

## INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍA ALIMENTARIA: CARACTERIZACIÓN HEDÓNICA DE QUESOS FUNCIONALES CON HARINA DE FRIJOL

### INNOVATION IN FOOD TECHNOLOGY: HEDONIC CHARACTERIZATION OF FUNCTIONAL CHEESES WITH BEAN FLOUR

Rafael García-Vázquez<sup>1</sup>, Blanca Isabel Sánchez-Toledano<sup>2</sup>, Marco Andrés López-Santiago<sup>3\*</sup> y Ramón Valdivia-Alcalá<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Chapingo (UACH), División de Ciencias Económico-Administrativas. Texcoco, Estado de México, México. <sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Zacatecas, Calera de Víctor Rosales, Zacatecas, México. <sup>3</sup>UACH, Unidad Regional Universitaria de Zonas Áridas, Bermejillo, Durango, México.

\*Autor de correspondencia (marcoandres@chapingo.urzu.edu.mx)

#### RESUMEN

El consumo de alimentos funcionales ha mostrado un aumento progresivo debido a los beneficios nutricionales que ofrecen. Este estudio se centró en la innovación en tecnología alimentaria aplicada a la producción de quesos funcionales utilizando microcápsulas de harina de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*) como ingrediente clave. El objetivo de la presente investigación fue analizar su caracterización hedónica, evaluar los atributos más relevantes y las variables que influyen en el consumidor potencial. La metodología empleada consistió en la elaboración de microcápsulas de harina de frijol, su incorporación en un queso ranchero, la selección de consumidores como jueces para un panel y la evaluación sensorial comparando el queso propuesto con uno comercial a través de la escala de Likert. El análisis estadístico incluyó pruebas de Kruskal-Wallis, coeficientes de correlación de Spearman, análisis de componentes principales, un mapa de posicionamiento de atributos y una matriz de correlaciones. Los resultados sugieren que existen diferencias en la percepción de atributos como el olor, sabor, cremosidad, suavidad, consistencia, resistencia, firmeza, carácter graso y acidez, los cuales desempeñaron un papel determinante en las propiedades sensoriales que los panelistas consideraron diferenciadoras en el queso funcional; además, se halló que características sociodemográficas, psicológicas y de comportamiento son variables fundamentales en la aceptación. El queso funcional es viable para satisfacer la demanda de consumidores que buscan alimentos innovadores y beneficios para la salud. Se exhibe la importancia de la conjunción de la tecnología alimentaria, factores sensoriales y socioeconómicos en el desarrollo de alimentos funcionales.

**Palabras clave:** *Phaseolus vulgaris*, evaluación sensorial, microcápsulas, queso funcional.

#### SUMMARY

Consumption of functional foods has shown a progressive increase due to the nutritional benefits they offer. This study focused on innovation in food technology applied to the production of functional cheeses using microcapsules of black bean (*Phaseolus vulgaris*) flour as a key ingredient. The aim of the study was to analyze its hedonic characterization, evaluate the most relevant attributes and variables that influence the potential consumer. The methodology used consisted in the elaboration of bean flour microcapsules, their incorporation into a ranch cheese, the selection of consumers as judges for a panel and sensory evaluation comparing the proposed cheese with a commercial one through the Likert scale. Statistical analysis included Kruskal-Wallis tests, Spearman correlation coefficients, principal component

analysis, an attribute positioning map, and a correlation matrix. Results suggest that there are differences in the perception of attributes such as smell, taste, creaminess, softness, consistency, strength, firmness, fatty character and acidity, which played a determining role in the sensory properties that panelists considered differentiating in the functional cheese; in addition, it was found that sociodemographic, psychological and behavioral characteristics are fundamental variables in the acceptance. Functional cheese is viable to meet the consumers demand for innovative foods and health benefits, the importance of the combination of food technology, sensory and socio-economic factors in the development of functional foods is shown.

**Index words:** *Phaseolus vulgaris*, functional cheese, microcapsules, sensory evaluation.

#### INTRODUCCIÓN

Con una producción anual de 1.2 millones de toneladas de frijol en México (SADER, 2022), el cultivo representa un papel potencial en la diversificación alimentaria. El estado de Zacatecas sobresale como principal productor y uno de los principales consumidores (Ramírez-Jaspeado *et al.*, 2020).

Pese a su importancia, los productores enfrentan diversos desafíos, entre ellos están los daños causados por condiciones climáticas extremas, escasos insumos y vulnerabilidad del cultivo al estrés abiótico, como la sequía y baja fertilidad (Michel-Cuello y Aguilar-Rivera, 2022). Estas situaciones han llevado a una disminución de la cadena de valor de frijol; no obstante, se han buscado alternativas a través de la diversificación de productos agroindustriales. Las iniciativas tienen la finalidad de obtener beneficios económicos y sociales, así como ofrecer alternativas de consumo (Zumaran-Alvarado *et al.*, 2017). Por ende, ha surgido un creciente interés en la aplicación de la innovación tecnológica en la producción de alimentos funcionales. La exploración y análisis en temas relacionados a los aspectos tecnológicos y de consumo se vuelven fundamentales (Granato *et al.*, 2020).

En este contexto, se presenta un aumento global en el consumo de alimentos funcionales, con mercados emergentes como México (Rojas-Rivas *et al.*, 2018). En particular, se ha demostrado que los quesos funcionales son alimentos con alto valor nutricional, por sus propiedades antihipertensivas, antioxidantes, inmunomodulación, antidiabéticas y anticancerígenas (Chourasia *et al.*, 2021).

En relación con la harina obtenida de los granos de frijol, se destaca su alto contenido proteico en comparación con los granos de cereales (Blandón y Larios, 2019). Además de su contenido proteico, se matizan sus propiedades en vitaminas, minerales, fibra dietética, compuestos antioxidantes y otros fitoquímicos (Maphosa y Jideani, 2017).

El uso de la harina de frijol se ha planteado en otras investigaciones para la diversificación de productos funcionales mostrando resultados positivos de aceptación (Sánchez-Toledano *et al.*, 2021). A su vez, la microencapsulación con partes del frijol ha evidenciado estabilidad y solubilidad, por lo que se sugiere que tiene aplicaciones potenciales en la industria alimentaria (Zhang *et al.*, 2022).

Para determinar la aceptación de nuevos alimentos por los consumidores es necesario realizar una evaluación. En este sentido, Alexi *et al.* (2018) apuntan a que la evaluación sensorial se presenta como una herramienta viable alrededor de propuestas de productos innovadores. En el caso específico de los quesos, se ha demostrado que los atributos sensoriales influyen en las preferencias alimentarias. Castillo *et al.* (2021) revelaron que, al comparar las características, se pueden identificar los atributos que son más relevantes y sugieren que cuanto mejor sean calificados, mayor será su aceptación (Vitola *et al.*, 2020).

La investigación no solo contribuirá al avance del conocimiento en el campo de la tecnología alimentaria, sino que también proporcionará información para diferentes actores relevantes en la cadena alimentaria como productores y consumidores. La necesidad de abordar los desafíos en la producción de frijol y la búsqueda de alternativas innovadoras justifican la realización de este estudio.

Por lo tanto, la investigación se enfocó en la innovación en tecnología alimentaria aplicada a la propuesta de quesos funcionales utilizando microcápsulas de harina de frijol negro (*Phaseolus vulgaris*). El objetivo principal fue describir la caracterización hedónica, evaluar los atributos más relevantes y las variables que influyen en el consumidor potencial.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Elaboración de un queso ranchero enriquecido con microcápsulas de harina de frijol

En el estudio, se desarrolló un queso ranchero funcional enriquecido con microcápsulas de testa de frijol común. Para la creación de las microcápsulas se utilizó el proceso presentado en la Figura 1.

Posteriormente, se procedió a la preparación del queso ranchero. Se siguió el método de secuencias para la elaboración de algunos tipos de quesos propuesto por Villegas *et al.* (2016) con algunas modificaciones. Para producir 1 kg de queso se calentaron 5 L de leche pasteurizada en una olla de acero inoxidable con agitación constante, la temperatura alcanzada fue de 82 °C.

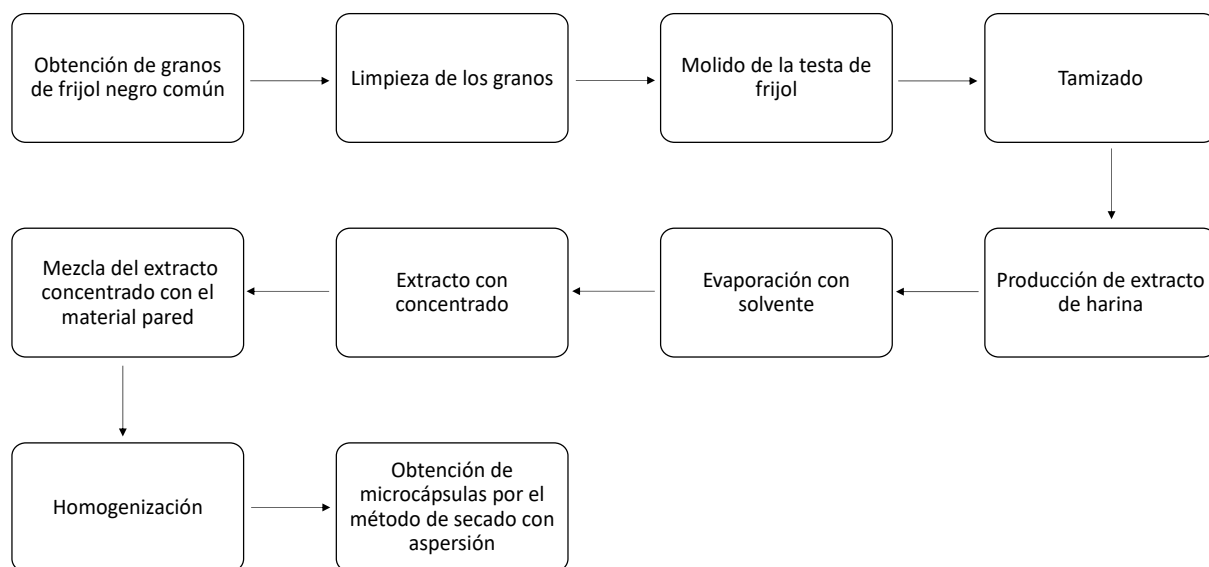
Se retiró la olla del fuego y se añadió gradualmente una mezcla de ácido acético alimentario diluido en proporción de 1:10 con agua purificada. Se continuó con agitación constante para inducir la coagulación de las proteínas de la leche; consecutivamente, la mezcla se dejó reposar durante 30 min hasta que la coagulación (cuajada) se endureció y gelificó; a continuación, se cortó con un cuchillo de acero inoxidable y se filtró, separando el suero de la cuajada mediante un tamiz y una manta natural cruda. La cuajada obtenida se colocó en un recipiente de acero inoxidable y se le agregó sal en una concentración de 5 g por kg de queso, se siguieron las normas nacionales vigentes para aditivos lácteos.

Por último, se añadieron 20 g de microcápsulas de frijol por kg de queso, el producto resultante se vertió en recipientes especiales y se aplicó presión constante. Una vez transcurrido el tiempo de prensado, los quesos fueron desmoldados y se enfriaron durante 24 h adicionales. Este proceso permitió que el queso alcanzara la textura y consistencia adecuada. Se garantizó su correcta elaboración y se obtuvo un producto final con propiedades nutricionales benéficas para la salud de quien los consume.

### Caracterización de la muestra de estudio

El estudio se llevó a cabo en la ciudad de Zacatecas, México. Se seleccionó como muestra a personas mayores de 18 años que residían en dicha ciudad. La muestra seleccionada se obtuvo de la población registrada en el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2022).

Se empleó un muestreo mixto que incluyó uno por conveniencia, el cual se justifica por la disposición de los participantes a colaborar y funciona como una primera aproximación (Martín-Crespo y Salamanca, 2007). Conjuntamente, se estimó el tamaño de muestra



**Figura 1. Proceso de elaboración de microcápsulas de harina de frijol.**

empleando la fórmula de poblaciones finitas con un nivel del 90 %, se requirieron 100 participantes (Díaz, 2013).

La combinación de este tipo de muestreos ha mostrado ser efectiva y se ha validado en otras investigaciones que han analizado el comportamiento de las personas hacia nuevos productos y en estudios de evaluación sensorial, como el realizado por Sánchez-Toledano *et al.* (2021).

En esta dirección, se generó una encuesta discriminante para seleccionar a diferentes consumidores con el fin de formar un panel sensorial. Las preguntas rectoras fueron si consumían quesos en sus hogares y si estaban interesados en evaluar un queso funcional.

Con la clasificación de Malhotra (2008) se aplicó un cuestionario para analizar los hábitos de consumo y características socioeconómicas de los participantes como un primer acercamiento.

#### **Entrenamiento del panel para evaluación sensorial**

Los jueces que integraron el panel sensorial fueron previamente seleccionados con la encuesta discriminante. Estos se citaron en el campo experimental Zacatecas del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), en noviembre de 2022.

Antes de la evaluación sensorial, los panelistas recibieron una explicación detallada del proceso que se llevaría a cabo. Se les informó que se presentarían dos muestras para degustar: la primera correspondió al queso enriquecido con harina de frijol y la segunda fue de un queso ranchero comercial.

Se les mostró una plantilla donde cada panelista tendría que calificar la aceptabilidad utilizando la escala de Likert. Dicha escala funciona con una calificación ordinal a partir de una serie de ítems, el individuo asigna puntuaciones favorables o desfavorables. La puntuación total o el grado de satisfacción general se obtiene sumando de manera algebraica las respuestas que el individuo asignó al conjunto de ítems y se divide entre los atributos que se calificaron (Astudillo y Chevez-Ponce, 2021).

La escala empleada fue de cinco puntos: 1) no me gusta nada, 2) no me gusta, 3) me gusta más o menos, 4) me gusta, 5) me gusta mucho. La plantilla de evaluación quedó conformada por dos secciones principales correspondientes a evaluar los siguientes apartados: 1) apariencia, color y olor; 2) sabor, cremosidad, suavidad, consistencia, salinidad, resistencia, firmeza, carácter graso y acidez. Antes de participar, el panel de jueces dio su consentimiento y confirmaron que habían entendido la dinámica.

#### **Evaluación sensorial**

Se siguió el proceso de evaluación sensorial propuesto por Sánchez-Toledano *et al.* (2021) y se generaron las siguientes actividades: 1) se tomaron las precauciones necesarias para garantizar condiciones óptimas de evaluación y los panelistas fueron trasladados a una sala de degustación con un ambiente controlado; 2) las muestras de queso fueron preparadas y se cubrieron con papel aluminio; 3) la aceptación de los panelistas hacia el queso fue evaluada mediante la observación y degustación, para evitar posibles sesgos, se utilizó un diseño en bloque completo y equilibrado al presentar las muestras de

forma monódica, los consumidores se enjuagaron la boca entre muestras para eliminar cualquier residuo y evitar la contaminación de sabores; 4) por último, la evaluación se llevó a cabo con la plantilla de evaluación diseñada previamente, la cual incluía criterios iguales para evaluar ambos quesos.

### Análisis estadístico

Se identificaron las variables significativas relacionadas con los hábitos de consumo y características socioeconómicas. Dado que las variables analizadas no se comportaron como una distribución normal, se empleó la prueba de Kruskal-Wallis como alternativa al análisis de la varianza (ANOVA). Se estableció un nivel de confiabilidad de 95 %, lo que implicó la utilización de un nivel de significancia de  $P = 0.05$ .

Posteriormente, se utilizó el coeficiente de correlación de Spearman para calcular las correlaciones entre el grado de satisfacción, las preferencias y la disposición a pagar por el queso fortificado con harina de frijol y el queso comercial. Con el método, fueron calculados los coeficientes de correlación y se determinó la significancia bilateral.

Como siguiente paso, se llevó a cabo un análisis de componentes principales (ACP) para evaluar los atributos sensoriales del queso 1 y 2. Se calcularon las cargas factoriales y las matrices de coeficientes para cada atributo.

Se empleó un mapa de posicionamiento como herramienta para mostrar un perfil sensorial a detalle de los atributos del queso enriquecido con harina de frijol. Este mapa representa las calificaciones obtenidas en cada atributo sensorial, así como el grado de satisfacción general con el queso fortificado con harina de frijol.

Por último, se estableció una matriz de correlaciones para analizar las asociaciones entre las variables significativas de los hábitos de consumo y características socioeconómicas del panel de jueces seleccionados, y el grado de satisfacción del queso enriquecido con harina de frijol. Se calculó su relevancia en el contexto del estudio. Los procesos se llevaron a cabo con el uso de hojas de cálculo Excel 2022, versión 16.74 (23061100) y a través del paquete estadístico SPSS (2023) Statistics versión 29.0.0.0 (241).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 1 se observan las variables significativas en los hábitos de consumo y características socioeconómicas del panel de jueces seleccionados para la evaluación

sensorial. Los resultados indican que la edad, el nivel de estudios, la fijación en la etiqueta al momento de comprar un queso y los gastos que destina a comprar este tipo de productos son factores de importancia en el consumidor potencial.

La comprensión de las variables que influyen en la percepción del consumidor se vuelve relevante, especialmente en un mercado cambiante como el de la industria de quesos funcionales y la innovación alimentaria (Curutchet *et al.*, 2023). A través de diferentes estudios sobre la aceptación de alimentos funcionales se encuentra que las características sociodemográficas, psicológicas y de comportamiento son fundamentales, entre estas variables se incluyen aspectos como la marca, información de beneficios a la salud, la edad, el nivel educativo y los ingresos económicos (Baker *et al.*, 2022).

En el Cuadro 2 se muestran las correlaciones encontradas en las variables de grado de satisfacción, preferencias, y la disposición a pagar por un queso. Se observa una correlación positiva (0.234) entre el grado de satisfacción del queso fortificado con harina de frijol y el queso comercial. Lo anterior, sugiere que los panelistas que están satisfechos con el queso fortificado también tienden a encontrar satisfacción con un queso comercial. Con el valor de significancia se indica que es poco probable que esto ocurra por casualidad.

Se encontró una correlación negativa moderada (-0.476) entre el queso fortificado y el grado de satisfacción; esto implica que a medida que aumenta la preferencia por otros quesos diferentes al fortificado, disminuye el grado de satisfacción con el primero. En contraparte, se halló una correlación positiva moderada (0.249) con el queso comercial, lo cual implica que aquellos que tienen una mayor preferencia por este queso son más propensos a preferirlo sobre otros.

Este acontecimiento puede atribuirse a los patrones de consumo de los panelistas. Aquellos que optan por quesos diferenciados tienden a comprarlos con menos frecuencia y las razones de adquisición son diferentes a los consumidores de quesos comerciales. Entre los factores que influyen en la preferencia de un queso sobre otro son la aversión a lo desconocido y la búsqueda de variedad (Streletskaya *et al.*, 2023).

Con relación a la disposición a pagar, no se observaron correlaciones significativas; entonces, el precio no está directamente relacionado con la satisfacción o la preferencia por un tipo de queso en particular. Los resultados encontrados muestran la importancia de considerar las preferencias individuales y la satisfacción

**Cuadro 1. Estadísticos de prueba Kruskal-Wallis con la variable de agrupación nivel de ingresos mensual.**

VARIABLES ANALIZADAS	H de Kruskal-Wallis	Grados de libertad	Significancia asintótica
Género	8.691	5	0.122
Edad	25.235	5	0.001*
Nivel de estudios	23.326	5	0.001*
Integrantes en la familia	4.419	5	0.459
Suele fijarse en la etiqueta cuando compra quesos	16.872	5	0.005*
Gastos destinados al consumo de quesos	27.923	5	0.001*
Aspectos importantes a la hora de comprar quesos <sup>†</sup>	9.287	5	0.098

<sup>†</sup>Precio, tamaño, costumbre, características nutricionales, accesibilidad, presentación, sabor. Los asteriscos indican la significancia estadística  $P \leq 0.05$ .

**Cuadro 2. Correlación de Spearman entre el grado de satisfacción, preferencia y precio del queso fortificado con harina de frijol y un queso comercial.**

	Grado de satisfacción con el queso 1 <sup>††</sup>	Grado de satisfacción con el queso 2 <sup>††</sup>	Queso que le gustó más <sup>3</sup>	Disposición a pagar por un queso <sup>4</sup>
1 Correlación de Spearman	1	0.234*	-0.476**	0.082
Sig. (bilateral)		0.019	<0.001	0.419
2 Correlación de Spearman	0.234*	1	0.249*	-0.037
Sig. (bilateral)	0.019		0.012	0.714
3 Correlación de Spearman	-0.476**	0.249*	1	-0.099
Sig. (bilateral)	<0.001	0.012		0.328
4 Correlación de Spearman	0.082	-0.037	-0.099	1
Sig. (bilateral)	0.419	0.734	0.328	

<sup>†</sup>Corresponde al queso fortificado con harina de frijol, <sup>††</sup>Corresponde al queso comercial. Los asteriscos indican la significancia \* $P \leq 0.05$ , \*\* $P \leq 0.01$ .

del consumidor al desarrollar productos innovadores. Al respecto, Malekpour *et al.* (2022) mencionaron que para ofertarlos es preciso evaluar la situación competitiva y ofrecer atributos adecuados, según las preferencias del cliente potencial.

Con el uso del ACP se compararon los atributos sensoriales de mayor valoración del queso fortificado con harina de frijol y el queso comercial (Cuadro 3). Las cargas factoriales demostraron que los atributos de apariencia y color tienen cargas positivas, indicando que están asociados en ambos quesos; por ello, se deduce que estos resultaron visualmente atractivos a los panelistas y presentaron un color agradable. Este hallazgo concuerda con Mousavi *et al.* (2023), quienes afirman que, en la producción de quesos diferenciados, la apariencia y el color tienen gran influencia en la percepción y aceptación por parte del consumidor.

En cuestión de atributos como el olor, la carga factorial positiva cuenta con mayor presencia en el queso fortificado, mientras que en el queso comercial se halla cercana a cero, mostrando que el primero tiene un olor pronunciado y distintivo en comparación con el queso comercial. En las evaluaciones sensoriales se ha demostrado que el olor tiene afectaciones sobre otros atributos, como el sabor, y su interacción favorece a una experiencia sensorial más placentera (Han *et al.*, 2019).

En cuanto a sabor, cremosidad, suavidad, consistencia, salinidad, resistencia, firmeza, carácter graso y acidez, se observaron diferencias en la forma en la que se perciben los atributos.

El valor bajo de P ( $P \leq 0.00$ ) indica que la matriz de correlación no es una matriz de identidad, lo que sugiere que existe una correlación significativa entre las variables.

Por otra parte, el valor de KMO demuestra una adecuación de muestreo adecuada para la realización de un análisis factorial. En este tenor, el queso fortificado registró cargas factoriales positivas, al igual que en la matriz de coeficientes, por lo que se encontró una influencia significativa en la formación del factor subyacente dentro del queso fortificado; es decir, estos atributos desempeñan un papel relevante en la determinación de las propiedades sensoriales que el panelista consideró como diferenciadores y de mayor relevancia en comparación con el queso comercial.

De esta forma, se demuestra que el queso fortificado con harina de frijol tiende a un perfil y características sensoriales distintivas de mayor pronunciación, en contraste con el queso comercial. Al compararse estos atributos, se definen los que tienen mayor relevancia (Castillo *et al.*, 2021). La textura en los quesos como la cremosidad, suavidad, consistencia, resistencia, firmeza y el carácter graso son propiedades que desempeñan un papel crucial en la experiencia sensorial y tiende a ser utilizada para definir la calidad del producto (Vukić *et al.*, 2022). La textura puede influir en la forma en la que el consumidor percibe y consume estos quesos (Kaczyński *et al.*, 2023).

Una vez demostrado el alcance de los atributos en el

queso enriquecido, se generó un mapa de posicionamiento (Figura 2). De acuerdo con la escala empleada, los resultados mostraron que los panelistas tuvieron un grado de satisfacción que osciló en un “me gusta”, lo que indica que tuvo una satisfacción aceptable en los atributos evaluados.

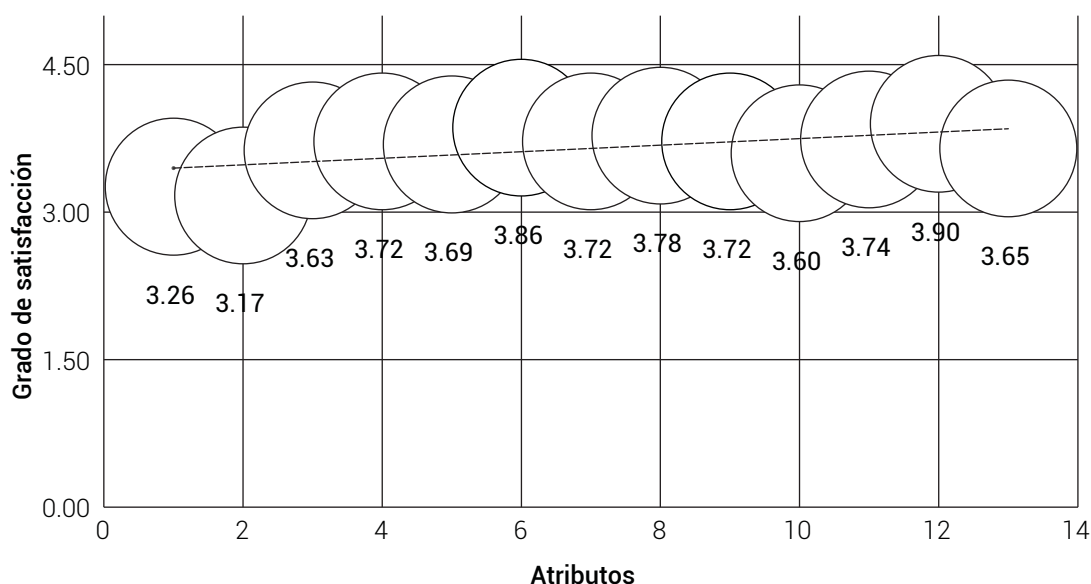
Los atributos con las calificaciones más altas fueron la acidez, suavidad y salinidad. Contrariamente, el color y apariencia obtuvieron calificaciones ligeramente más bajas, lo que sugiere la importancia de mejorar el aspecto visual del queso fortificado para aumentar la satisfacción del consumidor. La calificación general del queso fue de 3.65, muestra concordancia con los atributos evaluados y concilia con la experiencia global de los atributos individuales.

Una buena puntuación de aceptabilidad indica que los consumidores potenciales estarían dispuestos a comprar este tipo de quesos (Ghamgui *et al.*, 2021). La aceptación es el resultado de la percepción del producto, principalmente en atributos como sabor, olor, apariencia, color y consistencia (Kaczyński *et al.*, 2023). Al demostrar un grado de satisfacción positivo se infiere que el queso planteado podría tener un lugar en el mercado de quesos funcionales.

**Cuadro 3. Análisis de componentes principales entre atributos sensoriales del queso fortificado con harina de frijol y el queso comercial .**

Atributo	Cargas factoriales del queso 1 <sup>+</sup>	Cargas factoriales del queso 2 <sup>++</sup>	Matriz de coeficiente del queso 1	Matriz de coeficiente del queso 2	Varianza explicada (%)
Apariencia	0.421	0.819	0.076	0.434	46.235*
Color	0.405	0.817	0.073	0.433	15.735*
Olor	0.516	0.178	0.093	0.094	7.124
Sabor	0.753	-0.260	0.136	-0.138	5.689
Cremosidad	0.731	-0.312	0.132	-0.165	5.157
Suavidad	0.797	-0.090	0.144	-0.048	4.877
Consistencia	0.760	-0.308	0.137	-0.163	3.893
Salinidad	0.786	0.185	0.142	0.098	3.303
Resistencia	0.793	0.259	0.143	0.137	2.772
Firmeza	0.670	-0.072	0.121	-0.038	2.109
Carácter graso	0.663	-0.346	0.119	-0.183	1.744
Acidez	0.701	-0.159	0.126	-0.084	1.361

<sup>+</sup>Corresponde al queso fortificado con harina de frijol, <sup>++</sup>Corresponde al queso comercial. El determinante de la matriz de correlaciones fue de 0.01. \*Explica la varianza total explicada por dos componentes: 61.970 %. El test de esfericidad de Bartlett arrojó los siguientes resultados: Chi-cuadrada = 1379.350, valor de P (significancia) = 0.000, KMO = 0.866.



**Figura 2. Mapa de posicionamiento de atributos y grado de satisfacción general del queso enriquecido con harina de frijol (3.65). Los atributos evaluados fueron: apariencia, color, olor, sabor, cremosidad, suavidad, consistencia, salinidad, resistencia, firmeza, carácter graso y acidez. La línea muestra la tendencia lineal que sigue la relación entre los atributos sensoriales y el grado de satisfacción.**

Por último, se generó una matriz de correlaciones entre las variables que resultaron significativas de los hábitos de consumo y las características socioeconómicas del panel de jueces seleccionados, así como el grado de satisfacción general del queso enriquecido con harina de frijol. Los resultados muestran las relaciones de asociación entre estas variables (Cuadro 4).

El nivel de ingresos y la satisfacción general del queso enriquecido con harina de frijol muestran una correlación positiva (0.411), a medida que aumentan los ingresos, el grado de satisfacción con el queso también aumenta; entonces, los panelistas de ingresos económicos más altos tienden a reportar mayores niveles de satisfacción.

La variable edad no mostró una correlación significativa con el grado de satisfacción del queso enriquecido (0.016), por lo que este factor parece no ser determinante en la satisfacción que los panelistas experimentan. Esta relación es débil y puede tener influencia de otros factores como las preferencias individuales.

Con relación al nivel de estudios, se observó una correlación positiva (0.459), mostrando que a medida que el nivel de estudios es más alto en los panelistas éstos tienden a mostrar un mayor aumento en la satisfacción con el queso.

Por otro lado, los gastos que los panelistas destinan al consumo de quesos muestran correlaciones positivas (0.462). Al aumentar el gasto en el consumo de estos productos también aumenta la satisfacción con el queso; es decir, los panelistas que destinan más recursos económicos a la compra de estos productos suelen experimentar niveles más altos de satisfacción. Es preciso mencionar que otros factores no incluidos en el análisis pueden tener influencia en la satisfacción del queso.

Diversos estudios han demostrado que son múltiples factores que pueden predecir la aceptación por parte del consumidor (Curutchet *et al.*, 2023), entre estos factores, el nivel educativo, los ingresos y el gasto destinado a estos alimentos se han identificado como variables de influencia (Baker *et al.*, 2022; Streletskaia *et al.*, 2023); por estos motivos, se debe tener una comprensión clara de los factores que influyen en contextos específicos al lanzar alimentos funcionales al mercado. Para una dirección efectiva, es preciso analizar las características socioeconómicas (Baker *et al.*, 2002).

En general, en México la industria agroalimentaria del frijol está en sus etapas iniciales de desarrollo (Figueroa-González *et al.*, 2023); sin embargo, la verdadera transformación y diversificación de estos productos se ha logrado mediante la aplicación de tecnología alimentaria. La creación de nuevos productos a base de frijol, como totopos y churros, se ha vuelto posible a través

del desarrollo de harinas derivadas de esta leguminosa (Figuroa-González *et al.*, 2023). La introducción de tecnología alimentaria en la producción de derivados del frijol se enmarca en estrategias destinadas a ofrecer opciones alimenticias saludables (Sánchez-Toledano *et al.*, 2021); en consecuencia, la innovación tecnológica alimentaria emerge como un factor clave para elevar la calidad y funcionalidad de los alimentos.

**CONCLUSIONES**

La propuesta del queso ranchero enriquecido con microcápsulas de harina de frijol resultó en un producto factible como alimento funcional y mostró aceptabilidad sensorial satisfactoria en los panelistas. La exploración de las variables que influyen en su aceptación proporciona una base sólida para el estudio del consumidor potencial. La inclusión de estas microcápsulas abre nuevas oportunidades para la diversificación de alimentos, lo que permite a los productores ofertar opciones saludables y diversificadas, con impacto directo en la industria alimentaria y en consumidores. Este enfoque se revela como un importante impulso en la innovación y el desarrollo tecnológico en el ámbito alimentario. Finalmente, se subraya la importancia de implementar estrategias para mejorar la apariencia del producto y desarrollar una segmentación de mercado que facilite una comercialización efectiva dirigida a los consumidores con mayor potencial de satisfacción y preferencia por el queso.

**BIBLIOGRAFÍA**

Alexi N., D. V. Byrne, E. Nanou and K. Grigorakis (2018) Investigation of sensory profiles and hedonic drivers of emerging aquaculture fish species. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 98:1179-1187, <https://doi.org/10.1002/jsfa.8571>

Astudillo T. M. P. and F. Chevez-Ponce (2021) La escala de Likert en la medición de las TIC y la exclusión social. *Brazilian Journal of Education, Technology and Society* 14:375-383, <https://doi.org/10.14571/brajets.v14.n3.375-383>

Baker M. T., P. Lu, J. A. Parrella and H. R. Leggette (2022) Consumer acceptance toward functional foods: a scoping review. *International Journal of Environmental Research and Public Health* 19:1217, <https://doi.org/10.3390/ijerph19031217>

Blandón N. S. L. y X. J. Larios L. (2019) Evaluación de sustitución parcial de harina de trigo por harina de frijol *Phaseolus vulgaris* en la formulación de tortas. *El Higo Revista Ciencia y Tecnología* 9:35-44, <https://doi.org/10.5377/elhigo.v9i1.8995>

Castillo M. R. A., J. A. Ramos J., A. Bucio G. and J. A. Herrera-Corredor (2021) Hedonic perception and preference analysis of double cream cheeses formulated with raw and pasteurized milk. *Agro Productividad* 14:91-99, <https://doi.org/10.32854/agrop.v14i10.2008>

Chourasia R., M. M. Abedin, L. C. Phukon, D. Sahoo, S. P. Singh and A. K. Rai (2021) Biotechnological approaches for the production of designer cheese with improved functionality. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* 20:960-979, <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12680>

Curutchet A., A. Tárrega and P. Arcia (2023) Changes in consumers interest on cheeses with health benefits and different manufacture types over the last decade. *CyTA - Journal of Food* 21:72-81, <https://doi.org/10.1080/19476337.2022.2162973>

Díaz M. A. (2013) Estadística Aplicada a la Administración y la Economía. McGraw-Hill Interamericana. México, D. F. 609 p.

Figuroa-González J. J., S. H. Guzmán-Maldonado, M. G. Herrera-Hernández and B. I. Sánchez-Toledano (2023) Nutritional and nutraceutical quality of artisan food products supplemented with bean flour (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Alimentos Ciencia e Ingeniería* 30:61-74, <https://doi.org/10.31243/aci.v30i1.2018>

**Cuadro 4. Matriz de correlaciones con la variable de agrupación "Grado de satisfacción general del queso enriquecido con harina de frijol".**

		Nivel de ingresos <sup>1</sup>	Edad <sup>2</sup>	Nivel de estudios <sup>3</sup>	Suele fijarse en la etiqueta cuando compra quesos <sup>4</sup>	Gastos destinados al consumo de quesos <sup>5</sup>
1	Correlación de Spearman	1.000	0.411**	0.459**	-0.019	0.462**
	Sig. (bilateral)		<0.001	<0.001	0.847	<0.001
2	Correlación de Spearman	0.411**	1.000	0.016	-0.217*	0.484**
	Sig. (bilateral)	<0.001		0.876	0.030	<0.001
3	Correlación de Spearman	0.459**	0.016	1.000	0.061	0.271**
	Sig. (bilateral)	<0.001	0.876		0.548	0.006
4	Correlación de Spearman	-0.019	-0.217*	0.061	1.000	-0.058
	Sig. (bilateral)	0.847	0.030	0.548		0.570
5	Correlación de Spearman	0.462**	0.484**	0.271**	-0.058	1.000
	Sig. (bilateral)	<0.001	<0.001	0.006	0.570	

Los asteriscos indican la significancia \*P ≤ 0.05, \*\*P ≤ 0.01.



- Ghamgui H., F. Bouaziz, F. Frikha, F. Châari and S. Ellouze-Chaâbouni (2021) Production and characterization of soft Sardinian type cheese by using almond gum as a functional additive. *Food Science & Nutrition* 9:2032-2041, <https://doi.org/10.1002/fsn3.2170>
- Granato D., F. J. Barba, D. Bursac-Kovačević, J. M. Lorenzo, A. G. Cruz and P. Putnik (2020) Functional foods: product development, technological trends, efficacy testing, and safety. *Annual Review of Food Science and Technology* 11:93-118, <https://doi.org/10.1146/annurev-food-032519-051708>
- Han P., T. Fark, R. A. de Wijk, N. Roudnitzky, E. Iannilli, H. S. Seo and T. Hummel (2019) Modulation of sensory perception of cheese attributes intensity and texture liking via ortho-and retro-nasal odors. *Food Quality and Preference* 73:1-7, <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.11.019>
- INEGI, Instituto Nacional de Estadística y Geografía (2022) México en cifras. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. Ciudad de México. <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/#collapse-Resumen> (Junio 2023).
- Kaczyński Ł. K., D. Cais-Sokolińska, P. Bielska, J. Teichert, J. Biegalski, A. Yiğit and S. Chudy (2023) The influence of the texture and color of goat's salad cheese on the emotional reactions of consumers compared to cow's milk cheese and Feta cheese. *European Food Research and Technology* 249:1257-1272, <https://doi.org/10.1007/s00217-023-04211-2>
- Malekpour M., M. Yazdani and H. Rezvani (2022) Investigating the relationship between intrinsic and extrinsic product attributes with customer satisfaction: implications for food products. *British Food Journal* 124:578-598, <https://doi.org/10.1108/BFJ-02-2022-0097>
- Malhotra N. K. (2008) Investigación de Mercados. Traducción M. E. Ortiz S. 5a edition. Pearson Prentice Hall. México, D. F. 920 p.
- Maphosa Y. and V. A. Jideani (2017) The role of legumes in human nutrition. In: *Functional Food: Improve Health Through Adequate Food*. M. Chavarri H. (ed.). IntechOpen. London, UK. pp:103-122, <https://doi.org/10.5772/intechopen.69127>
- Martín-Crespo B. M. C. y A. B. Salamanca C. (2007) El muestreo en la investigación cualitativa. *NURE Investigación* 27:1-4.
- Michel-Cuello C. and N. Aguilar-Rivera (2022) Climate change effects on agricultural production systems in México. In: *Handbook of Climate Change Across the Food Supply Chain*. W. Leal Filho, I. Djekic, S. Smetana and M. Kovaleva (eds.). Springer. Cham, Switzerland. pp:335-353, [https://doi.org/10.1007/978-3-030-87934-1\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-030-87934-1_19)
- Mousavi R. S., L. Nateghi, M. Soltani and J. Asgarpanah (2023) Innovative UF-white cheese fortified with *Ganoderma lucidum* extract: antioxidant capacity, proteolysis, microstructure and sensory characteristics. *Journal of Food Measurement and Characterization* 17:1651-1661, <https://doi.org/10.1007/s11694-022-01732-4>
- Ramírez-Jaspeado R., N. Palacios-Rojas, M. Nutti y S. Pérez (2020) Estados potenciales en México para la producción y consumo de frijol biofortificado con hierro y zinc. *Revista Fitotecnia Mexicana* 43:11-23, <https://doi.org/10.35196/rfm.2020.1.11>
- Rojas-Rivas E., A. Espinoza-Ortega, C. G. Martínez-García, S. Moctezuma-Pérez and H. Thomé-Ortiz (2018) Exploring the perception of Mexican urban consumers toward functional foods using the Free Word Association technique. *Journal of Sensory Studies* 33:e12439, <https://doi.org/10.1111/joss.12439>
- SADER, Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2022) Estima Agricultura crecimiento de 11.4% de la producción de frijol en 2021; mantiene tendencia al alza. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Ciudad de México. <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/estima-agricultura-crecimiento-de-11-4-de-la-produccion-de-frijol-en-2021-mantiene-tendencia-al-alza?idiom=es> (Junio 2023).
- Sánchez-Toledano B., V. Cuevas-Reyes, R. Cruz-Bravo y J. A. Zegbe (2021) Aceptación y preferencia de los consumidores por un tallarin enriquecido con harina de cotiledón de frijol. *Revista Fitotecnia Mexicana* 44:95-102, <https://doi.org/10.35196/rfm.2021.1.95>
- Streletskaia N. A., S. Maruyama, S. Queisser, S. Cole, A. N. Stelick and J. Lim (2023) How information leads consumers to select specialty foods when tasting is not an option. *Food Quality and Preference* 105:104769, <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2022.104769>
- Villegas G. A., A. Santos M. y F. Cervantes E. (2016) Los Quesos Mexicanos Tradicionales. Universidad Autónoma Chapingo-Juan Pablos Editor. Ciudad de México. 197 p.
- Vitola H. R. S., C. E. S. Cruxen, F. T. da Silva, P. R. Thiel, J. L. Marques, W. P. da Silva and Á. M. Fiorentini (2020) *Lactobacillus casei* CSL3: evaluation of supports for cell immobilization, viability during storage in *Petit Suisse* cheese and passage through gastrointestinal transit *in vitro*. *LWT - Food Science and Technology* 127:109381, <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109381>
- Vukić D., M. Iličić, K. Kanurić, V. Vukić, M. Bjekić and J. Degenek (2022) Textural characteristics and colour of fresh cheese obtained by kombucha inoculum. *Journal of Hygienic Engineering and Design* 38:234-237.
- Zhang X., B. Zhang, X. Ge, H. Shen, X. Sun, Q. Zhang, ... and W. Li (2022) Fabrication and characterization of whey protein-citrate mung bean starch-capsaicin microcapsules by spray drying with improved stability and solubility. *Foods* 11:1049, <https://doi.org/10.3390/foods11071049>
- Zumaran-Alvarado E. M., M. Juárez-García, J. Mancillas-Medina, M. Ávila-Ontiveros y A. Leyva-Maldonado (2017) Desarrollo de un pay de harina de frijol negro San Luis con mermelada de chilacayote de altas propiedades nutricionales. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 71:27-33, <https://doi.org/10.33064/iycuaa201771597>