



DIRECCIÓN DE NEGOCIOS ALIMENTARIOS

**DESARROLLO DE QUESO PANELA FUNCIONAL, ADICIONADO CON PREBIOTICOS
Y PROBIOTICOS**

**TESIS
QUE PRESENTA
KARINA TISCAREÑO ORTEGA**

**PARA OBTENER EL TÍTULO DE
MAESTRIA EN DESARROLLO E INNOVACIÓN ALIMENTARIA**

**CON RECONOCIMIENTO DE VALIDEZ OFICIAL DE ESTUDIOS DE LA SECRETARIA
DE EDUCACIÓN PÚBLICA DE ACUERDO CON EL NÚMERO RVOE 20170050 DE
FECHA 3 DE AGOSTO DE 2023**

**TUTORES
DRA. JULIETA DOMÍNGUEZ SOBERANES
DRA. NORMA ANGÉLICA CHÁVEZ VELA**

**ASESOR
DRA. GABRIELA MARIANA RODRÍGUEZ SERRANO**

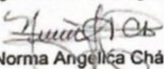
AGUASCALIENTES, AGS. AGOSTO 2023.

DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

En mi calidad de Tutor y después de haber analizado el trabajo de titulación de Karina Tiscareño Ortega, quien cursó la Maestría de Desarrollo e Innovación Alimentaria con reconocimiento de validez oficial de estudios de la Secretaría de Educación Pública, según acuerdo número RVOE 20170050 de fecha 18 de abril del 2017, quien presenta el trabajo titulado: Desarrollo de queso panela funcional, adicionado con prebióticos y probióticos.

Manifiesto que reúne los requisitos que obligan los reglamentos en vigor, para ser presentado ante el Honorable jurado del examen profesional.

Aguascalientes, Ags., 28 de junio del 2023



Dra. Norma Angélica Chávez Vela
Cédula 5933365
(Doctorado en Ciencias Biológicas)

Aguascalientes, México, 2 de agosto del 2023.

DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

En mi calidad de Asesor y después de haber analizado el trabajo de titulación de Karina Tiscareño Ortega, con ID: 0241321, quien cursó la Maestría de Desarrollo e Innovación Alimentaria con reconocimiento de validez oficial de estudios de la Secretaría de Educación Pública, según acuerdo número RVOE 20170050 de fecha 18 de abril del 2017, quien presenta el trabajo titulado: Desarrollo de queso panela funcional, adicionado con prebióticos y probióticos.

Manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos en vigor, para ser presentado ante el Honorable jurado del examen profesional.



Dra. Julieta Domínguez Soberanes

Cédula profesional No. 3298783



Casa abierta al tiempo

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA

División de Ciencias Biológicas y de la Salud

Iztapalapa

Miércoles 2 de agosto de 2023

DICTAMEN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

En mi calidad de Asesor y después de haber analizado el trabajo de titulación de Karina Tiscareño Ortega, con ID: 0241321, quien cursó la Maestría de Desarrollo e Innovación Alimentaria con reconocimiento de validez oficial de estudios de la Secretaría de Educación Pública, según acuerdo número RVOE 20170050 de fecha 18 de abril del 2017, quien presenta el trabajo titulado: Desarrollo de queso panela funcional, adicionado con prebióticos y probióticos. Manifiesto que reúne los requisitos a que obligan los reglamentos en vigor, para ser presentado ante el Honorable jurado del examen profesional.

Sin otro particular, aprovecho la ocasión para enviarle un cordial saludo.

Atentamente
"Casa Abierta al Tiempo"

Dra. Rodríguez Serrano Gabriela
Departamento de Biotecnología

UNIDAD IZTAPALAPA
Av. San Rafael Atlixco N° 186, Col. Vicentina C.P. 09340, Iztapalapa, México D.F.
Tel. 01(55)58044711
e-mail: gms@xanum.uam.mx

Agradecimientos

A mis estimadas tutoras, Dra. Julieta Domínguez Soberanes y Dra. Norma Angélica Chávez Vela por sus valiosas orientaciones y compromiso inquebrantable, fueron fundamentales para la realización de este proyecto académico. Gracias por su paciencia, su tiempo, su asesoría, por siempre ir más allá de lo esperado y por ser ejemplos a seguir.

A la Universidad Panamericana y a la Universidad Autónoma de Aguascalientes por facilitarme sus áreas de trabajo, material y equipo para desempeñar el trabajo de manera adecuada. A Vero y a Liz por su apoyo durante todo el trabajo experimental, gracias por apoyarme en todo momento.

A todos mis seres queridos, a mi papá Delfino por apoyarme en mis estudios en cada etapa de mi crecimiento profesional, a Ceci, Pepe, Viky y Tefi por siempre estar ahí para escucharme. A Heri por estar ahí después de cada clase y de cada día en el laboratorio, gracias por tu compañía, por tu apoyo y por tus palabras de aliento.

Sobretudo a mi mamá Virginia, que desde que le dije sobre mi interés de estudiar una maestría, se emocionó junto conmigo y me ayudó a que fuera posible. Gracias por motivarme y empujarme a ser mejor, toda la vida has sido mi más grande apoyo. Gracias por siempre creer que puedo, gracias por siempre ayudarme e impulsarme, sin ti esto no sería posible.

Índice de contenido

1. Abstract.....	9
2. Resumen	10
3. Introducción.....	11
4. Justificación	13
5. Marco teórico.....	16
5.1 Queso.....	16
5.1.1 Definición de queso.....	16
5.1.2 Historia del queso	17
5.1.3 Importancia económica.....	18
5.1.4 Importancia nutritiva	19
5.1.5 Tipos de queso.....	21
5.1.6 Normativa aplicable.....	24
5.2 Alimentos funcionales	25
5.2.1 Concepto.....	25
5.2.2 Importancia	26
5.2.3 Tipos	27
5.3 Análisis sensorial	39
5.3.1 Análisis Justamente Correcto.....	40
5.3.2 CATA.....	41
5.3.3 Aceptación del consumidor.....	41
5.4 Antecedentes	42
6. Objetivo general.....	44
Objetivos particulares.....	44
7. Materiales y métodos	45
7.1 Estandarización del procedimiento de obtención de queso panela.....	45
7.1.1 Preparación de inóculos bacterianos	45
7.2 Selección de cultivos bacterianos para obtener queso funcional.....	46
7.3 Evaluación la influencia de la inulina en el conteo de UFC de lactobacilos.....	47
7.4 Identificación por microscopía electrónica de presencia de cultivos bacterianos lácticos e inulina en queso funcional.....	47
7.5 Determinación de vida de anaquel de queso funcional.	47
7.6 Evaluación sensorial de queso funcional	48
Resultados	52
8.1 Estandarización del procedimiento para obtener queso	52
8.2 Selección de cultivos bacterianos para obtener queso funcional	52

8.3	Evaluación la influencia de la inulina en el crecimiento de probióticos.	54
8.4	Identificación por microscopía electrónica de presencia de cultivos bacterianos lácticos e inulina en queso funcional.....	56
8.5	Determinación de vida útil de queso funcional	58
8.6	Evaluación sensorial el queso funcional.....	60
8.	<i>Discusiones</i>	64
9.	<i>Conclusiones</i>	69
10.	<i>Bibliografía</i>	70

Índice de figuras

Figura 1. Producción de queso de 2017 de los quesos más populares de México (SIAP, 2018).	19
Figura 2. Composición nutricional del queso panela según la NMX-F-742-COFOCALEC-2012	21
Figura 3. Imagen de la inulina	37
Figura 4. Quesos utilizados para la elaboración de estudio sensorial con su código respectivo.....	49
Figura 5. Permiso de utilización de datos personales y cuestionario de información personal del consumidor.	50
.....	50
Figura 6. Cuestionarios JAR	51
Figura 7. Estudio CATA.....	51
Figura 8. Aceptación general del producto e intención de compra.....	51
Figura 9. Crecimiento de microorganismos en queso prototipo	53
Figura 11. Crecimiento de microorganismos en queso adicionado con BBB12, Lb. 2772 y Lb. GG	53
Figura 12. Apariencia de quesos obtenidos con diferentes cepas de cultivos de lactobacilos:	53
Figura 15. Crecimiento de lactobacilos en queso panela control	55
Figura 18. Micrografía de microscopio electrónico de bifidobacteria y lactobacilo	56
Figura 19. Micrografía de microscopio electrónico de posible inulina y lactobacilo,	57
Figura 20. Micrografía microscopio electrónico de lo que se cree lactobacilo adherido a la inulina	57
Figura 21. Fotografía de microscopio electrónico de la matriz de queso, inulina y lactobacilos.	58
Figura 22. Crecimiento de lactobacilos en queso panela funcional.....	59
Figura 23. Crecimiento de bacterias en queso panela funcional.	59
Figura 24. Crecimiento de bacterias coliformes en queso panela funcional.	60
Figura 25. Análisis JAR de queso panela Hill Country Fare	61
Figura 26. Análisis JAR de queso panela LALA.....	61
Figura 27. Análisis JAR de queso panela H-E-B.....	62
Figura 28. Análisis JAR de queso panela prototipo	62

1. Abstract

A functional cheese was developed, fortified with 4% inulin and, supplemented with *Bifidobacterium animalis subsp. lactis*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* NCFB 2772, and *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG. The production process yielded a substantial output of 26.6% (w/v) with a final concentration of 7.12×10^8 CFU/g, exceeding the minimum requirement of 10^6 CFU/g. Notably, the inclusion of inulin exhibited a synergistic effect on the growth of probiotics. Furthermore, electron microscopy was employed to assess the presence of bifidobacteria and lactobacilli, the interaction between lactobacilli and inulin, and the integration of inulin into the proteinaceous dairy matrix.

During the product's shelf life, a sustained proliferation of lactic acid bacteria was observed over 22 days. However, to ensure safety, the defined shelf life was set at 13 days due to the detection of pathogenic bacterial presence. In the sensory evaluation, the cheese met the desirable criteria for dairy flavor (60% within the just-about-right range), mouthfeel moisture, creaminess, and adhesiveness. The critical sensory attributes identified were a prominent dairy flavor, a distinct aroma reminiscent of fresh milk, a visually appealing white color, a smooth and pleasing texture, and a pleasant level of mouthfeel moisture. The cheese received an overall acceptance score of 5.03 (± 1.23), indicating a moderate level of preference and a considerable purchase intention of 69%.

2. Resumen

Se desarrolló un queso funcional, con 4% de inulina e inoculado con *Bifidobacterium animalis subsp. lactis*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* NCFB 2772 y *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG. El rendimiento obtenido fue de 26.6% (p/v) y la concentración final de microorganismos fue de 7.12×10^8 UFC/g, superior al mínimo requerido de 10^6 UFC/g. Se confirmó que la inulina ejerció un efecto positivo en el crecimiento de los probióticos. También se evaluó a través de microscopía electrónica la presencia de bifidobacterias y lactobacilos la posible interacción de inulina y bacterias además de la integración de la inulina a la matriz láctea proteica. A lo largo de la evaluación de la vida útil, se observó el crecimiento sostenido de las bacterias lácteas (arriba de 10^8 UFC/g) a través de 22 días y se definió la vida útil en condiciones de refrigeración a 4 °C, como 13 días ya que se presentan bacterias patogénicas (la presencia se observó en agar bilis rojo violeta) El análisis sensorial se realizó a las 24 horas de elaborado el queso, en el análisis justamente correcto (JAR, por sus siglas en inglés) estuvo dentro del parámetro de 60% en sabor lácteo, humedad en la boca, cremosidad y adhesividad, sus descriptores principales son sabor lácteo, olor a leche fresca, color blanco, textura suave y humedad en la boca y se obtuvo una aceptación de 5.03 (± 1.23) que significa me gusta un poco, así como una intención de compra del 69%.

3. Introducción

El comportamiento sedentario se ha relacionado con las principales enfermedades no transmisibles, como la obesidad, la diabetes tipo II, el síndrome metabólico, la hipertensión y otras enfermedades cardíacas. Se considera una pandemia, dada la mayor asociación con enfermedades crónicas y muertes prematuras (Costa *et al.*, 2023).

Las enfermedades metabólicas no transmisibles, son de larga duración y suelen ser de evolución lenta. A nivel mundial causan el 71% de las muertes; en México durante 2016 fueron la causa del 80% de las muertes registradas donde la población en desventaja socioeconómica es más vulnerable (González-Mares, 2022).

La escala y universalidad del problema hacen de estas enfermedades un fenómeno pandémico que requiere una eficaz respuesta internacional. La prevención es clave, debido a que gran parte de las enfermedades no transmisibles (40%) está vinculada a cuatro “factores de riesgo conductuales modificables” que afectan a muchos países: consumo de tabaco, dietas poco saludables, sedentarismo y consumo nocivo de alcohol (ONU, 2022).

Aunado a lo anterior y enfocándose en las dietas ha llegado una tendencia en los alimentos llamados alimentos funcionales. El término “alimento funcional”, acuñado en Japón y EE. UU. en la década de 1970, se refiere a alimentos fortificados con diferentes probióticos o microorganismos, cuyos beneficios específicos para la salud deben estar suficientemente fundamentados científicamente (Topolska *et al.*, 2021). Y de manera puntual el componente nutraceútico es el que ejerce en específico el efecto benéfico (Chen & Mah, 2021).

En México la problemática de salud derivada de la dieta es un motivo de preocupación por lo tanto se buscan alternativas en el ámbito alimentario que puedan ayudar a la población en general. Uno de los productos que se consumen con mayor frecuencia en México es el queso fresco, ejemplo clásico de un alimento de conveniencia ya que se puede usar como plato principal en una comida, como postre o merienda, como relleno de sándwich, ingrediente alimentario o condimento.

Se pronosticó que el consumo de queso en México alcanzaría las 569 mil toneladas métricas en 2022, frente a las 565 mil toneladas métricas del año anterior. Este consumo ha aumentado constantemente desde 2010. El consumo superó la producción, que se estimó en 454 mil toneladas métricas en 2020 (Statística, 2022). Por lo tanto, es de interés utilizarlo como base para fabricar un producto funcional.

La leche y sus productos lácteos son productos de alto valor nutricional con actividad biológica per se (Auestad & Layman, 2021). Por esto, actualmente se busca agregar ingredientes funcionales que potencialicen su valor. Por ejemplo, se adicionan bacterias ácido lácticas como probióticos, prebióticos, ácidos grasos omega-3, ácido fólico, vitaminas, minerales, etc.

En el actual proyecto se presenta el diseño de un queso panela funcional, este ha sido adicionado con un prebiótico y con probióticos ya que por sus los atributos que se les han comprobado presentan una alternativa para el consumo de queso dando un valor agregado.

4. Justificación

Las tendencias para el mercado alimenticio 2030 tienen como meta la introducción de alimentos funcionales, alimentos bajos en grasa y con mayores beneficios a la salud, así como mejores perfiles nutricionales. El queso ha demostrado ser un gran vehículo para la ingesta de probióticos debido a su efecto protector resultado de su contenido de grasa, bajo pH y capacidad amortiguadora (Arasteh *et al.*, 2021) y a su vez la ingesta cotidiana de estos productos podría ser una estrategia dietética para prevenir diversas enfermedades, como la obesidad, la diabetes, las grasas no alcohólicas, enfermedad hepática, enfermedad inflamatoria intestinal e incluso cánceres (Vitali *et al.*, 2014). Aunque es de recalcar que en este sentido las enfermedades son resultado del efecto socioambiental más la disposición genética.

Los nutraceuticos son : Sustancias químicas o biológicas activas que pueden encontrarse como componentes naturales de los alimentos o adicionarse a los mismos. Se presenta en una matriz no alimenticia (píldoras, cápsulas, polvo, etc.), y que administrada en dosis superior a la existente en esos alimentos, presume un efecto favorable sobre la salud, mayor al que posee el alimento normal. Por ende, los productos nutraceuticos tienen la capacidad de fortalecer las condiciones saludables, sirviendo como auxiliar en el cuidado y mantenimiento de la salud, así como en la prevención de enfermedades y en la mejora de las funciones fisiológicas del organismo (Pérez Leonard, 2006) . Se ha observado que son capaces de ayudar en situaciones de hiperglucemia, dislipidemia, obesidad, hipertensión, cognición, inmunidad, visión, osteoporosis, sueño y sarcopenia. Lo que es más importante, los beneficios para la salud de los nutraceuticos deben corroborarse mediante evidencia clínica de estudios en humanos, particularmente con los efectos positivos

informados por metanálisis en diferentes poblaciones alrededor del mundo (Chen & Mah, 2021).

La inulina se caracteriza por tener el estatus GRAS (Generally Recognized as Safe), lo que significa que se avaló su uso como aditivo alimenticio seguro, reconocido por expertos calificados (FDA, 2019).

La inulina es una fibra dietética soluble que se usa cada vez más en productos alimenticios compuesta por cadenas de fructosa. La inulina es un carbohidrato de la familia de los fructanos con residuos de fructosilo enlazados por enlaces b-2-1 fructosil fructosa y poseen típicamente una glucosa terminal. Entre los beneficios que aporta a la salud el consumo de inulina están los que aporta al sistema circulatorio ya que ayuda a la reducción de triglicéridos, del colesterol total y del colesterol LDL, mientras que contribuye al aumento del colesterol HDL. Además, no solo actúa como prebiótico, sino que también aumenta la absorción de minerales en el colon, elimina el estreñimiento y se ha demostrado que tiene una incidencia en la disminución del cáncer de colon (Shoabi *et al.*, 2016).

La inulina se usa ampliamente en productos alimenticios como agente gelificante, espesante o estabilizador, especialmente en alimentos bajos en grasa. La inulina se ha utilizado con éxito como sustituto parcial de la grasa en helados, kéfir, yogur y queso. La excelente funcionalidad de reemplazo de grasa de la inulina resulta de su formación de redes de gel microcristalino en solución acuosa, con una textura suave y una sensación en la boca similar a la de la grasa, por lo que puede reemplazar una alta proporción de grasa en los alimentos, sin afectar seriamente los atributos sensoriales (Li *et al.*, 2022).

Entre las diversas matrices alimentarias aptas para la incorporación de probióticos, el queso es una de las mejores opciones, ya que es uno de los

productos lácteos más consumidos en el mundo debido tanto a su aporte nutricional y atractivo sensorial como a sus potenciales beneficios inherentes para la salud. Además, el queso posee una estructura física única, en la que se ha comprobado que provee un ambiente favorable para mantener la viabilidad de las cepas probióticas hasta su consumo (Hammam & Ahmed, 2019; Machado *et al.*, 2023).

Las ventajas derivadas de la capacidad de convertir los principales constituyentes de la leche en queso habrían sido evidentes desde el punto de vista de la estabilidad en el almacenamiento, la facilidad de transporte y finalmente, como un medio para diversificar la dieta humana.

5. Marco teórico

5.1 Queso

5.1.1 Definición de queso

El queso se define como el producto blando, semiduro, duro y extra duro, madurado o no madurado, y que puede estar recubierto, en el que la proporción entre las proteínas de suero y la caseína no sea superior a la de la leche, obtenido mediante: coagulación total o parcial de la proteína de la leche, leche desnatada/descremada, leche parcialmente desnatada/descremada, nata (crema), nata (crema) de suero o leche de mantequilla/manteca, o de cualquier combinación de estos materiales, por acción del cuajo u otros coagulantes idóneos, y por escurrimiento parcial del suero que se desprende como consecuencia de dicha coagulación, respetando el principio de que la elaboración del queso resulta en una concentración de proteína láctea (especialmente la porción de caseína) y que por consiguiente, el contenido de proteína del queso deberá ser evidentemente más alto que el de la mezcla de los materiales lácteos ya mencionados en base a la cual se elaboró el queso; y/o técnicas de elaboración que comportan la coagulación de la proteína de la leche y/o de productos obtenidos de la leche que dan un producto final que posee las mismas características físicas, químicas y organolépticas; Esto según la “*NOM-223-SCFI/SAGARPA-2018*”.

Es de mencionar, que la normativa mexicana está acorde a las regulaciones internacionales estipuladas en Codex Stan 206-1999 donde se estipula el etiquetado claro para la protección del consumidor con el objetivo de no generar confusiones. En específico se encuentra incorporada en la Norma Oficial Mexicana NOM-155-SCFI-2012, que establece los requisitos de calidad y seguridad para la leche y los productos lácteos comercializados en el país (The Food Tech, 2023).

5.1.2 Historia del queso

Se cree que el queso evolucionó en el “Creciente Fértil” entre los ríos Tigris y Éufrates, en Irak, hace unos 8000 años durante la “Revolución Agrícola”, cuando se domesticaron ciertas plantas y animales. Primero se inició con animales pequeños como cabras y ovejas, de quienes se obtenía leche, carne, piel y lana, después se empezó a trabajar con ganado bovino. En este período de la evolución del hombre, el secado al aire de la carne, y probablemente de frutas y verduras, parece haberse practicado como una forma primitiva de conservación de los alimentos. El crecimiento bacteriano y la producción de ácido habrían ocurrido en la leche durante el almacenamiento o durante los intentos de secar la leche en el clima cálido y seco prevaeciente para producir un producto más estable. Cuando se produce suficiente ácido, las principales proteínas de la leche, las caseínas, se coagulan a temperatura ambiente en la región de sus puntos isoeléctricos (~pH 4,6) para formar un gel en el que quedan atrapadas las fases grasa y acuosa de la leche (Patrick *et al.*, 2017). Por lo tanto, los primeros alimentos lácteos fermentados probablemente se produjeron accidentalmente.

De igual manera en los tiempos antiguos se encontró una manera alternativa para cuajar la leche, se descubrió que al almacenar la leche en estómagos de terneros cuajaría. Es decir, los estómagos de los animales sacrificados eran recipientes prefabricados y fáciles de sellar; si se almacena en dichos recipientes, la leche extraería enzimas coagulantes (conocidas como cuajos) del tejido estomacal, lo que conduciría a su coagulación durante el almacenamiento (Patrick *et al.*, 2017).

Durante el almacenamiento seguía actuando el cuajo y empezaban a crecer bacterias, por lo tanto, el sabor y la textura de la cuajada de queso cambian durante el almacenamiento. Cuando se controla, este proceso se denomina maduración,

durante el cual se desarrolla una gran diversidad de sabores y texturas características. Aunque los cuajos animales fueron probablemente los primeros coagulantes enzimáticos utilizados, los cuajos producidos a partir de una variedad de especies de plantas, por ejemplo, higos y cardos, parecen haber sido comunes en la época romana (Patrick *et al.*, 2017). Sin embargo, los cuajos vegetales no son adecuados para la fabricación de variedades de queso de larga maduración dado que las cuajadas que se producen son muy blandas y difíciles de escurrir y las proteasas gástricas de animales jóvenes se convirtieron en los cuajos estándar.

5.1.3 Importancia económica

Según el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera de México en el 2020 la producción de leche nacional alcanzó 1,116,857,000 litros de leche. Asimismo, el SIAP en el 2017 reporta que, al concluir agosto de 2017, la elaboración de derivados y fermentos lácteos como quesos, crema y yogur, alcanzó un volumen de 760 mil 202 toneladas, con un valor de 32 mil 20 millones de pesos.

Por su parte, la industria de quesos produjo 263 mil 92 toneladas con un valor en el mercado de 12 mil 981 millones de pesos. Teniendo el queso panela el 13% de participación en el mercado cómo se muestra en la figura 1.

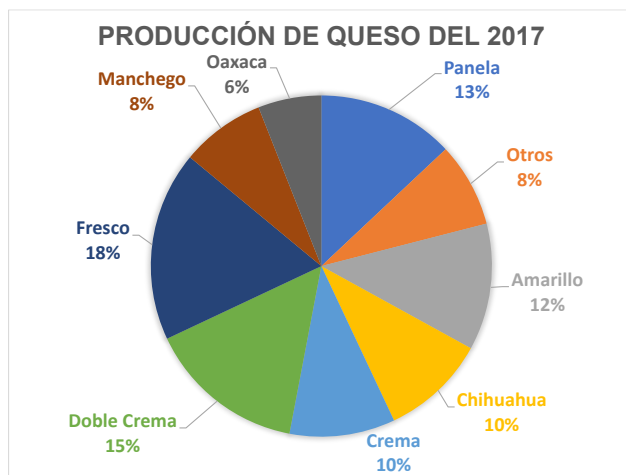


Figura 1. Producción de queso de 2017 de los quesos más populares de México (SIAP, 2018).

5.1.4 Importancia nutritiva

El queso es un alimento rico en nutrientes, cuya composición nutricional precisa está determinada por parámetros multifactoriales, incluido el tipo de leche utilizada (especie, raza, etapa de lactancia, contenido de grasa) y los procedimientos de elaboración y maduración (Gobetti *et al.*, 2018), Además, algunos componentes de la leche cumplen varias funciones fisiológicas, incluidos los sistemas antimicrobianos (inmunoglobulinas, lactoperoxidasa, lactoferrina), enzimas e inhibidores de enzimas, proteínas transportadoras de unión a vitaminas, crecimiento celular y factores de control (Fox *et al.*, 2017). En general, el queso es rico en grasa y caseína (componentes principales de la leche), que se retienen en la cuajada durante la fabricación y contiene componentes solubles en agua, como proteínas de suero, vitaminas según el queso, el mismo autor menciona que:

a) Proteínas

La proteína del queso es predominantemente caseína, ya que la gran mayoría de las proteínas del suero se pierden en el suero. Como la caseína es ligeramente deficiente en aminoácidos que contienen azufre, el valor biológico de la proteína del

queso es ligeramente inferior al de la proteína láctea total. Si al índice de aminoácidos esenciales de la proteína total de la leche se le asigna un valor de 100, el valor correspondiente a la proteína del queso varía de 91 a 97, según la variedad (Gobetti *et al.*, 2018).

b) Vitaminas

Se deduce que las vitaminas liposolubles de la leche también se reparten en la cuajada. La mayor parte (80–85 %) de la vitamina A en la grasa de la leche está presente en la grasa del queso. Por el contrario, la mayoría de las vitaminas solubles en agua de la leche se reparten en el suero durante la fabricación de la cuajada. Sin embargo, puede ocurrir cierta síntesis microbiana de vitaminas B en el queso durante la maduración. Las bacterias del ácido propiónico producen cantidades significativas de vitamina B12 en los quesos suizos. En general, la mayoría de los quesos son buenas fuentes de vitamina A, riboflavina, vitamina B12 y, en menor medida, de folato (Gobetti *et al.*, 2018; O'Brien & O'Connor, 2017).

c) Minerales

El queso también es una fuente importante de varios elementos importantes desde el punto de vista nutricional, incluidos el calcio, el fósforo y el magnesio. Es una fuente particularmente buena de calcio biodisponible, y la mayoría de los quesos duros contienen aproximadamente 800 mg de calcio/100 g de queso. Los quesos coagulados con ácido (por ejemplo, el requesón) contienen niveles significativamente más bajos de calcio que las variedades coaguladas con cuajo (Gobetti *et al.*, 2018; O'Brien & O'Connor (2017).

d) Grasas

La grasa desempeña varias funciones importantes en el queso, por ejemplo, afecta la firmeza, la adhesividad, la sensación en la boca y el sabor del queso.

También contribuye significativamente a las propiedades nutricionales del queso, ya que la mayoría de los quesos contienen cantidades significativas de grasa. Una dieta occidental típica que proporciona 2000 kcal (8400 J) por día, con un 40 % de energía derivada de la grasa, contiene aproximadamente 88 g de grasa. Por lo tanto, el queso aporta una cantidad significativa de grasas saturadas y grasas totales a la dieta. Siendo que el contenido de grasa puede ser un punto en contra para el consumo de queso, se recomienda el consumo de quesos desnatados como por ejemplo el queso panela (Gobetti *et al.*, 2018).

Según la “*NMX-F-742-COFOCALEC-2012*” el queso panela como requisitos de denominación debe de acatar las características mostradas en la figura 2.

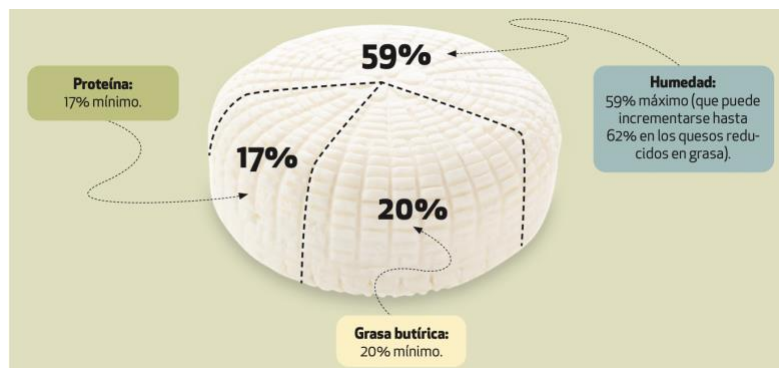


Figura 2. Composición nutricional del queso panela según la *NMX-F-742-COFOCALEC-2012*

5.1.5 Tipos de queso

En México existe una gran variedad de quesos, muchos se diferencian por el proceso que han llevado o la región de producción. A continuación, se habla de los quesos más populares en México que reporta González-Córdova *et al.*, (2016).

- Queso fresco: se produce a partir de leche bronca utilizando métodos de fabricación tradicionales y en pequeña escala, a menudo con el uso de un agente de cuajado comercial y sin la adición de un cultivo iniciador. Debido a sus atributos de producción, durante todo el proceso de elaboración del queso están presentes una gran

diversidad de bacterias ácido-lácticas, las cuales acidifican la leche y dan lugar a las características típicas de este queso.

- Queso Oaxaca: es un queso estirado de pasta filata. Se considera un queso fresco y puede contener hasta un 50% de humedad. Durante el proceso de elaboración de este queso, la cuajada se acidifica hasta alcanzar un nivel de pH de 5. y luego se amasa en agua caliente y se forman tiras delgadas estiradas a partir del queso en formación, que se enfrían en agua con sal y luego se cortan en segmentos.
- Queso Chihuahua: se comercializa en bloques que van desde los 250 g hasta los 10 kg y es semiduro, prensado, fácil de derretir y ligeramente madurado de 3 a 6 semanas, con notas ácidas, amargas y saladas. Se produce principalmente a partir de leche pasteurizada de vaca, ya sea entera o con un contenido de grasa estandarizado.
- Queso Cotija: es un queso artesanal que se encuentra en una amplia variedad de formas. Es duro y prensado en una forma cilíndrica que puede pesar hasta 22 kg. Durante su elaboración, la leche se acidifica y cuaja a una temperatura de 27 a 30°C durante 1 a 2 h, utilizando coagulantes naturales. Una vez que las cuajadas alcanzan cierta consistencia, se cortan, se escurren sobre esteras de fibra y se amasan. Está regulado por MX-F-735-COFO-CALEC-2011, es el único queso artesanal mexicano con regulación.
- Queso panela: se produce en prácticamente todas las regiones de México y tiene características similares al queso feta griego. Es suave y de color blanco, tiene toques de dulce sabor a leche fresca y toma la forma de la cesta en la que se prensa. Normalmente se produce

principalmente a partir de leche de vaca pasteurizada y se puede utilizar leche entera o parcialmente descremada.

El queso panela es muy popular en México, donde sólo en 2012 se produjeron cerca de 20 millones de libras, lo que lo convierte en uno de los quesos con mayor volumen de producción en México (SIAP, 2013).

Es probable que su popularidad resida en el hecho de que los consumidores lo consideran "saludable" debido a su bajo contenido de grasa. Sin embargo, debido a su contenido de humedad (53–58 %), es muy perecedero. Se comercializa en porciones con un peso aproximado de 0.5 a 2 kg.

5.1.6 Normativa aplicable

Con el propósito de establecer especificaciones sanitarias para los quesos y reducir el riesgo de transmisión de enfermedades causadas por alimentos, así como propiciar que productos que garanticen la inocuidad y perfil nutritivo se procesen e importen, el Diario Oficial de la Federación ha establecido las siguientes normas y especificaciones sanitarias que deben de cumplir los quesos frescos, madurados y procesados.

- **NOM-212-SSA1-11994:** Norma oficial mexicana, bienes y servicios.
Quesos: frescos, madurados y Procesados especificaciones sanitarias
- **NOM-002-SCFI-2011.** Productos preenvasados. Contenido neto. Tolerancias y métodos de verificación.
NOM-051-SCFI/SSA1-2010.
- Especificaciones generales de etiquetado para alimentos y bebidas no alcohólicas preenvasados- Información comercial y sanitaria.
- **NOM-086-SSA1-1994.** Bienes y servicios. Alimentos y bebidas no alcohólicas con modificaciones en su composición. Especificaciones nutrimentales.
- **NOM-243-SSA1-2010.** Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
- **NMX-F-742-COFOCALEC-2012.** Sistema producto leche. Alimentos – Lácteos –Queso panela. Denominación, especificaciones y Métodos de prueba.
- **NOM-223-SCFI/SAGARPA-2018.** Queso- denominación, especificaciones, Información Comercial y Métodos de prueba.

Es de señalar que instituciones como la Procuraduría de Federal del Consumidor realizan de manera aleatoria estudios de calidad donde analizan las

marcas de quesos panelas el último se realizó en el 2021 y está publicado en la revista del consumidor. Este analiza datos muy importantes sobre los productos como vienen siendo humedad, proteína, aporte calórico, sodio, grasa, contenido neto y calidad sanitaria. El estudio resulta interesante para la innovación de productos ya que destaca de manera continua la necesidad de un etiquetado veraz que no confunda al consumidor.

Como conceptos claves la PROFECO (2021) menciona que es imperativo que la denominación comercial “queso” sea clara y visible al consumidor, que si adicionan concentrados de proteína de leche con caseína o caseinatos se indique el contenido, el cual no debe ser mayor a 2%. Que no declararan la leyenda 100% leche cuando adicionan caseína o caseinatos y que ostenten el porcentaje (%) mínimo de grasa butírica, proteína y el máximo de humedad.

En la actualidad, hay una tendencia mundial para desarrollar productos lácteos funcionales, debido a su gran versatilidad como vehículo de compuestos con efectos benéficos en la salud del hombre. Los productos lácteos por sí solos representan una importante fuente de proteína al desarrollarlos como un alimento funcional el valor percibido por el cliente actual aumenta (Villamil *et al.*, 2020).

5.2 Alimentos funcionales

5.2.1 Concepto

Los alimentos funcionales se introdujeron por primera vez en Japón a mediados de la década de 1980. En ese momento, se refería a los alimentos procesados que contienen ingredientes que influyen beneficiosamente en funciones específicas del organismo, además de ser nutritivos (Topolska *et al.*, 2021).

Actualmente los alimentos funcionales se definen como todo alimento que, sumado a su valor nutricional, contienen ingredientes biológicamente activos que

aportan algún beneficio añadido y reducen el riesgo de contraer ciertas enfermedades (Topolska *et al.*, 2021). Es decir, un alimento funcional puede ser un alimento natural o un alimento que contiene uno o más componentes específicos, que tienen influencia funcional sobre la salud y el bienestar del consumidor. Este componente puede agregarse, eliminarse o mejorarse o modificarse naturalmente en un alimento para proporcionar beneficios para la salud, principalmente en el crecimiento y desarrollo en la infancia, la regulación de los procesos metabólicos, la defensa contra el estrés oxidativo, la fisiología cardiovascular y gastrointestinal, el rendimiento cognitivo y mental, y el rendimiento físico (Tur & Bibiloni, 2016; Beltrán, 2016).

El progreso científico que vincula la dieta y los beneficios para la salud ha promovido la atención en la nutrición de los beneficios para la salud y la prevención de enfermedades. El concepto de alimentos funcionales se introdujo por primera vez en Japón en la década de 1980. El interés por los alimentos funcionales es cada vez mayor, el siglo XXI se enfrenta a un mundo en profunda transformación con nuevos desafíos, mayor esperanza de vida, costos crecientes de atención médica, rápidos avances en ciencia y tecnología, cambios en el estilo de vida y la preocupación por la calidad de vida. La ingesta dietética, uno de los factores de estilo de vida más importantes, puede influir en la incidencia de enfermedades crónicas (Aguilar *et al.*, 2019).

5.2.2 Importancia

Los alimentos funcionales ejercen su actividad en múltiples sistemas, especialmente el gastrointestinal, cardiovascular e inmunológico. Los alimentos funcionales afectan las respuestas biológicas en el cuerpo, promoviendo beneficios para la salud en algunas áreas importantes de la fisiología humana, que incluyen: cáncer, síndrome cardiometabólico, enfermedades cardiovasculares, enfermedades neurodegenerativas y envejecimiento saludable (Aguilar *et al.*, 2019).

Alguno de los beneficios que se mencionan en la literatura la integración de alimentos funcionales en la dieta incluyen efecto inmunitario contra infecciones comunes, mejora en el proceso de digestión y el tiempo de tránsito intestinal, beneficios para el sistema inmunológico y la absorción de minerales, reducción del colesterol total y mejora para la salud del corazón, así como reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares (Williamson, 2009).

5.2.3 Tipos

Los alimentos funcionales se dividen en tres clases: a) alimentos que tienen un mayor contenido de ácidos grasos, vitaminas, minerales o fibra, b) alimentos que causan alergia o intolerancia con componentes activos eliminados, y c) alimentos con nutrientes no tradicionales que tienen un efecto de estimulación inmunológica.

5.2.3.1 Probióticos

Los probióticos se definen como suplementos dietéticos microbianos seleccionados y viables que, cuando se introducen en cantidades suficientes, afectan beneficiosamente al organismo humano a través de sus efectos en el tracto intestinal. Entre los microorganismos, las bacterias del ácido láctico son uno de los principales grupos de probióticos. Estos son los alimentos funcionales más relevantes y sobre los que recae la más sólida evidencia científica. (Silveira et al., 2003). Se ha estimado que los alimentos probióticos contienen entre el 60% y el 70% del mercado total de alimentos funcionales (Fuentes-Berrio, 2015).

Algunas situaciones alteran el balance de la microbiota lo que debilita al organismo contra bacterias patógenas y posibles infecciones. Las situaciones de riesgo contra la microflora incluyen la mala alimentación, el uso de antibióticos y la introducción de bacterias patógenas (comer alimentos contaminados). Por lo tanto,

el uso de probióticos ayuda a la reparación de la microbiota intestinal y restablece sus funciones (Pandey *et al.*, 2015).

Los beneficios de los probióticos incluyen la reducción de la intolerancia a la lactosa, la presión arterial y las infecciones respiratorias y una mayor resistencia a los patógenos que causan infecciones. Las fuentes de probióticos incluyen yogur, kéfir, queso y algunos encurtidos (Pandey *et al.*, 2015).

Se propone que las bacterias probióticas beneficien la salud humana principalmente mediante tres mecanismos generales de acción. En primer lugar, ciertos probióticos pueden excluir o inhibir claramente a los patógenos, ya sea por acción directa o por influencia sobre el microbiota comensal. Un segundo mecanismo es la capacidad de ciertas cepas de probióticos para mejorar la función de la barrera epitelial mediante la modulación de las vías de señalización, lo que conduce, por ejemplo, a la inducción de moco o al aumento del funcionamiento de las uniones estrechas. En tercer lugar, la mayoría de las cepas probióticas también pueden modular las respuestas inmunitarias del huésped, ejerciendo efectos locales y sistémicos específicos de la cepa (Segers & Lebeer, 2014).

Los dos grupos principales de bacterias probióticas son las especies *Bifidobacterium* y *Lactobacillus*. Estas se clasifican como bacterias "buenas" porque su metabolismo es sacarolítico (es decir, descomponen los carbohidratos en el intestino grueso de forma anaeróbica para producir ácidos grasos de cadena corta). Este proceso también se conoce como fermentación y se considera beneficioso para el huésped. Estas bacterias también son capaces de sintetizar vitaminas como el ácido fólico y son importantes para el desarrollo del sistema inmunológico (Cummings, 2009).

De manera más reciente los probióticos han retomado aún más presencia en el mundo. Villena *et al.* (2016) los etiquetó como inmunobióticos debido a sus interacciones beneficiosas y regulaciones del sistema inmunitario de las mucosas. Más adelante con la pandemia de COVID 19 se ha estudiado sus efectos terapéuticos.

La infección por COVID-19 se ha asociado con disbiosis, una condición de equilibrio bacteriano alterado, que resulta en la translocación de citoquinas, endotoxinas y otros metabolitos microbianos en el sistema humano (Yang *et al.*, 2020). Uno de los factores exacerbantes de la disbiosis es la presencia de comorbilidades como hipertensión, diabetes y enfermedades inflamatorias crónicas, entre otras. La disbiosis puede aumentar aún más con los antivirales y los antibióticos que se administran a menudo durante el tratamiento con COVID-19 debido a la alteración de la microbiota intestinal (Gao *et al.*, 2020).

Aunado a esto, Los estudios observacionales de pacientes con COVID-19 han mostrado cambios en la microbiota intestinal que se manifiestan como una mayor población de la microflora patógena (principalmente patógenos oportunistas) y una reducción de los beneficiosos, incluidas las bifidobacterias y los lactobacilos (Zuo *et al.*, 2020). Es aquí donde se propone el uso de probióticos para modular esta disrupción del equilibrio microbiológico dentro del cuerpo humano además de sus beneficios en el sistema inmunológico (Morais *et al.*, 2020).

También se sugiere que la composición desequilibrada de la microbiota intestinal ha llevado al desarrollo de la obesidad y otros problemas relacionados. La composición de la microbiota intestinal está fuertemente influenciada por la ingesta dietética al nacer, la genética y el factor inmunológico. Por lo cual, la microbiota intestinal es de suma importancia por su capacidad para fermentar nutrientes no digeribles, producir metabolitos beneficiosos y, por lo tanto, reducir las toxinas

dañinas. Además, se cree que el riesgo de enfermedades puede reducirse mediante la asociación de microbiota intestinal y alimentos funcionales como los prebióticos (Thompson *et al.*, 2022).

Es importante de resaltar que el proceso de mantener un equilibrio dinámico de la microbiota intestinal en un nicho ecológico estable sin perturbaciones se denomina homeostasis intestinal. Aunque la composición de la microbiota fluctúa constantemente, una microbiota central que comprende especies clave existe de manera estable durante mucho tiempo. El advenimiento de la investigación del microbioma intestinal ha facilitado el diagnóstico, la profilaxis y el tratamiento de enfermedades humanas. Las intervenciones dirigidas a la microbiota con alimentos naturales y nutracéuticos pueden usarse para mejorar la salud del organismo (Agagunduz *et al.*, 2023).

Así mismo, se puede definir a este mecanismo de acción como antagonismo microbiano, el cual es un fenómeno en el que las floras normales impiden la colonización de gérmenes patógenos y, por lo tanto, proporcionan ventajas para la salud del huésped. La competencia entre las floras expulsa las bacterias dañinas de los intestinos, mejora los niveles de nutrientes vitales como los ácidos grasos de cadena corta, las vitaminas, la arginina, la cisteína y los aminoácidos glutamina, los factores de crecimiento y los antioxidantes, y fortalece el sistema inmunológico (Tegegne & Kebede, 2022).

Zimmermann & Curtis (2018) en un repaso de la influencia de probióticos en vacunas mencionan que el mecanismo de acción de los probióticos incluye la normalización de la microbiota perturbada, la regulación del tránsito intestinal, el aumento de la renovación de enterocitos, el refuerzo de la barrera intestinal, la resistencia a la colonización, la producción de ácidos y ácidos grasos de cadena corta, la síntesis de vitaminas y el metabolismo de las sales biliares. Los probióticos

mejoran tanto la inmunidad innata como la adaptativa y se ha descubierto que son beneficiosos en el tratamiento de la gastroenteritis aguda, en la prevención de la diarrea asociada a los antibióticos, en la reducción de infecciones en niños que asisten a guarderías y en la prevención del eccema y las alergias.

- ***Bifidobacterium animalis subsp. lactis*, BB-12®**

Bifidobacterium animalis subsp. lactis (Bb12) es uno de los microorganismos probióticos más utilizados; es una bacteria grampositiva que se encuentra en el intestino grueso de la mayoría de los mamíferos. Se han informado varios beneficios para la salud de diferentes especies de *Bifidobacterium*, incluida la promoción de la salud gastrointestinal y la mejora de la inmunidad. Los estudios in vivo del efecto hipocolesterolémico de los productos lácteos fermentados se han demostrado en sujetos humanos y animales (Alhaj *et al.*, 2010) Entre los beneficios conocidos de *Bifidobacterium* BB12 se ha observado que puede ser un adyuvante natural para vacunas de influenza estacional ya que aumenta la respuesta inmune específica de antígeno (Rizzardini *et al.*, 2012).

BB-12® tiene su origen en la colección de cultivos lácteos de Chr Hansen. Es una cepa que fue especialmente seleccionada por Chr. Hansen para la producción de productos lácteos probióticos. BB-12® se ha utilizado en fórmulas infantiles, suplementos dietéticos y productos lácteos fermentados en todo el mundo. Esta cepa es tecnológicamente muy adecuada, expresando actividad de fermentación, alta aerotolerancia, buena estabilidad y una alta tolerancia a ácidos y bilis, también como productos liofilizados en suplementos dietéticos. Además, BB-12® no tiene efectos adversos sobre el sabor, la apariencia o la sensación en la boca del alimento y es capaz de sobrevivir en el alimento probiótico hasta su consumo (Jungersen *et al.*, 2014).

- ***Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus***

Originalmente, *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* fue aislado de yogur búlgaro, esta subespecie se utiliza industrialmente para la fabricación de yogur debido a que puede producir exopolisacáridos (Stachelska & Foligni, 2018). Adicionalmente, se considera un probiótico seguro con propiedades beneficiosas que incluyen la regulación de la respuesta inmunitaria y efectos reductores del colesterol (Nishimura, 2014).

Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus es reconocido como un iniciador importante en la industria láctea. Entre sus peculiares características, destaca la capacidad de producir polisacáridos extracelulares (EPS) in situ. Actualmente, la producción in situ de EPSs tiene especial importancia en la fabricación de una gran variedad de productos lácteos fermentados como el yogur clásico, el yogur bebible, los quesos frescos, la nata cultivada o los postres lácteos. Su contribución al incremento de la viscosidad, la prevención de la sinéresis y la mejora de las características sensoriales y nutricionales, especialmente en los productos derivados de la leche, ha sido ampliamente observada durante varios años (Bancalari *et al.*, 2022)

Los exopolisacáridos (EPS) son polímeros de carbohidratos localizados en la superficie extracelular. Los producidos por *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* son en específico heteropolisacáridos, con una estructura variada que consiste en unidades repetidas de monómeros como glucosa, galactosa, ramnosa y, a veces, fructosa (Bancalari *et al.*, 2022). Es de mencionar que estos exopolisacáridos también pueden ser considerados como prebióticos y además tienen un efecto de bioconservación, se ha demostrado en productos cárnicos que la combinación de *Lactobacillus rhamnosus GG* y *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* apoyan la vida de

anaquel del producto dado que se mantiene por mayor tiempo las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales (Domínguez-Soberanes, 2017).

Entre los beneficios asociados con *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* se ha observado que los EPS producidos son capaces de disminuir la biopelícula formada por especies patógenas (Yang *et al.*, 2023). Las biopelículas bacterianas causan infecciones microbianas crónicas y recurrentes porque protegen a las bacterias contra la respuesta inmunitaria del huésped y el estrés ambiental, y aumentan la tolerancia a los antibióticos y agentes antimicrobianos (Hooshdar *et al.*, 2020). También, es importante mencionar es eficaz contra la intolerancia a la lactosa dado a la alta actividad de β -galactosidasa (β -gal) (Ahn *et al.*, 2023).

- ***Lacticaseibacillus rhamnosus* (antes *Lactobacillus rhamnosus* GG)**

Lacticaseibacillus rhamnosus se aisló originalmente de muestras fecales de un adulto humano sano por Sherwood Gorbach y Barry Goldwin. Se identificó como una cepa probiótica potencial debido a su resistencia al ácido y la bilis, buenas características de crecimiento y capacidad de adhesión a la capa epitelial intestinal. *L. rhamnosus* inhibe el crecimiento de la mayoría de las bacterias dañinas en el intestino y actúa como conservante natural en productos tipo yogur, lo que prolonga considerablemente la vida de anaquel (Rani & Yadav, 2018). En específico, *Lacticaseibacillus rhamnosus* secreta una sustancia inhibidora de bajo peso molecular, termoestable que se distinta de los ácidos lácticos y acético, y que es activa contra *Clostridium* sp., *Bacteroides* sp., *Enterobacteriaceae* sp., *Pseudomona* sp., *Staphylococcus* sp., *Streptococcus* sp. (Servin, 2004).

Es de resaltar su importancia equilibrando el sistema microecológico del intestino y proporcionando inmunomodulación local y sistémica. Este probiótico puede tolerar el ambiente dentro del tracto digestivo del animal, colonizar los intestinos de humanos y animales y puede mejorar la respuesta inmune sistémica

en el huésped. Muchos estudios han demostrado que *Lactocaseibacillus rhamnosus* y sus componentes de la pared celular pueden promover los niveles secretores de IL-6, IL-10 y TNF- α por parte de las células mononucleares de sangre periférica humana y activar el sistema inmunológico del cuerpo (Leeber *et al.*, 2012; Ludwig *et al.*, 2018).

Además, *Lactocaseibacillus rhamnosus* mostró una actividad antioxidante sustancial en humanos cuando se expuso a altos niveles de estrés físico. Su capacidad para elevar los niveles de antioxidantes y disminuir el impacto negativo de las especies reactivas de oxígeno puede ser beneficiosa para los atletas que sufren estrés oxidativo (Tegegne & Kebede, 2022).

5.2.3.2 Prebióticos

Un ingrediente alimentario que juega un papel vital en la modulación positiva de la microbiota intestinal se conoce como prebióticos. Los prebióticos se definen como un sustrato que los organismos utilizan de forma selectiva y confieren beneficios para la salud (ISAPP, 2017). Es por ello que su efecto a la salud por esta vía es indirecto. Por si solos se ha encontrado tienen la capacidad de modular el metabolismo de los lípidos y minerales y su capacidad de influenciar cambios bioquímicos y histológicos que se promueven en el intestino (Saad *et al.*, 2013).

Es de mencionar que los prebióticos solo se consideran funcionales al llegar al colon. Por lo que, los prebióticos no digeribles serán consumidos por la microbiota intestinal beneficiosa predominante, como *Bifidobacteria* spp., *Lactobacilli* spp. Y otros taxones beneficiosos que incluyen (pero no se limitan a) *Roseburia*, *Eubacterium* o *Faecalibacterium* spp. La fermentación colónica luego contribuyó a la producción de metabolitos beneficiosos para la salud, como los ácidos grasos de cadena corta (Thompson *et al.*, 2022).

La interacción de los prebióticos y la microbiota intestinal ha sido ampliamente estudiada. Por lo cual, la evidencia relacionada con los beneficios para la salud ha sido revisada e informada. Entre los beneficios registrados, mejora en la permeabilidad intestinal y la inmunidad del huésped, reducción de bacterias potencialmente patógenas y mejora en la producción de ácidos grasos de cadena corta (Rawi *et al.*, 2020).

Los prebióticos proporcionan una fuente de energía para las bacterias presentes en el intestino grueso, donde se fermentan en ácidos grasos de cadena corta, proporcionando energía para el intestino y otros tejidos. Los prebióticos mejoran selectivamente el crecimiento de los probióticos a expensas de otros tipos de bacterias que podrían ser potencialmente dañinas (Williamson, 2019). Se ha observado algunos de estos prebióticos cuando son incorporados en la dieta alteran la microbiota intestinal disminuyen los recuentos de coliformes, bacteroides y cocos, y aumentan las bifidobacterias hasta en diez veces (Fuentes-Berrio, 2015).

Se ha sugerido que el consumo regular de prebióticos tiene una amplia gama de beneficios potenciales para la salud, que incluyen ayudar a la absorción de minerales (p. ej., calcio), mejorar la función inmunológica, reducir los niveles de colesterol en la sangre, jugar un papel en la prevención del cáncer y ayudar a aliviar el estreñimiento y síndrome del intestino irritable (Williamson, 2019).

Los prebióticos son ingredientes alimentarios cuyo compuesto se puede encontrar en alimentos como el ajo, las alcachofas de Jerusalén, la jícama, las hojas de diente de león y las cebollas. Los prebióticos más conocidos son los oligosacáridos no digeribles como los oligómeros de fructosa a base de inulina (FOS), los galacto-oligosacáridos (GOS) (Thompson *et al.*, 2022).

El consumo de fibras tiene muchas ventajas, como aumentar la población de bacterias del colon, mejorar el sistema inmunológico, controlar el apetito y el peso, aumentar la regularidad intestinal, aumentar la densidad ósea y muchos más.(Shoaib *et al*, 2016).Es de mencionar que el consumo de prebióticos aumenta la sensación de saciedad y promueve el movimiento intestinal, así como disminuye las propiedades e constipación (McFarlan *et al.*, 2008) Para el consumo de probióticos se sugiere que vayan acompañados de probióticos ya que se menciona que el consumo de las fibras puede estar acompañado de una distensión abdominal y producción de gases, sin embargo esto cambia al hacerlo en presencia de bifidobacterias y lactobacilos (Torres *et al.*, 2010).

Inulina

La fibra dietética se ha identificado durante mucho tiempo como un contribuyente positivo a la salud de los mamíferos a través de una multitud de beneficios metabólicos, cognitivos, inmunológicos y gastrointestinales. Se ha demostrado que una dieta deficiente en fibra induce el deterioro cognitivo, al mismo tiempo que aumenta el riesgo de obesidad y cáncer de colon (Hutchinson *et al.*, 2023). Entre los más interesantes se encuentra la inulina.

La inulina es un polisacárido de almacenamiento soluble en agua y pertenece a un grupo de carbohidratos no digeribles llamados fructanos. La inulina ha alcanzado el estado de alimento generalmente reconocido como seguro (Generally Recognised As Safe o GRAS) en EE. UU. y está ampliamente disponible en unas 36,000 especies de plantas, entre las que se encuentran las raíces de achicoria que se consideran la fuente más rica de inulina (Shoaib *et al.*, 2016).

Nutricionalmente tiene propiedades funcionales y efectos que promueven la salud que incluyen valor calórico reducido, fibra dietética y efectos prebióticos. La inulina se usa cada vez más en productos lácteos y no lácteos procesados

industrialmente porque es un agente de carga para usar en el reemplazo de grasas, modificación de textura y mejora sensorial. La adición de inulina a diferentes tipos de queso puede ser beneficiosa en la fabricación de un producto simbiótico texturizado reducido o bajo en grasa (Karimi *et al*, 2015). Cuando se complementa como un ingrediente nutricional adicional, se ha demostrado que la inulina promueve la reparación de la barrera intestinal, la desintoxicación de carcinógenos, la proliferación de microbios "beneficiosos" y la producción de butirato en múltiples especies (Hutchinson *et al.*, 2023).

Se ha demostrado que la inulina disminuye el nivel de glucosa en sangre y mejora las funciones hepática y renal. Además, existe un efecto terapéutico insulín dependiente que también debido a su naturaleza baja en calorías y su origen vegetal, la inulina se puede usar como un suplemento de fibra para alimentos bajos en calorías sin efectos secundarios para contrarrestar la hiperglucemia y la hipercolesterolemia en la población general (Tresina *et al.*, 2022).

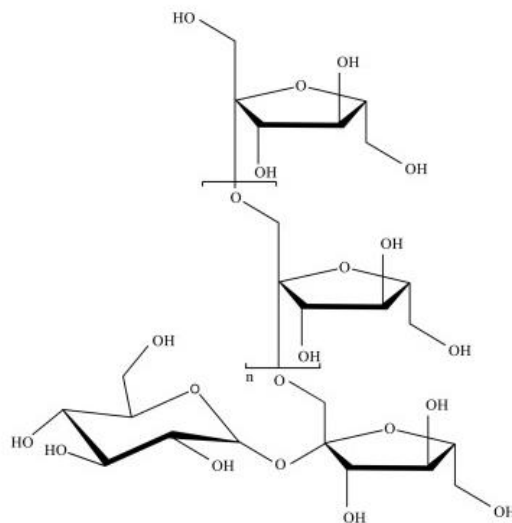


Figura 3. Imagen de la inulina, tomada de Tresina *et al.* (2022).

La inulina tiene el uso potencial como sustituto de grasa, específicamente se ha demostrado que una reducción del 63 % de la grasa en el queso con un 3,4 %

de inulina adicional no afecta las características físicas del producto. Es de señalar que si se usa más de 8% afectando negativamente el atractivo sensorial (Talbot-Walsh *et al.*, 2018).

5.2.3.3 Simbióticos

Los simbióticos son la asociación de probióticos y prebióticos, definidos como “una mezcla que comprende microorganismos vivos y sustrato(s) utilizados selectivamente por los microorganismos del huésped que confieren un beneficio para la salud del huésped” (Araújo & Botelho, 2022). Dado que el término "simbióticos" se refiere a la sinergia, el término se usa solo para aquellos alimentos en los que el prebiótico apoya significativamente el desarrollo y el crecimiento de la cepa probiótica. Los simbióticos están formulados para asegurar la supervivencia y el crecimiento de las cepas probióticas (Khursheed *et al.*, 2022).

En consecuencia, una combinación satisfactoria de ambos componentes debe brindar más beneficios para la salud en comparación con los de cada componente cuando se administra individualmente. Los simbióticos se encuentran comúnmente en productos lácteos y fermentados, frutas y vegetales crudos (Khursheed *et al.*, 2022). Una implantación más eficiente en el colón, así como un efecto estimulante del crecimiento de probióticos y bacterias ubicuas contribuyen a mantener la homeostasis intestinal y un organismo sano (Pandey *et al.*, 2015).

Además, la evidencia sugiere que la suplementación con simbióticos puede mejorar la frecuencia y consistencia de las heces y algunos otros síntomas relacionados con el estreñimiento. Para que los productos lácteos se vendan con declaraciones de probióticos, deben mantener una alta viabilidad y supervivencia de las bacterias probióticas. La fortificación con prebióticos apropiados que estimulan selectivamente el crecimiento o la actividad de una o unas pocas especies

bacterianas que residen en el colon puede aumentar la eficacia de los probióticos y mejorar la funcionalidad de los productos lácteos. El consumo de productos lácteos simbióticos se ha asociado con algunas funciones terapéuticas como el anti-estreñimiento (Li *et al.*, 2021).

5.3 Análisis sensorial

En la investigación del consumidor, el desarrollo de productos y el análisis sensorial, actualmente se les pide a los consumidores que califiquen los productos según los atributos correspondientes a las características sensoriales. Según Coste (2005) el análisis sensorial es una disciplina científica que es usada para medir las características organolépticas de un alimento, es de recalcar que esto se hace a través de personas y no de aparatos de medidas. Es un complemento indispensable para los análisis físico-químicos y microbiológicos. Esta herramienta es de suma importancia ya ayuda a definir la identidad de un producto.

La considerable diversidad en la práctica de elaboración del queso y el número de etapas que atraviesa cualquier queso individual durante su producción, da como resultado una amplia variedad de quesos, cada uno de los cuales tiene características sensoriales complejas. La evaluación sensorial del queso es absolutamente necesaria para determinar los méritos relativos de los procedimientos de elaboración del queso y la influencia de la composición en las características sensoriales específicas del queso. También se necesita una evaluación sensorial para determinar la influencia de las características sensoriales en la calidad de consumo del queso y su aceptabilidad por parte del consumidor (Drake *et al.*, 2017).

Para la industria mexicana este análisis a resultado de gran ayuda, dado que por la gran variedad de quesos que existe, producto de las desigualdades en los

procesos, ya que los atributos sensoriales son un factor determinante para su diferenciación (Hernández-Cervantes *et al.*, 2010). Según Cea (2018) las pruebas sensoriales se pueden dividir en tres grupos: 1) discriminatorias (establece diferencia entre los productos); 2) descriptivas (de las diferencias encontradas establece dirección y magnitud); y 3) preferencia-aceptación (recopila información sobre la aceptación de los consumidores) (Cea, 2018).

5.3.1 Análisis Justamente Correcto

De acuerdo con la definición dada por Rothman y Parker (2009), 'la escala Just-About-Right es una escala bipolar utilizada para medir el nivel de un atributo en relación con el nivel ideal de un evaluador, con un punto medio etiquetado como 'casi correcto' o 'perfecto' (por sus siglas en inglés, just about right). Los anclajes finales de una escala JAR representan opuestos semánticos (bipolaridad) y están etiquetados de "no suficiente" a "demasiado".

La funcionalidad de este análisis ha sido demostrada en la literatura, tal es el caso de productos cárnicos donde este ensayo ayudo a definir y evaluar las características clave, si el atributo se encuentra en mayor o menor cantidad proporción (Domínguez-Soberanes, 2017) y en productos novedosos y de valor agregado como los chips de camote (Licea-Dominguez *et al.*, 2023).

Las escalas JAR se utilizan para optimizar la formulación de un producto o para caracterizar un conjunto de productos (Yang & Lee, 2020).

5.3.2 CATA

Las encuestas CATA palomea todas las que apliquen (Check all that apply, todas las que apliquen, por sus siglas en inglés) se han vuelto cada vez más populares para la caracterización sensorial de productos cuando fueron presentadas por Adams *et al.* (2007). Las encuestas CATA permiten centrarse en los consumidores, más representativos del mercado, en lugar de asesores capacitados. Son fáciles de configurar y fáciles de responder para los participantes. El principio es que cada evaluador recibe un cuestionario con atributos o descriptores que el encuestado puede sentir, o no, que se aplican a uno o más productos. Si lo hace, simplemente necesita verificar el atributo, de lo contrario, no necesita hacer nada. En la literatura se han utilizado para definir los atributos que definen a un producto para la investigación y desarrollo de snacks de valor agregado (Licea-Domínguez *et al.*, 2023).

5.3.3 Aceptación del consumidor

Para determinar la calidad de consumo del queso, se utiliza un panel de consumidores o evaluadores subjetivos. Idealmente, estos evaluadores serán consumidores regulares del tipo de producto bajo prueba o representarán el

mercado objetivo para el producto. Dichos consumidores aportan su experiencia subjetiva a esta prueba, aunque su aceptación se basara en las características sensoriales probadas, se referirán a la experiencia de comer pasada (Drake & Delahunty, 2017).

5.4 Antecedentes

Está en auge el uso de matrices alimentarias lácteas como el queso para la fortificación en la dieta. Ejemplo de esto es:

1. Araujo *et al.* (2010) desarrolló un requesón simbiótico adicionado con *Lactobacillus delbrueckii* UFV H2b20 e inulina. Aquí se observó que las características del queso simbiótico probablemente protegieron al microorganismo durante la exposición a pH bajo y altas concentraciones de sales biliares.
2. La adición de *Bifidobacterium breve* al queso panela por Escobar *et al.* (2012), demostró la viabilidad del probiótico durante 30 días de vida de anaquel, aunque descartó el uso de almidón de frijol en su estructura.
3. Hashemi *et al.* (2014) examinaron la supervivencia y efecto del probiótico libre y encapsulado *Lactiplantibacillus plantarum* LS5 sobre la acidez, producción de exopolisacáridos, separación de fases e influencia en los atributos sensoriales del probiótico y simbiótico Doogh (bebida típica iraní a base de leche fermentada) suplementado con inulina de *Helianthus tuberosus*.
4. Se comprobó la eficacia del queso Edam como portador de bifidobacterias probióticas por Sabikhi *et al.* (2021).
5. Choudhary *et. al.* (2019) realizaron análisis de componentes principales sobre el efecto estimulador de la combinación simbiótica de probiótico autóctono e inulina sobre la actividad antioxidante de la leche de soya

6. Se ha estudiado el yogur simbiótico suplementado con probiótico *Lactobacillus brevis* y fructo-oligosacáridos por Kariyawasam *et al.* (2021).
7. La producción de vitaminas B9 y B12 por *L. salivarius* y *L. lactis* en quesos, y la influencia en dicha producción al agregar inulina estudiada por Araseth *et al.* (2021).
8. Kavas *et al.* (2021) analizaron el efecto del uso de pro y prebióticos microencapsulados sobre los compuestos aromáticos y las propiedades sensoriales del queso de cabra simbiótico.

6. Objetivo general

Desarrollar un queso panela funcional, que contenga probióticos y prebióticos.

Objetivos particulares

- 6.1 Estandarizar procedimiento de obtención queso panela
- 6.2 Seleccionar cultivos bacterianos lácticos para obtener queso funcional en función de conteo de unidades formadoras de colonias, rendimiento y textura.
- 6.3 Evaluar la influencia de la prebiótica inulina en el crecimiento de probióticos (cultivos bacterianos).
- 6.4 Identificar por microscopía electrónica, presencia de cultivos bacterianos lácticos e inulina en queso funcional.
- 6.5 Determinar vida de anaquel de queso funcional.
- 6.6 Evaluar sensorialmente el queso funcional

7. Materiales y métodos

7.1 Estandarización del procedimiento de obtención de queso panela

Se utilizó leche cruda de la empresa privada Lácteos del Camino, ubicada en Aguascalientes México. La leche se descremó usando una Descremadora de Leche Eléctrica de 80-100 Lts Motor Sich (empresa de Ucrania) y esta se pasteurizó por 15, 10, 5 y 1 min para obtener condiciones óptimas de rendimiento y esterilidad.

Para hacer el queso se agregó cuajo (Cuarmix, Chr Hansen de México S.A. de C.V., México) según instrucciones del fabricante, se agregó cloruro de calcio (MABI, elaborado en México) al 0.02% y se dejó cuajar la leche por 1 h. Se recuperaron los sólidos y se le dio la forma característica al queso panela, es decir como de una cesta.

7.1.1 Preparación de inóculos bacterianos

Se realizaron ensayos con 3 tipos de cepas microbianas productoras de ácido láctico:

- *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*, BB-12® (BB-12).
- *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* NCBF 2772 (Lb. 2772).
- *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG (Lb. GG).

Se reactivó 1 mL de cada cepa de cultivos previamente inactivados en glicerol, Las cepas se reactivaron en 50 mL de medio especial para lactobacilos como Man, Rogosa y Sharp (MRS, Becton, Dickinson y Compañía, Francia) en temperatura de 37 °C con la finalidad de tener cultivos jóvenes y activos.

De los cultivos bacterianos anteriores, se prepararon posteriormente inóculos en leche, los cuales serían utilizados para preparar el queso panela. Se tomó un 1 mL de cada cultivo reactivado y se sembró en leche pasteurizada, esta se mantuvo en incubación durante 6 h a 37 °C.

1. Se agregan *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12® al 5% y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* NCBF 2772 al 5%. Para una concentración de probióticos final al 10%.
2. Se agregan *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* BB-12® al 3.33%, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* NCBF 2772 al 3.33% y *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG al 3.33%. Para una concentración de probióticos final de 10%.

7.2 Selección de cultivos bacterianos para obtener queso funcional

Se hicieron 3 diferentes quesos usando el procedimiento descrito en el punto 6.1 con las formulaciones mencionadas en la tabla 1. Esto se hizo con la finalidad de encontrar la combinación óptima que permitiera el mayor rendimiento, cuenta microbiana y mejor textura en el queso.

Tabla 1. Formulaciones para selección de cultivos bacterianos

Queso 1	Queso sin lactobacilos añadidos.
Queso 2	Queso adicionado con a <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> y <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> NCBF 2772
Queso 3	Queso adicionado con a <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> NCBF 2772 y <i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i> GG

El conteo de unidades formadoras de colonias (UFC) se hizo en placa de medio MRS, se sembró una muestra de cada queso y se hizo el conteo por medio

de diluciones seriadas. El rendimiento se midió dividiendo el peso final de los sólidos recuperados entre el peso de la leche al inicio.

7.3 Evaluación la influencia de la inulina en el conteo de UFC de lactobacilos.

Se hicieron 3 diferentes quesos usando el procedimiento descrito en el punto 6.1 con las formulaciones mencionadas en la tabla 2. Esto se hizo con la finalidad de comprobar que la inulina influye en el crecimiento de los probióticos mencionados en el apartado 6.1.1, dentro de la matriz alimentaria.

Tabla 2. Formulaciones para evaluar la influencia de la inulina en UFC

Queso 1	Queso sin lactobacilos añadidos.
Queso 2	Queso adicionado <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> y <i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i> GG
Queso 3	Queso adicionado <i>Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> NCFB 2772 y <i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i> GG e inulina Orafti® (producida por Beneo en Chile) al 4%.

7.4 Identificación por microscopía electrónica de presencia de cultivos bacterianos lácticos e inulina en queso funcional

Para verificar la presencia de los lactobacilos en el queso se utilizó la técnica de microscopia electrónica, esta fue realizada en la Universidad Autónoma de Aguascalientes utilizando el protocolo para el procesamiento de este tipo de muestras definido por dicho laboratorio.

7.5 Determinación de vida de anaquel de queso funcional.

Los recuentos viables de probióticos se estimaron después de 1, 7, 15, 21 y 30 d de almacenamiento a 4 °C. Se hicieron diluciones seriadas, se sembró en medio Man, Rogosa y Sharpe (MRS, Becton, Dickinson y Compañía, Francia), agar para métodos estándar y agar de bilis y rojo violeta; (ambos fabricados y distribuidos

por Becton Dickinson en México). Y se incubó durante 48 h a 37°C. Posterior a esto se contabilizaron las UFC/g.

7.6 Evaluación sensorial de queso funcional

Se aplicaron 100 cuestionarios sensoriales dentro de Aguascalientes, México a personas que tenían edades entre 18-70 años de edad. El queso desarrollado dentro del laboratorio se comparó con 3 marcas comerciales que fueron: Lala, HEB, Hill Country Fare se codificaron según se muestra en la figura 4. Para lo cual se generó un cuestionario sensorial (figuras 5-8) que constaba de 6 partes que se detallan a continuación.

1. Permiso de utilización de datos personales, donde se les solicito que firmaran un consentimiento para la utilización de los datos generados.
2. Información general del consumidor, donde se solicitó la información de género, edad y datos de consumo de este tipo de productos.
3. JAR (por sus siglas en inglés, Just About Right (Justamente correcto)), se realizó una prueba mediante la metodología justamente correcto, donde se utilizaron varios atributos y se les pregunto a los consumidores que si estaban dispuestos a catalogar el producto como justamente correcto o con más o menos de un atributo determinado.
4. CATA (por sus siglas en inglés, Check all that apply (palomea todos los atributos que apliquen)). Se utilizaron 20 atributos que están relacionados con las características únicas de los quesos (Cervantes-Hernández, 2010; Cea, 2018)
5. Aceptabilidad, para la prueba de aceptabilidad se utilizó una escala hedónica de 7 puntos.
6. Intención de compra, finalmente se le pregunto a los consumidores si consumirían este producto o no.



Queso prototipo - 634



Panela Hill Country Fare - 211



Panela H-E-B - 142



Lala - 456

Figura 4. Quesos utilizados para la elaboración de estudio sensorial con su código respectivo.

Estimado Participante:

Te invitamos a participar en el estudio de análisis sensorial de la tesis de maestría titulada **"DESARROLLO DE QUESO PANELA FUNCIONAL, ADICIONADO CON PREBIOTICOS Y PROBIOTICOS"**.

La prueba está enfocada a conocer los aspectos relacionados con el efecto de los prebióticos y probióticos en la textura y sabor del queso panela. De antemano agradecemos su participación, por favor te pedimos leer con atención y contestar cada pregunta que se te realiza en los siguientes apartados. Para poder participar deberás de cumplir varios requisitos:

1. Ser mayor de edad
2. Haber desayunado o haber consumido alimentos dos horas antes de la prueba.
3. No presentar alergia al consumo de leche o derivados.
4. Estar consciente de que esta prueba es de carácter científico; por lo que deberá realizarse en un marco de rigor académico. Por lo que pedimos alto grado de compromiso al realizar la prueba.
5. No deberá conversar con el staff o con otra persona sobre temas relacionados a la prueba.
6. Entre cada muestra deberá tomar agua.
7. En caso de que antes o durante la prueba no se sienta bien de salud deberá avisar a los encargados.
8. Estar de acuerdo en que la información obtenida en este estudio será usada para fines de investigación científica. Lo que significa que sus datos, excepto el nombre serán utilizados con fines estadísticos únicamente.
9. Estar de acuerdo en que se puedan utilizar sus fotos o imágenes con finalidades de la investigación.

En caso de estar de acuerdo en todo lo anterior, te pido escribas tu nombre completo y que firmes de conformidad.

Nombre: _____

Firma: _____

Parte 1. Información general del consumidor

Instrucciones: A continuación, se te harán una serie de preguntas las cuales debes contestar poniendo mucha atención, posteriormente se te pedirá degustar una muestra, con el fin de conocer tu opinión acerca de ella.

Objetivo: La idea de este producto es crear un queso panela de valor agregado.

Instrucciones: Contesta lo que se te pregunta.

Edad: _____

Género	Hombre	<input type="checkbox"/>	Mujer	<input type="checkbox"/>
--------	--------	--------------------------	-------	--------------------------

¿Consumes queso panela ?	Si	<input type="checkbox"/>	No	<input type="checkbox"/>
En caso afirmativo ¿Con qué frecuencia?		<input type="checkbox"/>	Al mes	

Figura 5. Permiso de utilización de datos personales y cuestionario de información personal del consumidor.

Parte 2. Evaluación de Atributos

Muestra 211

Ejemplo					
Justamente correcto					
Atributo	1 (-)	2 (-)	3:	4 (+)	5 (++)
	Le falta mucho	Le falta un poco	Justamente correcto (no le hace falta ni le sobra nada)	Tiene un poco más	Tiene demasiado
Sabor lácteo					
Sabor ácido					
Humedad en la boca					
Cremosidad					
Gomosidad (Viscoso)					
Adhesividad (pegajoso)					
Retrogusto					

Muestra 456

Ejemplo					
Justamente correcto					
Atributo	1 (-)	2 (-)	3:	4 (+)	5 (++)
	Le falta mucho	Le falta un poco	Justamente correcto (no le hace falta ni le sobra nada)	Tiene un poco más	Tiene demasiado
Sabor lácteo					
Sabor ácido					
Humedad en la boca					
Cremosidad					
Gomosidad (Viscoso)					
Adhesividad (pegajoso)					
Retrogusto					

Muestra 142

Ejemplo					
Justamente correcto					
Atributo	1 (-)	2 (-)	3:	4 (+)	5 (++)
	Le falta mucho	Le falta un poco	Justamente correcto (no le hace falta ni le sobra nada)	Tiene un poco más	Tiene demasiado
Sabor lácteo					
Sabor ácido					
Humedad en la boca					
Cremosidad					
Gomosidad (Viscoso)					
Adhesividad (pegajoso)					
Retrogusto					

Figura 6. Cuestionarios JAR

Muestra 634

Ejemplo					
Justamente correcto					
Atributo	1 (-)	2 (-)	3:	4 (+)	5 (++)
	Le falta mucho	Le falta un poco	Justamente correcto (no le hace falta ni le sobra nada)	Tiene un poco más	Tiene demasiado
Sabor lácteo					
Sabor ácido					
Humedad en la boca					
Cremosidad					
Gomosidad (Viscoso)					
Adhesividad (pegajoso)					
Retrogusto					

Parte 3. Identificación de Atributos Sensoriales

Instrucciones: selecciona los atributos de la siguiente lista que consideras que cumple el producto, tanto positivos como negativos. Escribe una "X" en el círculo en blanco al lado del atributo.

Atributos	211	456	142	634
Sabor lácteo				
Sabor ácido				
Sabor dulce				
Sabor desabrido				
Sabor ligero				
Sabor a leche hervida				
Humedad en la boca				
Cremosidad				
Granuloso				
Gomoso				
adhesivo				
Firme				
Olor a leche fresca				
Olor ligero				
Olor a mantequilla				
Olor a suero de leche				
Color blanco				
Color crema				
aspecto uniforme				
Textura suave				

Figura 7. Estudio CATA

Parte 4. Aceptación general del producto

Instrucciones A continuación aparece una escala. Coloca una "X" en el valor elegido después de haber degustado la prueba

Muestra 211



ME DISGUSTA MUCHO ME DISGUSTA MODERADAMENTE ME DISGUSTA POCO NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA ME GUSTA POCO ME GUSTA MODERADAMENTE ME GUSTA MUCHO

Muestra 456



ME DISGUSTA MUCHO ME DISGUSTA MODERADAMENTE ME DISGUSTA POCO NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA ME GUSTA POCO ME GUSTA MODERADAMENTE ME GUSTA MUCHO

Muestra 142



ME DISGUSTA MUCHO ME DISGUSTA MODERADAMENTE ME DISGUSTA POCO NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA ME GUSTA POCO ME GUSTA MODERADAMENTE ME GUSTA MUCHO

Muestra 634



ME DISGUSTA MUCHO ME DISGUSTA MODERADAMENTE ME DISGUSTA POCO NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA ME GUSTA POCO ME GUSTA MODERADAMENTE ME GUSTA MUCHO

Parte 5. Evaluación de intención de compra

Instrucciones Palomea la respuesta

- ¿Usted compraría este producto?

Muestra	SI	No
211		
456		
142		
634		

MUCHAS GRACIAS POR SU COLABORACIÓN

Figura 8. Aceptación general del producto e intención de compra

Resultados

8.1 Estandarización del procedimiento para obtener queso

Se obtuvo el mayor rendimiento de queso al pasteurizar por 1 min a 74°C. El proceso estandarizado para el queso funcional es el siguiente: 1) descremar leche 2) agregar inulina ORAFIT (Producida por Beneo en Chile) al 4%, 3) pasteurización, 4) agregar cloruro de calcio al 0.02%, 5) agregar cuajo según instrucciones del fabricante a 37°C y 6) pasados 15 min agregar inóculo de probióticos según lo descrito en el punto 6.2.1.

8.2 Selección de cultivos bacterianos para obtener queso funcional

Al hacer el experimento se obtuvo que el queso que obtuvo un mayor recuento de UFC fue el queso panela adicionado con *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG. Como se puede observar en la tabla 3 el queso panela con *B. animalis*, *L. delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *L. rhamnosus* GG presenta el mayor conteo alcanzando un total de 4.81×10^8 de UFC. Así mismo al comparar volúmenes el queso con mayor volumen fue el tercero, esto mismo se puede observar en la figura 9 donde se puede apreciar que es un queso más esponjoso. Así mismo como se puede observar en la gráfica 4 el rendimiento fue superior al alcanzar un 26.33 % de peso de sólidos respecto al volumen de leche inicial.

Tabla 3. Comparación de atributos del queso panela combinación de cepas de lactobacilos

Queso	UFC/g	Volumen	Rendimiento (p/v)
Queso panela control.	5.26E+04	50 mL	15%
Queso panela con <i>a Bifidobacterium animalis</i> subsp. <i>lactis</i> y <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i>	9.66E+06	75 mL	20.67%
Queso adicionado con <i>a Bifidobacterium</i>	7.12E+08	100 mL	26.33%

<i>animalis</i> subsp. <i>lactis</i> , <i>Lactobacillus delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> y <i>Lacticaseibacillus rhamnosus</i> GG			
---	--	--	--

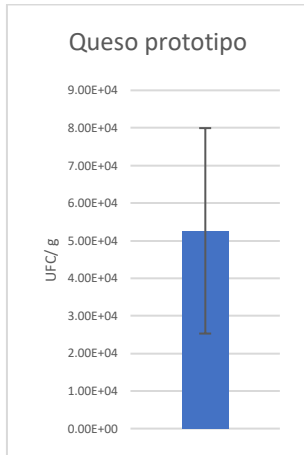


Figura 9. Crecimiento de microorganismos en queso prototipo

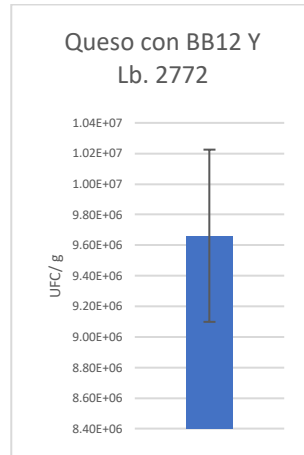


Figura 10. Crecimiento de microorganismos en queso adicionado con BBB12 y Lb. 2772

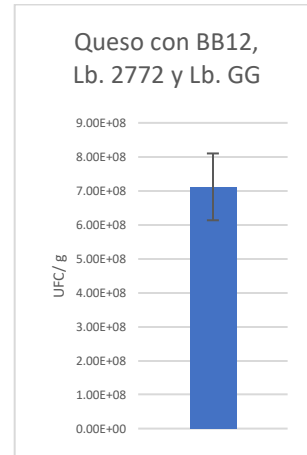


Figura 11. Crecimiento de microorganismos en queso adicionado con BBB12, Lb. 2772 y Lb. GG

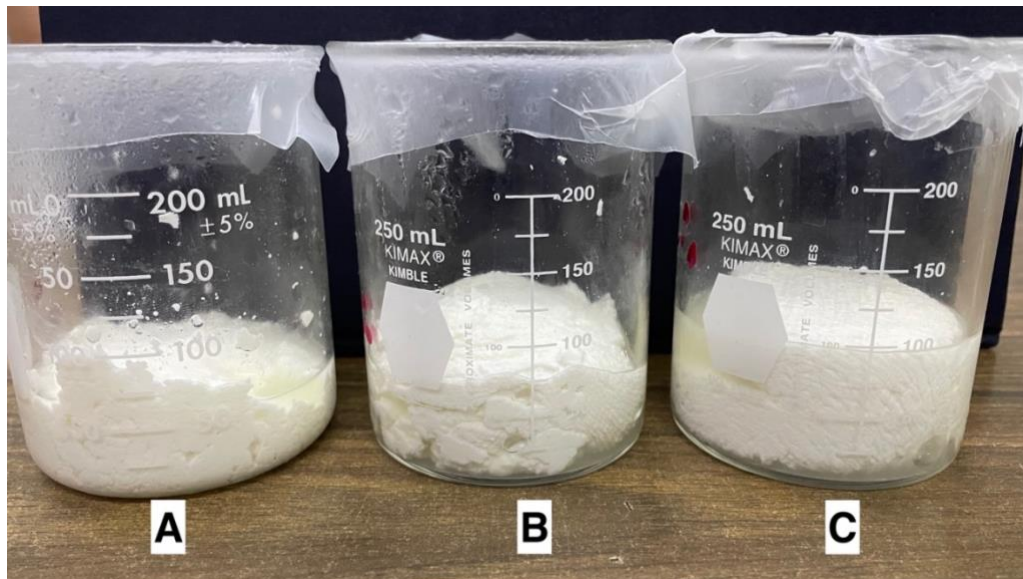


Figura 12. Apariencia de quesos obtenidos con diferentes cepas de cultivos de lactobacilos: **a)** queso sin cultivos lácticos (prototipo); **b)** Queso adicionado con *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* y *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*; **c)** Queso adicionado con *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* y *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG. Los quesos se incubaron a 37°C por 1 hora y después se refrigeraron a 4°C

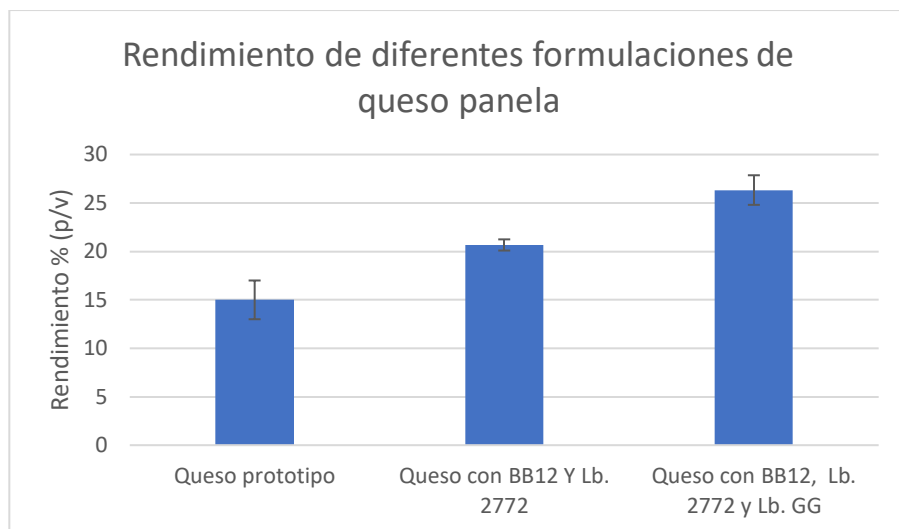


Figura 13. Comparación del rendimiento de diferentes formulaciones de queso.

8.3 Evaluación la influencia de la inulina en el crecimiento de probióticos.

Se evaluaron las formulaciones descritas en la tabla 4, donde se observó que la inulina si tiene una influencia en el crecimiento de los lactobacilos. Mismo que se puede observar en la gráfica 5 donde es de denotarse que los valores están en una escala logarítmica. El crecimiento de los lactobacilos fue 2.8 veces mayor en la presencia de inulina en la matriz del queso.

De manera meramente visual se puede observar en la figura 12 el crecimiento, una mayor densidad de colonias de los lactobacilos en presencal de inulina contra su ausencia.

Tabla 4. Influencia de la presencia de inulina en conteo de UFC de probióticos en queso panela

Queso	UFC/g
Queso panela sin cultivos lácteo (control)	9.38E+04
Queso panela con <i>B. animalis</i> subsp. <i>lactis</i> , <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> y <i>L. rhamnosus</i>	4.53E+07
Queso panela con <i>B. animalis</i> subsp. <i>lactis</i> , <i>L. delbrueckii</i> subsp. <i>bulgaricus</i> y <i>L. rhamnosus</i> e inulina al 4%	1.27E+08

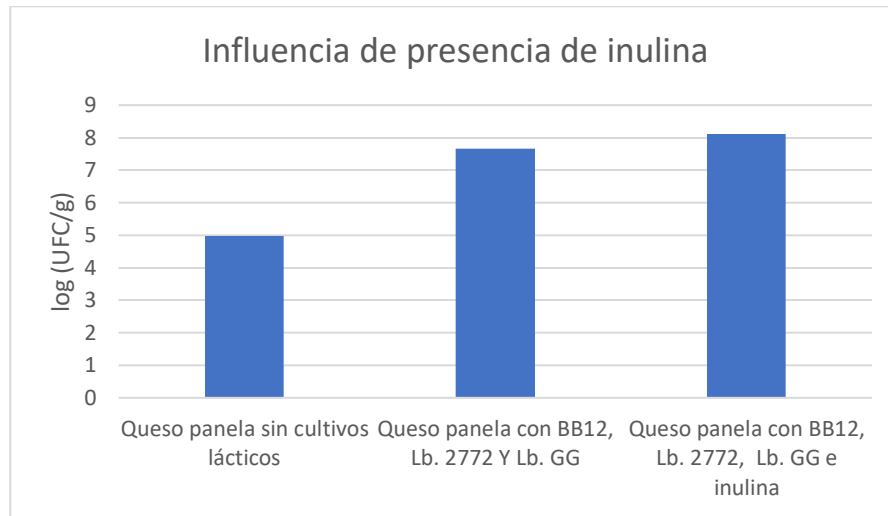


Figura 14. Comparación de la influencia del uso de inulina en el crecimiento de bacterias lácticas.

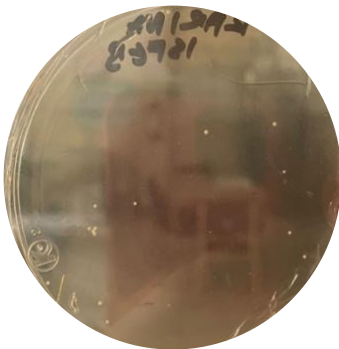


Figura 15. Crecimiento de lactobacilos en queso panela control

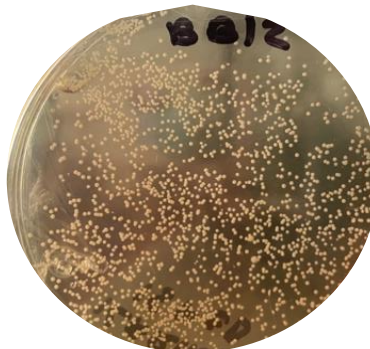


Figura 16. Crecimiento de lactobacilos en queso panela con *BB12*, *Lb. 2772* y *Lb. GG*



Figura 17. Crecimiento de lactobacilos en queso panela con *BB12*, *Lb. 2772* y *Lb. GG* e inulina al 4%

8.4 Identificación por microscopía electrónica de presencia de cultivos bacterianos lácticos e inulina en queso funcional

Con el propósito de comprobar la presencia de lactobacilos y la integración de la inulina en la matriz proteica se tomaron varias imágenes por microscopía electrónica. En la figura 13 se pueden identificar la presencia de lactobacilos y bifidobacterias, así mismo en la figura 14 se observa la integración de la inulina a la matriz proteica. De igual manera, en la figura 15 se identifica la interacción de un bacilo con un fragmento de inulina. Finalmente, de manera excepcional en la figura 16 se encuentra la matriz proteica con inulina y en un espacio se observa la presencia de múltiples bacilos. De esta manera se confirma de manera visual que en efecto se puede integrar la inulina al queso panela y mantener viables a los microorganismos.

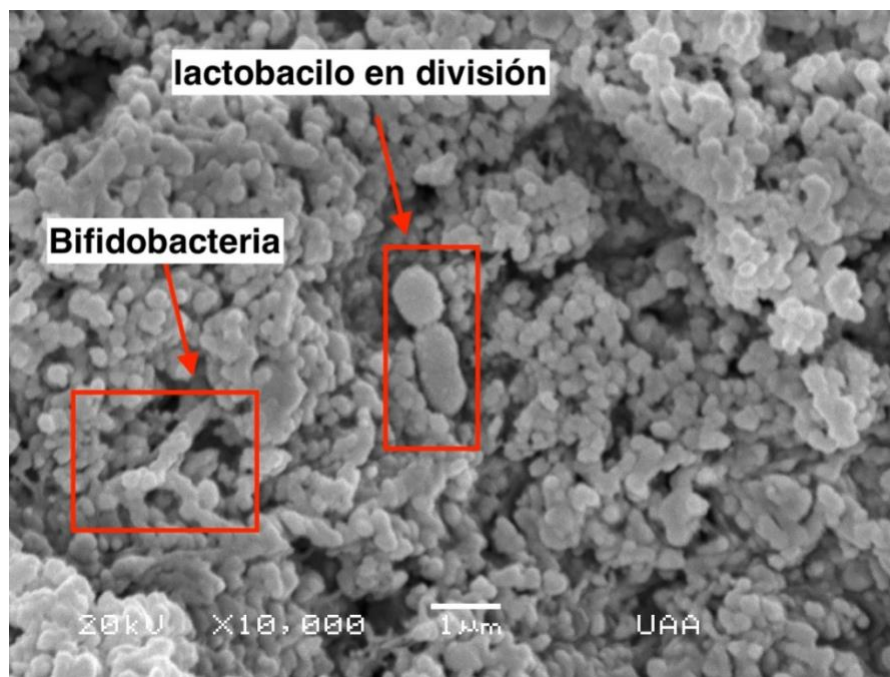


Figura 18. Micrografía de microscopio electrónico de bifidobacteria y lactobacilo, este último se puede observar está en proceso de dividirse.

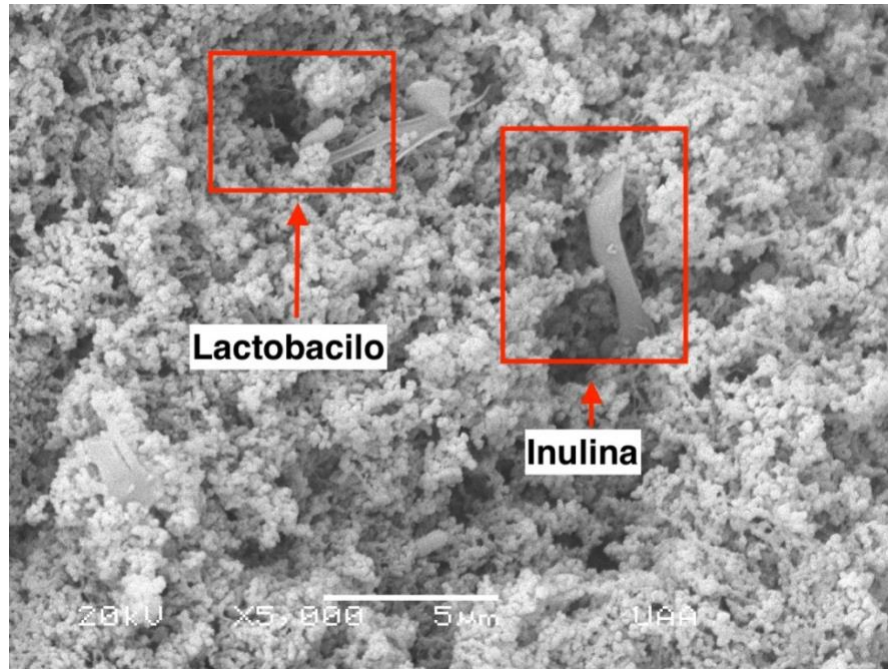


Figura 19. Micrografía de microscopio electrónico de posible inulina y lactobacilo, se puede observar la integración de inulina y la presencia de los lactobacilos.



Figura 20. Micrografía microscopio electrónico de lo que se cree lactobacilo adherido a la inulina.

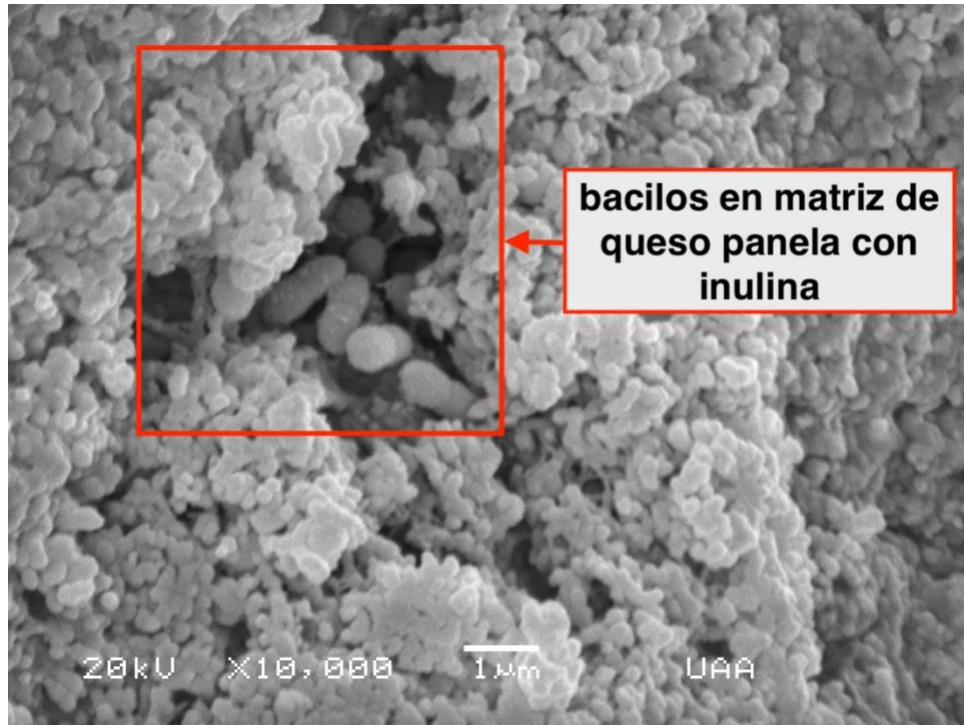


Figura 21. Fotografía de microscopio electrónico de la matriz de queso, inulina y lactobacilos.

8.5 Determinación de vida útil de queso funcional

La vida de anaquel de un alimento, también conocida como vida útil, se define como el periodo de tiempo, contado a partir de su fecha de elaboración, durante el cual mantiene características de calidad tanto sensoriales como de seguridad aceptables para el consumidor. Para determinar esta, se hizo lo siguiente:

Durante un período de 22 días, en el cual se monitoreo el crecimiento microbiano en medio cuenta estándar, en agar rojo bilis violeta para determinar coliformes y agar MRS para cuantificar presencia de lactobacilos. Todo esto se hizo por triplicado. Se observó el crecimiento arriba de 10^8 UFC/g por un periodo de 22 días (figura 22) aunque empieza a declinar después de los 13 días. Así mismo en la gráfica 8 se observa la presencia de bacterias coliformes.

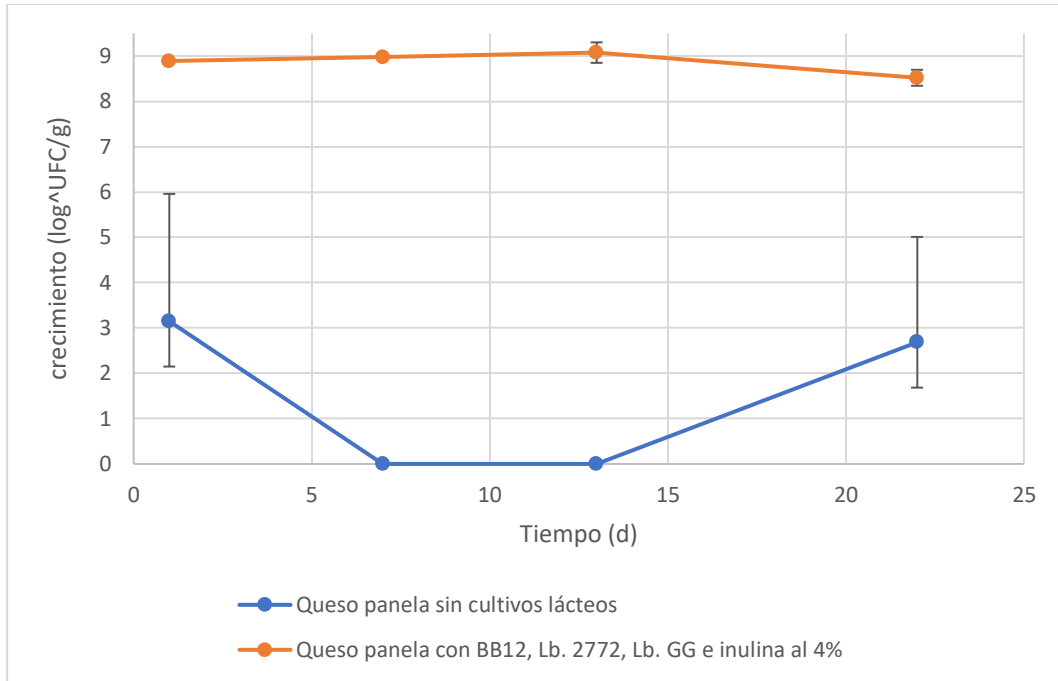


Figura 22. Crecimiento de lactobacilos en queso panela funcional.

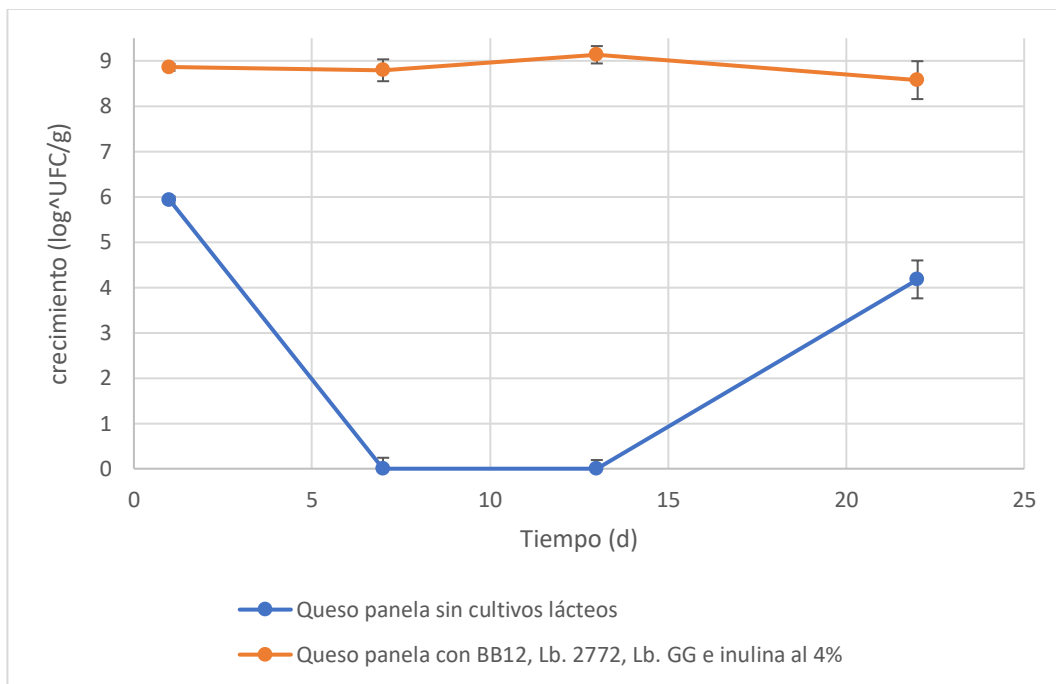


Figura 23. Crecimiento de bacterias en queso panela funcional.

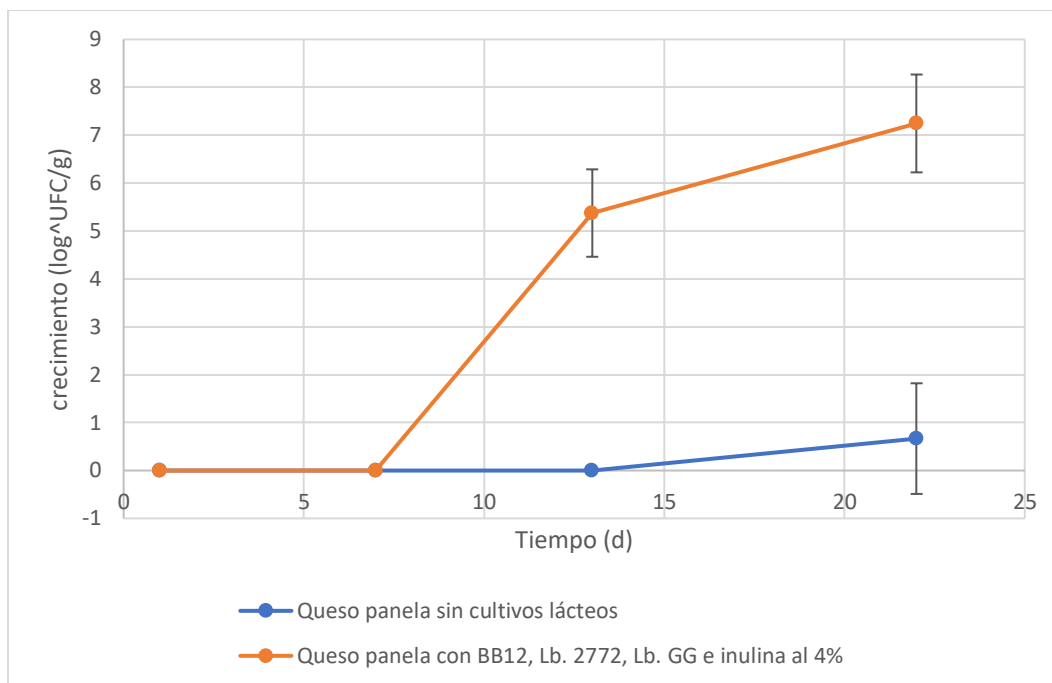


Figura 24. Crecimiento de bacterias coliformes en queso panela funcional.

8.6 Evaluación sensorial el queso funcional

En las gráficas de justamente correcto de cada una de las 4 formulaciones analizadas con relación a los atributos clave para este tipo de quesos. La técnica JAR (justamente correcto), utiliza una escala donde el centro es justamente correcto, en el caso de nuestro estudio se refiere al número 3. Inferior a este número, se considera que el producto tiene poco del atributo evaluado y lo contrario ocurre si la evaluación es mayor a 3, que denota que el atributo se encuentra en una proporción mayor a la necesaria. De esta forma el producto ideal tendrá que tener todos los atributos evaluados como justamente correctas.

En la industria obtener todos los atributos como justamente correcto no ocurre, por lo que esta prueba nos puede llegar a establecer nuevas formulaciones que se pueden hacer realizando cambios en determinados ingredientes o procesos dentro de la industria alimentaria. Sin embargo, al evaluar este tipo de metodologías

podemos tomar en cuenta la investigación de Popper (2014) que indico qué si el 75% de los consumidores evaluaba que todos los productos dentro de una formulación pudieran ser JAR, se podría tomar la decisión para aceptarlo como un prototipo. Pero este parámetro podría cambiar dependiendo del tipo de alimento que se esté analizando. En particular, en productos bajos en grasa se considera un producto adecuado cuando se obtiene un 60% de justamente correcto en los atributos evaluados.

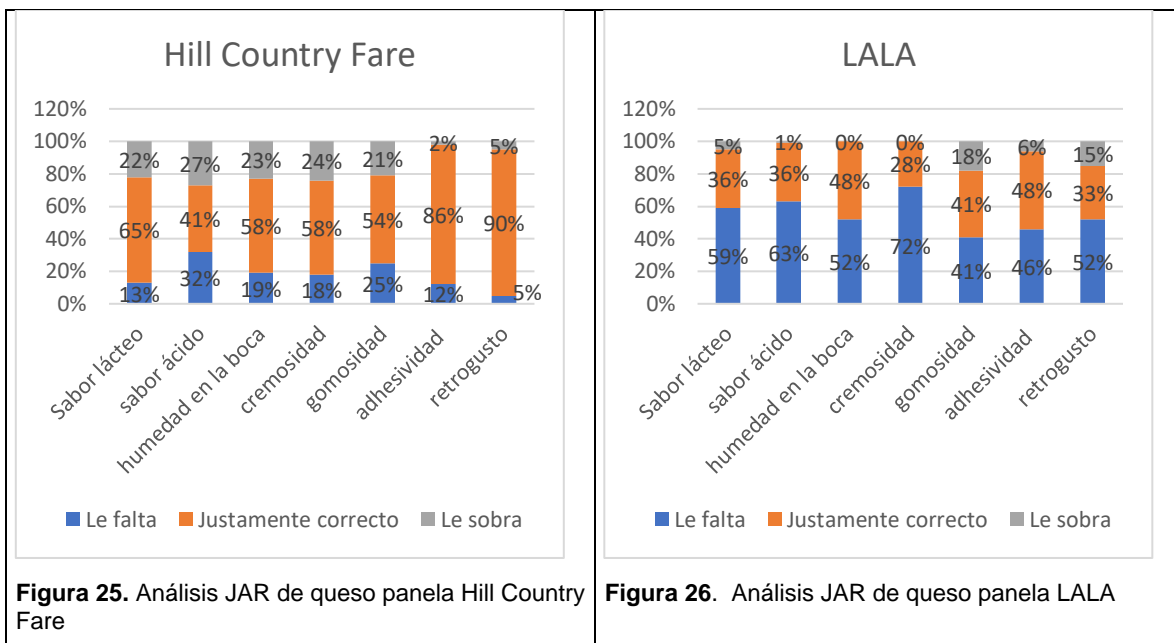


Figura 25. Análisis JAR de queso panela Hill Country Fare

Figura 26. Análisis JAR de queso panela LALA

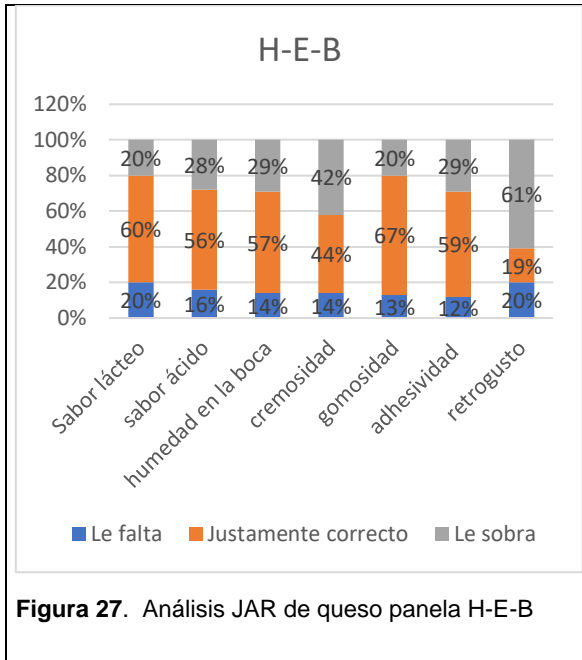


Figura 27. Análisis JAR de queso panela H-E-B

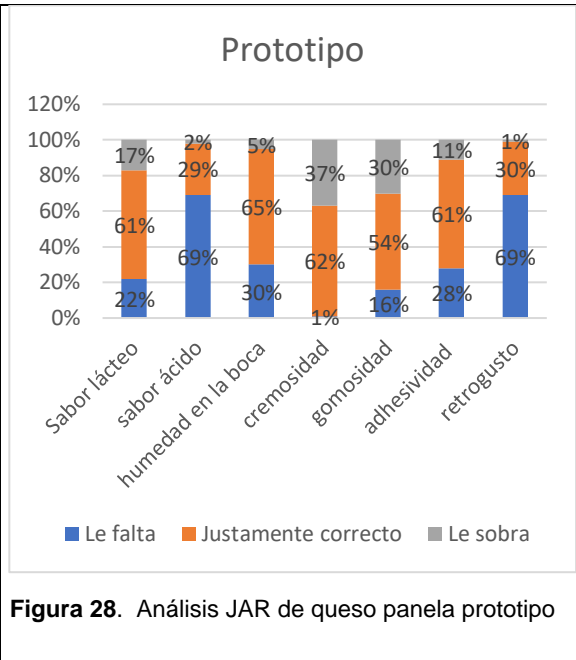


Figura 28. Análisis JAR de queso panela prototipo

Se aplicó una técnica sensorial conocida como CATA (sus siglas en inglés son check all that apply, que significa palomea todos los atributos que apliquen) en esta se les pidió a los consumidores que marcaran todos los atributos que se detectaron en el queso panela. Los resultados revelan que el prototipo de queso panela con bacterias ácido lácticas se puede describir como un producto con sabor lácteo (87%), con olor a leche fresca (85%) con color blanco (84%) con textura suave (86%) y que al probarlo genera humedad en la boca (82%).

Tabla 5. Resultados de prueba CATA.

Atributos	Hill Country Fare	Lala	HEB	Prototipo
Sabor lácteo	88	73	51	87
Sabor ácido	55	20	84	22
Sabor dulce	12	14	8	58
Sabor desabrido	17	43	6	27
Sabor ligero	27	69	6	54
Sabor a leche hervida	42	27	18	40
Humedad en la boca	71	35	76	82

Cremosidad	65	18	85	72
Granuloso	60	58	2	64
Gomoso	23	29	85	70
adhesivo	10	15	74	11
Firme	54	68	98	41
Olor a leche fresca	33	72	24	85
Olor ligero	25	66	19	73
Olor a mantequilla	56	29	61	21
Olor a suero de leche	39	18	64	21
Color blanco	83	71	1	84
Color crema	16	37	89	24
aspecto uniforme	58	67	69	30
Textura suave	20	20	38	86

El nivel de aceptación del prototipo generado fue de 5.03 (± 1.23) que significa me gusta poco. En la tabla siguiente se puede observar que tanto los gustos los productos comerciales.

Tabla 6. Nivel de aceptación

Producto	Hill Country Fare	Lala	HEB	Prototipo
Nivel de aceptación	5.39 ± 1.21	5.25 ± 1.19	4.1 ± 1.07	5.03 ± 1.23

La intención de compra de nuestro prototipo significa que el 69% de las personas estarían dispuestas a comprar nuestro producto.

Tabla 7. Intención de compra

Producto	Hill Country Fare	Lala	HEB	Prototipo
Intención de compra	83 %	72%	67%	69%

8. Discusiones

El proceso de producción de queso panela descrito el apartado 8.1 obedece primero que nada a las características de queso panela donde este normalmente es reducido en grasa (González-Córdova *et al.*, 2016), lo cual se logra gracias al proceso de descremar la leche, después se agrega la inulina al 4%, esto se hace ya que a niveles más altos afecta las propiedades sensoriales del producto (Walsh *et al.*, 2018), finalmente se pasteuriza a 72 °C por 15 segundos según lo descrito por (IDFA, 2023). Después de que empieza a cuajar la leche se agrega el cultivo probiótico, similar al procedimiento realizado por (Escobar *et al.*, 2013).

El cultivo probiótico está formado por *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* (BB12), *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* (Lb. 2772) y *Lactocaseibacillus rhamnosus* GG (Lb. GG). Esta combinación se escogió ya que como se muestra en la tabla 3, el número de UFC/g es más alto (7.12×10^8 UFC/g), y el rendimiento del queso respecto al volumen de leche alcanzó un 26.66%. Esta respuesta se puede adjudicar a un efecto sinérgico entre las bacterias probióticas (Pranckuté *et al.*, 2016) y la mayor retención de agua generada por la presencia exopolisacáridos. Usar bacterias productoras de EPS aumentan el contenido de humedad lo que resulta en mejores atributos sensoriales para productos bajos en grasa, esto es por la capacidad de absorber agua de los EPS, por lo cual aumenta la viscosidad del producto (Sanli *et al.*, 2013).

Algunos lactobacilos son capaces de producir exopolisacáridos (EPS), estos han sido utilizados en la industria alimentaria porque ayudan a mejorar la textura de los productos como el yogur, queso y otros productos lácteos. Así mismo, los EPS tienen beneficios en la salud, entre los cuales destacan la estimulación del sistema inmune, propiedades anti mutagénicas y actividad antitumoral (Harutoshi, 2013). En este caso *Lb. 2772* es un productor de hetero exopolisacáridos (Fox *et al.*, 2017). Es de mencionar que el mismo EPS tiene una habilidad prebiótica ya que por su

composición son metabolizadas más lentamente por la microbiota del intestino y llegan a partes del colon distal (Harutoshi, 2013). Por tal motivo, se seleccionó *Lb. 2772* este ayudo con el rendimiento de los quesos además que agrega al efecto prebiótico (además del ya descrito de la inulina) y posteriormente simbiótico que se tiene como objetivo.

Idealmente, las cepas de probióticos para aplicaciones alimentarias deben provenir de humanos, ser tolerantes a los ácidos y la bilis, adherirse a los revestimientos del tracto gastro intestinal, competir con las bacterias patógenas y tener una dosis segura para uso humano. Los criterios de selección de probióticos incluyen: 1) beneficiar al huésped, 2) sobrevivir al tránsito por los intestinos, 3) adherirse a la membrana celular del epitelio intestinal, 4) crear sustancias antibióticas contra infecciones y 5) estabilizar la microflora intestinal (Tegegne & Kebede, 2022).

Dado lo anterior se dio la selección de los cultivos utilizados ya que BB12, *Lb. 2772* y *Lb. GG* han sido utilizados en matrices lácteas anteriormente con éxito (Castro, 2015). A grandes rasgos se menciona que especies que de microorganismos como bifidobacterias y lactobacilos normalmente son asociados con beneficios para la salud como activación de sistema inmune, inhibición de bacterias patógenas y producción de vitaminas, es por eso que es necesario aumentar la cuenta microbiológica de estos microorganismos en el colon y la manera más común es a través de la dieta (Hugenholtz & Smid, 2002).

De manera más específica se ha observado que *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG, *Bifidobacterium lactis* BB12 e inulina enriquecida con oligofruktosa durante 12 semanas dieron como resultado cambios favorables en el microbioma intestinal, con niveles altos de lactobacilos y bifidobacterias y niveles bajos de *Clostridium perfringens* (Banerjee *et al.*, 2018). Además que, *Lb. GG* se ha utilizado cada vez

más para la fabricación de quesos frescos y blandos, debido a la compatibilidad entre los diferentes procesos tecnológicos y la viabilidad de estas cepas y su capacidad para modificar el comportamiento proteolítico y el perfil sensorial de los productos, manteniendo su composición característica dentro de los estándares establecidos (Gall *et al.*, 2019)

Después de escoger la combinación adecuada de probióticos se evaluó la influencia de la inulina en el crecimiento bacteriano. Se observó un crecimiento de 1.27×10^8 UFC/g contra un 4.53×10^7 UFC/g, lo que equivale a 2.8 veces más. De manera logarítmica se puede observar en la figura 14 el incremento en crecimiento de los microorganismos, así mismo de manera meramente ilustrativa se puede observar el crecimiento mayor en la figura 17 donde no se puede el crecimiento es notorio contra la figura 16 donde no se utilizó inulina. Esto está de acuerdo con donde se menciona que la inulina favorece el crecimiento de las bacterias lácticas al ser metabolizada selectivamente. Adicionalmente el efecto de la inulina no se limita al queso, sino que también promueve el crecimiento de bifidobacterias en el intestino, a esto se le conoce como efecto bifidogénico de compuestos prebióticos (Hughes *et al.*, 2022).

La fermentación de prebióticos en el intestino puede inducir la producción de ácidos grasos de cadena corta (AGCC), como el butirato. El aumento de AGCC por la suplementación con prebióticos podría inhibir el crecimiento patógeno al reducir el pH del intestino delgado y también puede cambiar la motilidad intestinal al estimular la contracción de los músculos lisos del colon, mejorando los síntomas del estreñimiento (Araújo & Botelho, 2022).

En las fotografías de microscopio electrónico (figuras 18-21) se aprecia de manera clara la presencia de las bifidobacterias y lactobacilos. Es de resaltar que se parecía que los cultivos se mantienen viables, en la figura 18 se puede observar

un lactobacilo en división, en la figura 20 se observa la posible interacción de las bacterias con la inulina, y en la figura 21 se observa la proliferación de los lactobacilos dentro de la matriz de proteína e inulina. Esto va acorde con la bibliografía donde se ha demostrado que los lactobacilos pueden seguir en crecimiento dentro de su medio mientras tengan los medios para sobrevivir y reproducirse (Rolim *et al.*, 2020).

La vida útil del producto termina a los 13 días que es cuando se observa la presencia de microorganismos patógenos (figura 24), este es problema derivado de la disponibilidad de agua que cuenta el producto, dado que a mayor actividad de agua mayor desarrollo bacteriano (Wemmenhove *et al.*, 2021). La cuenta microbiana se mantuvo superior a 10^6 (figura 23), aunque se observa una disminución a partir del día 13. Para ofrecer los efectos adjudicados a los probióticos a las cuentas microbiológicas deben de estar arriba de 10^6 UFC/g aunque es de resaltar que de manera sensorial se esperaría que se mantenga sabores características de un queso análogo sin probióticos (Karimi *et al.*, 2012; Kechagia, 2013).

Al evaluar las características sensoriales se comparó el queso prototipo con otros 3 quesos comerciales (figuras 25-28), en el análisis justamente correcto (JAR por sus siglas en inglés) se encontró que el queso realizado en el laboratorio (figura 28) tenía una marcada cremosidad que al ser mayor de 60% y ser un producto reducido en grasa se evalúa como un dato justamente correcto, de igual manera se descubrió que el sabor lácteo, la humedad en la boca y la adhesividad se encuentran en concentraciones adecuadas, sin embargo el sabor ácido y retrogusto se encuentran en menores cantidades a las esperadas. Esto podría ser porque en el punto donde se hizo la prueba todavía no se desarrollaba el sabor, pues se esperaría que las bacterias ácido lácticas a través de los días empezaran a acidificar el producto, la cremosidad que se encontró fue similar en porcentaje a la definida

por Jiménez-Guzmán (2009) que realizó un queso panela con EPS, en ese caso fue con *Streptococcus thermophilus*.

El análisis CATA revela como atributos personales del queso prototipo el sabor lácteo (87%), con olor a leche fresca (85%) con color blanco (84%) con textura suave (86%) y que al probarlo genera humedad en la boca (82%). Los resultados son consistentes con lo esperado ya que el queso panela se caracteriza por tener un color blanco con sabor lácteo (González-Córdova *et al.*, 2016). Así mismo la textura suave y humedad en la boca pueden ser adjudicados la presencia de EPS, ya que los EPS producidos por *Lb. 2772* ayudan a la retención de agua lo que provoca la sensación de humedad y la suavidad percibida, así mismo, previenen la sinéresis y la granulosidad, y proporcionar al producto un espesor natural (Oberger *et al.*, 2022).

Así mismo, el nivel de aceptación del producto está en 3 lugar dentro de los quesos comerciales, donde su puntuación es de 5.03 ± 1.23 contra 5.39 ± 1.2 y 5.25 ± 1.19 , lo cual significa gusta un poco. Este dato tiene una desviación de ± 1.23 lo que abarca que gusta moderadamente y no gusta ni disgusta. La intención de compra es de 69% quedando de nueva cuenta en tercer lugar de los 4 productos evaluados.

9. Conclusiones

A raíz del incremento de enfermedades no transmisibles ha surgido una nueva tendencia, la introducción de alimentos funcionales, alimentos bajos en grasa y con mayores atributos en su perfil nutricional.

En el trabajo de investigación propuesto se desarrolló un queso panela funcional, adicionado con *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis*, *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* NCFB 2772 y *Lacticaseibacillus rhamnosus* GG e inulina al 4%, durante el proceso de investigación se observó la influencia del crecimiento de lactobacilos en la presencia de inulina lo que se atribuye a su efecto prebiótico, así mismo se observó un mayor rendimiento de obtención de sólidos en el queso, y un crecimiento de microorganismos superior a las 8×10^8 UFC/g. Aunque es de mencionar que en el control las desviaciones fueron altas lo que habla de una alta variabilidad en el proceso, aunque es destacable que el queso prebiótico siempre se conservó en buenos rangos de UFC/g.

En este producto lácteo se observó una influencia clara en las características sensoriales resultado de la inulina y el desarrollo de exopolisacáridos. Ambos de actividad prebiótica, contribuyeron al crecimiento de los microorganismos además de que se espera que dentro del organismo humano ejerzan un beneficio, la interacción se observó por microscopio electrónico donde se apreciaba lactobacilos y bifidobacterias. Así mismo se denotaron características sensoriales agradables como cremosidad y humedad en la boca.

10. Bibliografía

- Adams, J., Williams, A., Lancaster, B., & Foley, M. (2007, August). Advantages and uses of check-all-that-apply response compared to traditional scaling of attributes for salty snacks. In *7th Pangborn sensory science symposium* (Vol. 16). Minneapolis, USA: Hyatt Regency.
- Ağagündüz, D., Cocozza, E., Cemali, Ö., Bayazıt, A. D., Nani, M. F., Cerqua, I., ... & Capasso, R. (2023). Understanding the role of the gut microbiome in gastrointestinal cancer: A review. *Frontiers in Pharmacology*, *14*, 1130562.
- Ahn, S. I., Kim, M. S., Park, D. G., Han, B. K., & Kim, Y. J. (2023). Effects of probiotics administration on lactose intolerance in adulthood: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*.
- Alhaj, O. A., Kanekanian, A. D., Peters, A. C., & Tatham, A. S. (2010). Hypocholesterolaemic effect of *Bifidobacterium animalis* subsp. *lactis* (Bb12) and trypsin casein hydrolysate. *Food Chemistry*, *123*(2), 430-435. Aguiar, L. M., Geraldi, M. V., Cazarin, C. B. B., & Junior, M. R. M. (2019). Functional food consumption and its physiological effects. In *Bioactive compounds* (pp. 205-225). Woodhead Publishing.
- Arasteh, H. R., Ataee, M., & Sharifan, A. (2021). Evaluation of vitamin B9 and B12 production, and physicochemical and organoleptical properties in synbiotic cheese. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-7.
- Araújo, M. M., & Botelho, P. B. (2022). Probiotics, prebiotics, and synbiotics in chronic constipation: Outstanding aspects to be considered for the current evidence. *Frontiers in Nutrition*, *9*. doi:10.3389/fnut.2022.935830
- Araújo, E. A., de Carvalho, A. F., Leandro, E. S., Furtado, M. M., & de Moraes, C. A. (2010). Development of a symbiotic cottage cheese added with *Lactobacillus delbrueckii* UFV H2b20 and inulin. *Journal of Functional Foods*, *2*(1), 85-89.

- Bancalari, E., Gatti, M., Bottari, B., Mora, D., & Arioli, S. (2022). Disclosing lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus intraspecific diversity in exopolysaccharides production. *Food Microbiology*, 102, 103924. doi:10.1016/j.fm.2021.103924
- Banerjee, D., Jain, T., Bose, S., & Bhosale, V. (2018). Importance of probiotics in human health. *Functional Food and Human Health*, 539-554.
- Beltran, M. R. (2016). Alimentos funcionales. *Farmacia Profesional*, 30(3).
- Castro, J. M., Tornadijo, M. E., Fresno, J. M., & Sandoval, H. (2015). Biocheese: a food probiotic carrier. *BioMed research international*, 2015.
- Cea, J. L. A. (2018). Importancia del lenguaje: Información y vocabulario del análisis sensorial en la cata de quesos. *ILE: Industrias lácteas españolas*, (460), 30-46
- Chan, M. Z. A., & Liu, S. Q. (2022). Fortifying foods with synbiotic and postbiotic preparations of the probiotic yeast, *Saccharomyces boulardii*. *Current Opinion in Food Science*, 43, 216-224.
- Chen, O., & Mah, E. (2021). Nutraceuticals: health effects and clinical applications.
- Choudhary, S., Singh, M., Sharma, D., Attri, S., Sharma, K., & Goel, G. (2019). Principal component analysis of stimulatory effect of synbiotic combination of indigenous probiotic and inulin on antioxidant activity of soymilk. *Probiotics and antimicrobial proteins*, 11(3), 813-819.
- Costa, T. G., de Oliveira, V. N., Santos, D. A. T., Viana, R. B., Andrade, M. S., Vancini, R. L., ... & de Lira, C. A. B. (2023). The burden of prolonged sedentary behavior imposed by uberization. *Sports Medicine and Health Science*.
- Coste E.B. (2005) Análisis Sensorial de Quesos. *Enfasis Alimentación*, 54-62.
- Cummings JH (2009) Annual BNF lecture: Probiotics: better health from 'good' bacteria? *Nutrition Bulletin* 34

- Domínguez Soberanes, J. (2017). Elaboración de un producto cárnico funcional. Tesis doctoral. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Drake, M. A., & Delahunty, C. M. (2017). Sensory character of cheese and its evaluation. In *Cheese* (pp. 517-545). Academic Press.
-
- FDA (2019) GRAS Notice No. GRN 000854
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. (2017). *Fundamentals of cheese science* (Vol. 1, p. 271). Boston, MA, USA:: Springer.
- Fuentes Berrio, L., Acevedo Correa, D., Chantré, C. A., & Gelvez Ordoñez, V. M. (2015). Alimentos Funcionales: Impacto Y retos para el Desarrollo y bienestar de la Sociedad Colombiana. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 13(2), 140. [https://doi.org/10.18684/bsaa\(13\)140-149](https://doi.org/10.18684/bsaa(13)140-149)
- Galli, B. D., Baptista, D. P., Cavalheiro, F. G., & Gigante, M. L. (2019). Lactobacillus rhamnosus GG improves the sensorial profile of Camembert-type cheese: An approach through flash-profile and CATA. *LWT*, 107, 72-78
- Gao, Q. Y., Chen, Y. X., & Fang, J. Y. (2020). 2019 Novel coronavirus infection and gastrointestinal tract. *Journal of digestive diseases*, 21(3), 125.
- González-Mares, M. O., Aradillas-García, C., Márquez-Mireles, L. E., Monsiváis-Nava, C. D., Bernal-Medina, J. E., Vargas-Morales, J. M., ... & Cubillas-Tejeda, A. C. (2022). Implementation and evaluation of an educational intervention to prevent risk factors for the development of non-communicable diseases in Mexican families of suburban communities. *Evaluation and Program Planning*, 92, 102075.
- Hammam, A. R., & Ahmed, M. S. (2019). Technological aspects, health benefits, and sensory properties of probiotic cheese. *SN Applied Sciences*, 1(9), 1-9.

- Harutoshi, T. (2013). Exopolysaccharides of lactic acid bacteria for food and colon health applications. In Lactic acid bacteria-R & D for food, health and livestock purposes. IntechOpen
- Hashemi, S. M., Shahidi, F., Mortazavi, S. A., Milani, E., & Eshaghi, Z. (2014). Synbiotic potential of Doogh supplemented with free and encapsulated lactobacillus plantarum LS5 and helianthus tuberosus inulin. *Journal of Food Science and Technology*, 52(7), 4579–4585
- Hernández-Cervantes, M., López-Velázquez, J., Gómez-Alvarado, T., Santiago-Cabrera, R., Ramón-Canul, L. G., Delgado-Vidal, F. K., ... & de Jesús Ramírez-Rivera, E. (2010). Artículos y Notas. *Ciencia y Mar*, 14(42), 3-12
- Hooshdar, P., Kermanshahi, R. K., Ghadam, P., & Khosravi-Darani, K. (2020). A review on production of exopolysaccharide and biofilm in probiotics like lactobacilli and methods of analysis. *Biointerface Res. Appl. Chem*, 10, 6058-6075
- Hughes, R. L., Alvarado, D. A., Swanson, K. S., & Holscher, H. D. (2022). The prebiotic potential of inulin-type fructans: a systematic review. *Advances in Nutrition*, 13(2), 492-529.
- Hugenholtz, J., & Smid, E. J. (2002). Nutraceutical production with food-grade microorganisms. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(5), 497-507.
- Hutchinson, N. T., Wang, S. S., Rund, L. A., Caetano-Silva, M. E., Allen, J. M., Johnson, R. W., & Woods, J. A. (2023). Effects of an inulin fiber diet on the gut microbiome, colon, and inflammatory biomarkers in aged mice. *Experimental Gerontology*, 176, 112164
- IDFA (2023) *pasteurization* International Dairy Foods Association (consultado por última vez 29 de junio de 2023 <https://www.idfa.org/pasteurization>)
- Jimenez-Guzman, J., Flores-Najera, A., Cruz-Guerrero, A. E., & García-Garibay, M. (2009). Use of an exopolysaccharide-producing strain of

- Streptococcus thermophilus in the manufacture of Mexican Panela cheese. *LWT-Food Science and Technology*, 42(9), 1508-1512.
- Jungersen, M., Wind, A., Johansen, E., Christensen, J. E., Stuer-Lauridsen, B., & Eskesen, D. (2014). The Science behind the Probiotic Strain Bifidobacterium animalis subsp. lactis BB-12(®). *Microorganisms*, 2(2), 92–110.
 - Kariyawasam, K. M. G. M. M., Lee, N. K., & Paik, H. D. (2021). Synbiotic yoghurt supplemented with novel probiotic Lactobacillus brevis KU200019 and fructooligosaccharides. *Food Bioscience*, 39, 100835.
 - Karimi, R., Azizi, M. H., Ghasemlou, M., & Vaziri, M. (2015). Application of inulin in cheese as prebiotic, Fat Replacer and Texturizer: A Review. *Carbohydrate Polymers*, 119, 85-100. doi:10.1016/j.carbpol.2014.11.029
 - Karimi, R., Sohrabvandi, S., & Mortazavian, A. M. (2012). Sensory characteristics of probiotic cheese. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 11(5), 437-452.
 - Kavas, N., Kavas, G., Kınık, Ö., Ateş, M., Şatır, G., & Kaplan, M. (2021). The effect of using microencapsulated pro and prebiotics on the aromatic compounds and sensorial properties of synbiotic goat cheese. *Food Bioscience*, 43, 101233.
 - Kechagia, M., Basoulis, D., Konstantopoulou, S., Dimitriadi, D., Gyftopoulou, K., Skarmoutsou, N., & Fakiri, E. M. (2013). Health benefits of probiotics: a review. *International Scholarly Research Notices*, 2013.
 - Khursheed, R., Gulati, M., Wadhwa, S., Vishwas, S., Sharma, D. S., Corrie, L., ... & Singh, S. K. (2022). Multifaceted role of synbiotics as nutraceuticals, therapeutics and carrier for drug delivery. *Chemico-biological interactions*, 110223.
 - Lebeer, S., Claes, I., Tytgat, H. L., Verhoeven, T. L., Marien, E., von Ossowski, I., ... & Vanderleyden, J. (2012). Functional analysis of Lactobacillus rhamnosus GG pili in relation to adhesion and

immunomodulatory interactions with intestinal epithelial cells. *Applied and environmental microbiology*, 78(1), 185-193

- Li, J., Cui, H., Xu, X., Li, J., Lu, M., Guan, X., ... & Liu, H. (2022). Effect of fat replacement by inulin on the physicochemical properties and sensory attributes of low-fat margarine. *Food Hydrocolloids*, 133, 107868
- Li, T., Yan, Q., Wen, Y., Liu, J., Sun, J., & Jiang, Z. (2021). Synbiotic yogurt containing konjac mannan oligosaccharides and *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis* BB12 alleviates constipation in mice by modulating the stem cell factor (SCF)/c-Kit pathway and gut microbiota. *Journal of Dairy Science*, 104(5), 5239-5255.
- Licea-Dominguez, S., Estevez-Rioja, A., Hernández-Lozano, L. C., Alvarado-Ponce, G. E., Asemota, H., González-Cordova, A. F., ... & Domínguez-Soberanes, J. (2023). Market orientation and cuisine innovation as a driven sensory methodology to develop a sweet potato snack as an added-value food product. *International Journal of Gastronomy and Food Science*, 32, 100750.
- Ludwig, I. S., Broere, F., Manurung, S., Lambers, T. T., Van der Zee, R., & Van Eden, W. (2018). *Lactobacillus rhamnosus* GG-derived soluble mediators modulate adaptive immune cells. *Frontiers in immunology*, 9, 1546.
- Machado, M., Sousa, S. C., Rodríguez-Alcalá, L. M., Pintado, M., & Gomes, A. M. (2023). Functional lipid enriched probiotic cheese: Gastrointestinal stability and potential health benefits. *International Dairy Journal*, 144, 105700.
- Morais, A. H., Passos, T. S., Maciel, B. L., & da Silva-Maia, J. K. (2020). Can probiotics and diet promote beneficial immune modulation and purine control in coronavirus infection?. *Nutrients*, 12(6), 1737.
- Nishimura, J. (2014). Exopolysaccharides produced from *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus*. *Advances in Microbiology*, 4(14), 1017.

- O'Brien, N. M., & O'Connor, T. P. (2017). Nutritional aspects of cheese. In *Cheese* (pp. 603-611). Academic Press.
- Oberg, T. S., McMahon, D. J., Culumber, M. D., McAuliffe, O., & Oberg, C. J. (2022). Invited review: Review of taxonomic changes in dairy-related lactobacilli. *Journal of Dairy Science*, 105(4), 2750-2770.
- Pandey, K. R., Naik, S. R., & Vakil, B. V. (2015). Probiotics, Prebiotics and synbiotics- A Review. *Journal of Food Science and Technology*, 52(12), 7577-7587. doi:10.1007/s13197-015-1921-1
- Pinto, S. S., Cavalcante, B. D., Verruck, S., Alves, L. F., Prudêncio, E. S., & Amboni, R. D. (2017). Effect of the incorporation of Bifidobacterium BB-12 microencapsulated with sweet whey and inulin on the properties of Greek-style yogurt. *Journal of food science and technology*, 54(9), 2804-2813
- Pranckutė, R., Kaunietis, A., Kuisienė, N., & Čitavičius, D. J. (2016). Combining prebiotics with probiotic bacteria can enhance bacterial growth and secretion of bacteriocins. *International journal of biological macromolecules*, 89, 669-676.
- Sabikhi, L., Kumar, M. H., & Mathur, B. N. (2014). Bifidobacterium bifidum in probiotic Edam cheese: influence on cheese ripening. *Journal of food science and technology*, 51(12), 3902-3909
- Şanlı, T., Gursel, A., Şanlı, E., Acar, E., & Benli, M. (2013). The effect of using an exopolysaccharide-producing culture on the physicochemical properties of low-fat and reduced-fat K asar cheeses. *International Journal of Dairy Technology*, 66(4), 535-542.
- Segers, M. E., & Lebeer, S. (2014). Towards a better understanding of Lactobacillus rhamnosus GG--host interactions. *Microbial cell factories*, 13 Suppl 1(Suppl 1), S7. <https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-S1-S7>.
- Shoaib, M., Shehzad, A., Omar, M., Rakha, A., Raza, H., Sharif, H. R., Shakeel, A., Ansari, A., & Niazi, S. (2016). Inulin: Properties, health benefits

- and food applications. *Carbohydrate polymers*, 147, 444–454.
<https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2016.04.020>
- Silveira Rodríguez, Manuela Belén, Monereo Megías, Susana, & Molina Baena, Begoña. (2003). Alimentos funcionales y nutrición óptima: ¿Cerca o lejos?. *Revista Española de Salud Pública*, 77(3), 317-331. Recuperado en 27 de abril de 2023, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1135-572720030003000003&lng=es&tlng=es.
 - Stachelska, M. A., & Foligni, R. (2018). Development of a time-effective and highly specific quantitative real-time polymerase chain reaction assay for the identification of *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus* in artisanal raw cow's milk cheese. *Acta Veterinaria Brno*, 87(3), 301-308.
 - Rani, V., & Yadav, U. C. (Eds.). (2018). *Functional food and human health*. Springer.
 - Rawi, M. H., Zaman, S. A., Pa'ee, K. F., Leong, S. S., & Sarbini, S. R. (2020). Prebiotics metabolism by gut-isolated probiotics. *Journal of food science and technology*, 57(8), 2786-2799.
 - Rizzardini, G., Eskesen, D., Calder, P. C., Capetti, A., Jespersen, L., & Clerici, M. (2012). Evaluation of the immune benefits of two probiotic strains *Bifidobacterium animalis* ssp. *lactis*, BB-12® and *Lactobacillus paracasei* ssp. *paracasei*, L. casei 431® in an influenza vaccination model: a randomised, double-blind, placebo-controlled study. *British journal of nutrition*, 107(6), 876-884.
 - Rolfe RD (2000) The role of probiotic cultures in the control of gastrointestinal health. *J Nutr* 130(2S Suppl): 396S-402S
 - Rolim, F. R., Neto, O. C. F., Oliveira, M. E. G., Oliveira, C. J., & Queiroga, R. C. (2020). Cheeses as food matrixes for probiotics: In vitro and in vivo tests. *Trends in Food Science & Technology*, 100, 138-154.

- Talbot-Walsh, G., Kannar, D., & Selomulya, C. (2018). A review on technological parameters and recent advances in the fortification of processed cheese. *Trends in Food Science & Technology*, 81, 193-202
- Tegegne, B. A., & Kebede, B. (2022). Probiotics, their prophylactic and therapeutic applications in human health development: A review of the literature. *Heliyon*, e09725.
- The Food Tech (2023) Esto dice el Codex Stan 206-1999 sobre el uso de términos para alimentos lácteos. (Consultado po última vez 20 de Junio 2023 en https://thefoodtech.com/normatividad-y-certificaciones/esto-dice-el-codex-stan-206-1999-sobre-el-uso-de-terminos-para-alimentos-lacteos/?utm_campaign=Post_Nota&utm_term=Seguidores&utm_content=303&utm_medium=social&utm_source=linkedin&hss_channel=lcp-3831495)
- Thompson, M. S., Yan, T. H., Saari, N., & Sarbini, S. R. (2022). A review: Resistant starch, a promising prebiotic for obesity and weight management. *Food Bioscience*, 101965.
- Tresina, P. S., Selvam, M. S., Doss, A., & Mohan, V. R. (2022). Antidiabetic bioactive natural products from medicinal plants. *Studies in Natural Products Chemistry*, 75, 75-118.
- Tur, J. A., & Bibiloni, M. M. (2016). Encyclopedia of food and health. Functional Foods. Reference Module in Food Science.
- Villamil, Ruby Alejandra, Robelto, Gloria Elizabeth, Mendoza, María Catalina, Guzmán, María Paula, Cortés, Lilia Yadira, Méndez, Camila Andrea, & Giha, Valeria. (2020). Desarrollo de productos lácteos funcionales y sus implicaciones en la salud: Una revisión de literatura. *Revista chilena de nutrición*, 47(6), 1018-1028. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000601018>

- Villena, J., Vizoso-Pinto, M. G., & Kitazawa, H. (2016). Intestinal innate antiviral immunity and immunobiotics: beneficial effects against rotavirus infection. *Frontiers in immunology*, 7, 563.
- Vitali, B., Ndagijimana, M., & Cruciani, F. (2014). Impact of a Synbiotic Food on the Gut Microbial Ecology and Metabolic Profiles. In *Health and the Gut* (pp. 259-286). Apple Academic Press.
- Wemmenhove, E., Wells-Bennik, M. H. J., & Zwietering, M. H. (2021). A model to predict the fate of *Listeria monocytogenes* in different cheese types—A major role for undissociated lactic acid in addition to pH, water activity, and temperature. *International journal of food microbiology*, 357, 109350.
- Williamson, C. (2009). *Functional foods: what are the benefits?* *British Journal of Community Nursing*, 14(6), 230–236
- Yang, Y., Shen, C., Li, J., Yuan, J., Yang, M., Wang, F., ... & Liu, Y. (2020). Exuberant elevation of IP-10, MCP-3 and IL-1ra during SARS-CoV-2 infection is associated with disease severity and fatal outcome. *MedRxiv*, 2020-03.
- Yang, S., Xu, X., Peng, Q., Ma, L., Qiao, Y., & Shi, B. (2023). Exopolysaccharides from lactic acid bacteria, as an alternative to antibiotics, on regulation of intestinal health and the immune system. *Animal Nutrition*.
- Zimmermann, P., & Curtis, N. (2018). The influence of probiotics on vaccine responses—A systematic review. *Vaccine*, 36(2), 207-213.
- Zuo, T., Zhang, F., Lui, G. C., Yeoh, Y. K., Li, A. Y., Zhan, H., ... & Ng, S. C. (2020). Alterations in gut microbiota of patients with COVID-19 during time of hospitalization. *Gastroenterology*, 159(3), 944-955.