida útil en derivados cárnicos procesados de la cooperativa Colanta. Disponible en: [http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1220/1/Caicedo\\_2016\\_TG.pdf](http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jspui/bitstream/20.500.12744/1220/1/Caicedo_2016_TG.pdf)
- Cardenas, F. J. C., Giannuzzi, L., Noia, M. A., & Zaritzky, N. E. (2001). El modelado matemático: Una herramienta útil para la industria alimenticia. *Ciencia Veterinaria*, 3(1), 22-28. Disponible en: <https://cerac.unlpam.edu.ar/index.php/veterinaria/article/view/1989/1945>
- Costell Ibáñez, E. (2005). El análisis sensorial en el control y aseguramiento de la calidad de los alimentos: una posibilidad real. Incompleto. Disponible en: [https://digital.csic.es/bitstream/10261/5729/1/IATA\\_AGROCSIC\\_Analisis.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/5729/1/IATA_AGROCSIC_Analisis.pdf)
- de Souza, T. S. A., Chaves, M. A., Bonomo, R. C. F., Soares, R. D., Pinto, E. G., & Cota, I. R. (2009). Desidratação osmótica de frutículos de jaca (*Artocarpus integrifolia* L.): aplicação de modelos matemáticos. *Acta Scientiarum. Technology*, 31(2), 225-230. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=303226524014>
- FLORES-CASTRO, A., TENORIO-CORREA, D., Zulema, R. N., ROMÁN-BRITO, J. Á., & AGATÓN-CATALÁN, V. H. (2021). Estudio de degradación y solubilidad de biopelículas elaboradas a partir de mezclas de harina de plátano macho (*Musa paradisiaca* L) y bagazo de caña (*Saccharum officinarum*). *Foro de Estudios Sobre Guerrero*, 8(1), 726-738. Disponible en: <https://revistafesagro.cocytieg.gob.mx/index.php/revista/article/view/248>.
- García Gómez, M. de J., & Ramírez Coutiño, L. P. (2015). Potencial del plátano macho verde para la elaboración de botanas saludables. *RIDE Revista Iberoamericana Para La Investigación Y El Desarrollo Educativo*, 3(5), 20 - 30. Recuperado a partir de: <https://mail.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/57>.
- Gutiérrez Pulido, H. (2012). Análisis y diseño de Experimentos. McGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. de C.V. Disponible en:



[https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis\\_y\\_diseno\\_experimentos.pdf](https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf)

- Hernández-Uribe, Juan Pablo, Rodríguez-Ambriz, Sandra Leticia, & Bello-Pérez, Luis Arturo. (2008). Obtención de jarabe fructosado a partir de almidón de plátano (musa paradisíaca l.). Caracterización parcial. *Interciencia*, 33(5), 372-376. Recuperado en 09 de julio de 2024, de
- Hirasa, Kenji., Takemasa, M. 1998. *Spice science and technology*, New York. Marcel Dekker Inc. 219 pp.
- Jiménez, D. S., & Navarrob, J. F. R. (2024). Revisión de usos y beneficios de la harina de plátano en alimentos, base para el fortalecimiento de la cadena productiva del Putumayo. Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaion/article/view/14646/13431>
- Kale, P., Mishra, A., & Annapure, U. S. (2022). Development of vegan meat flavour: A review on sources and techniques. *Future Foods*, 5, 100149. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2022.100149>
- Montesinos-López, O. A., & Hernández-Suárez, C. M. (2007). Modelos matemáticos para enfermedades infecciosas. *Salud pública de México*, 49, 218-226. Disponible en:
- Pirir, T., & Josué, J. (2020). *Desarrollo de Concentrado sólido con sabor a pollo y reducido en sodio* (Doctoral dissertation). Disponible en: <https://biblioteca.galileo.edu/tesario/handle/123456789/927>
- Raghavan, susheela. 2000. *Handbook of Spices, seasonings, flavorings*, Pennsylvania Technology Publishing. Inc. 329 pp. Raghavan, S. (2006). *Manual de especias, condimentos y aromas*. Prensa CRC.
- Reyes, B. N. (2006). *Formulación y aceptabilidad de un sazón bajo en sodio para ser utilizado en la preparación de pollo* (Doctoral dissertation, Universidad del Valle de Guatemala). Disponible en: <https://repositorio.uvg.edu.gt/xmlui/bitstream/handle/123456789/2572/TESIS.pdf?sequence=2>
- Salamanca, S., Reyes, L., Osorio, M. y Rodríguez, N. (2015). Diseño experimental de mezclas como herramienta para la optimización de cremolácteos de mango. *Rev. Colomb. Investigando. Agroindustriales*, 2(1), 16-24. DOI: <http://dx.doi.org/10.23850/24220582.166>
- Severiano-Pérez, Patricia. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter disciplina*, 7(19), 47-68.



<https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>

Verduga, K., Santamaría, J. L., Gordillo, G., & Montero, C. (2022). Barras energéticas de sachá inchi: optimización de la formulación mediante diseño estadístico de mezclas. *Enfoque UTE*, 13(1), 58-72.

<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.783>.

