



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO

INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

LICENCIATURA EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS

TESIS

**ADICIÓN DE L-ÁCIDO LÁCTICO Y LACTATO DE
CALCIO NATURAL PARA REDUCIR LOS NIVELES DE
CLORUROS EN QUESO FRESCO GENUINO TIPO
PANELA.**

PARA OBTENER EL TÍTULO DE

LICENCIADA EN INGENIERÍA EN ALIMENTOS

P R E S E N T A

GEMA DENNIS GARCÍA ISLAS

DIRECTOR

DR. MARTÍN A. MEZA NIETO

CODIRECTOR DE TESIS:

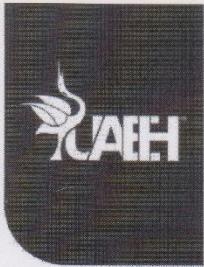
DR. RUBÉN JIMÉNEZ ALVARADO

COMITÉ TUTORIAL

DR. SERGIO SOTO SIMENTAL

DRA. HEIDI MARÍA PALMA RODRÍGUEZ

TULANCINGO DE BRAVO, SEPTIEMBRE 2025



Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo

Instituto de Ciencias Agropecuarias

Institute of Agricultural Sciences

Área Académica de Ingeniería Agroindustrial e Ingeniería en Alimentos

Academic Area of Agroindustrial Engineering and Food Engineering

Tulancingo de Bravo, Hidalgo; a 04 de septiembre de 2025

Asunto: Autorización de impresión

Mtra. Ojuky del Rocío Islas Maldonado

Directora de Administración Escolar de la UAEH

Por este medio y con fundamento en el Título Cuarto, Capítulo I, Artículo 40 del Reglamento de Titulación, le comunico que el jurado que le fue asignado a la pasante de Licenciatura en Ingeniería en Alimentos, Gema Dennis García Islas, quien presenta el trabajo de Tesis intitulado: "Adición de L-ácido láctico y lactato de calcio natural para reducir los niveles de cloruros en queso fresco genuino tipo Panela." Que, después de revisarlo, consideramos que cumple con los elementos suficientes de contenido. Por las razones anteriores otorgamos nuestra aprobación para la impresión del trabajo.

A continuación, se anotan las firmas de conformidad de los miembros del jurado:

PRESIDENTE: Dr. Sergio Soto Simental

SECRETARIO: Dr. Rubén Jiménez Alvarado

VOCAL 1: Dr. Martín Amador Meza Nieto

Suplente: Dra. Heidi María Palma Rodríguez

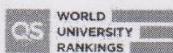
Sin otro particular por el momento, me despido de usted

Atentamente
"AMOR, ORDEN Y PROGRESO"

Dra. Beatriz del Carmen Coutiño Laguna
Coordinador del Programa Educativo en
Ingeniería en Alimentos.

Avenida Universidad #133, Col. San Miguel Huatengo,
Santiago Tulantepec de Lugo Guerrero, Hidalgo,
México. C.P. 43775
Teléfono: 7717172000 Ext. 42021
ricardo_navarro@uah.edu.mx

"Amor, Orden y Progreso"



2025



Times
Higher
Education



uah.edu.mx

Dedicatoria

“Y a pesar de sus pronósticos prevalgo...” (Lng/SHT).

“No esperemos que todo mejore, esperemos no vaya a empeorar. Cerremos los ojos, relaja la faz.” (José Madero).

“Hay que empezar a preocuparnos menos y a disfrutar más, porque la vida va rápido...” (Bad Bunny).

A mi mamá (**Lilia Islas**), por toda la paciencia y apoyo que me ha brindado durante la vida a pesar de los desafíos y diferencias, me mostró que estaba destinada a la grandeza y nunca dejó de creer en mí.

A mis queridos amigos y hermanos de vida, **Jan Cruz, John Larios, Xochitl Navarrete, Alyn Vargas y Oscar Lozoya**, que no solo han sido un buen apoyo emocional y moral, también son mi lugar feliz lleno de cariño, paciencia y recuerdos compartidos, sin ustedes el camino no hubiera sido igual, los quiero con la vida.

A **Ariel M. C.**, por todo el apoyo incondicional, el cariño, estabilidad compartida y por convertirte en mi lugar seguro, me mostraste que el proceso hacia este logro lo tenía que disfrutar, que hay un millón de razones para seguir, porque la idea siempre es mejorar, me diste inspiración, ánimo y ejemplo, me enseñaste que todo lleva su tiempo. Agradezco al universo por haber cruzado nuestros caminos y que no seas solo una etapa efímera, si no, un destino, te quiero con el alma y más.

A los que ya no están, pero compartimos un cachito de vida, gracias por el apoyo y paciencia que me brindaron en su momento, algunos fueron una lección, uno que otro fue solo un momento fugas y unos cuantos son gotas de lluvia que caen del cielo, pero todos alguna vez me dieron fortaleza y confianza. Los llevo en el corazón.

A mí, porque después de toda la tormenta que pasé, supe ver el arcoíris cuando salió el sol, sin egocentrismo, me agradezco por la fortaleza que demostré en el camino, que, aunque fue tedioso, lo logré.

Agradecimientos

A la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, por brindarme las bases para obtener los conocimientos necesarios y poder cursar mis estudios en la licenciatura de Ing. En Alimentos.

A la empresa Sinergia y Soluciones ALMI S.A. de C.V. y a la Lic. Patricia López Moreno, por hacer la donación de los aditivos base de esta investigación.

Al Dr. Martín A. Meza Nieto, por haberme recibido como practicante, darme el honor de ser mi director y tener una paciencia infinita, agradezco la sabiduría y guía brindada, sin duda alguna influyó en mi carácter y formación académica y profesional.

Al Dr. Rubén Jiménez Alvarado, por aceptar ser mi co-director, abrirme las puertas del laboratorio bajo su mando durante mi investigación y la disposición de su tiempo y guía que fortalecieron mi desarrollo académico.

A la Dra. Heidi María Palma Rodríguez y el Dr. Sergio Soto Simental por aceptar ser parte de mis asesores, su sabiduría, enseñanzas, paciencia y ayuda en este proyecto.

Al Mtro. Ángel Noe Pacheco Amador, haciéndome sentir parte del laboratorio, brindándome su ayuda y enseñanzas y tener la mayor disposición en el tiempo compartido.

A las chicas de SS. Paola Hernández, Priscila Rosas y Mariela López, que siempre tuvieron la disposición de ayudar y darme su tiempo para este proyecto.

A mi mamá (Lilia), que confió en mí, me brindó amor a su manera y me dio todo su apoyo, paciencia y comprensión.

A mis amigos de mi círculo social cercano: Jan, John, Xochitl, que sin ellos el camino hubiera sido más largo, sin su apoyo y cariño no hubiera podido superar muchos obstáculos.

A Ariel M. C., por ser ese rayo de luz que mi camino necesitaba, por no dejarme caer en mis momentos malos, por cada regaño, palabra de ánimo y orientación, así como ayuda con cualquier problema en el que tú pudieras resolver, este es uno de muchos logros que agradezco compartir contigo, te quiero con el alma.

A mí, que nunca dejé que nada me detuviera...

Índice

Dedicatoria	i
Agradecimientos	ii
Índice de Tablas	v
Índice de figuras.....	v
RESUMEN.....	vi
ABSTRACT	vii
I INTRODUCCIÓN	1
II JUSTIFICACIÓN.....	3
III OBJETIVOS.....	4
3.1. Objetivo general:	4
3.2. Objetivos específicos:	4
IV HIPÓTESIS	5
V Revisión de Literatura.....	6
5.1. La leche.....	6
5.2. Composición química de la leche.....	6
5.3. Composición química del suero lácteo.	6
5.3.1. Suero lácteo dulce.	7
5.3.2. Suero lácteo ácido.	7
5.3.3. Relación del uso de NaCl en productos lácteos.....	8
5.4. Sal y consumo recomendado.....	8
5.4.1. Sodio.	8
5.4.2. Cloruros.	8
5.4.3. Composición química de NaCl (sal de mesa).....	10
5.5. Enfermedades relacionadas con el consumo excesivo de sal.	10
5.6. Dieta mexicana promedio basada en lácteos.....	11
5.7. Queso fresco tipo panela.....	12
5.8. Sustitución con PURAQ AROME NA4 y PURAC POWDER 60.	12
5.8.1 Ácido Láctico (E270).....	13
5.8.2. Lactato de Calcio (E327).....	14
5.9. Evaluación sensorial en alimentos.....	16

5.9.1. Evaluación sensorial en queso.....	16
5.10. Actividad de agua (Aw).....	17
5.11. FTIR-Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier.....	18
VI MATERIALES Y MÉTODOS	19
6.1. Materiales.....	19
6.2. Metodología.....	19
6.2.1. Elaboración del queso.....	19
6.3. Diseño experimental	20
6.3.1. Cálculos para determinar los porcentajes de aditivos utilizados para formular cada uno de los tratamientos.....	20
6.4. Análisis fisicoquímico del suero lácteo	22
6.5. Actividad de agua (Aw).....	22
6.6. Acidez titulable de la leche y suero lácteo.....	22
6.7. Determinación del contenido de cloruros en queso fresco por valoración colorimétrica.....	23
6.8. Análisis de perfil de textura.....	24
6.9. FTIR- Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier.....	25
6.9.1 Obtención de los espectros de FTIR.....	25
6.10. Evaluación sensorial de nivel de agrado.....	26
6.11. Análisis estadístico.....	27
VII RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
7.1. Análisis fisicoquímico del suero lácteo.....	28
7.2. Actividad de agua (Aw) de quesos.....	30
7.3. Análisis de perfil de textura (TPA).....	31
7.4. Reducción de NaCl.....	33
7.5. Análisis sensorial de los quesos.....	35
7.6. FTIR-Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier.....	37
VIII CONCLUSIÓN	39
IX. Anexos.....	40
X REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	43

Índice de Tablas

<i>Tabla 1: Tratamientos utilizados en la elaboración de queso tipo panela reducido en sal.....</i>	21
<i>Tabla 2: Composición fisicoquímica del suero lácteo dulce proveniente de queso panela a diferentes concentraciones de cloruro de sodio, lactato de calcio y ácido láctico.</i>	29
<i>Tabla 3: Actividad de agua (Aw) proveniente de quesos con reducción de NaCl con adición de aditivos.</i>	30
<i>Tabla 4: Análisis de perfil de textura (TPA) en queso panela con reducción de NaCl y adición de aditivos.</i>	32
<i>Tabla 5: Medición de cloruro de sodio en quesos con reducción de NaCl y adición de aditivos, pH y conductividad eléctrica en sueros de queso con reducción de NaCl y adición de aditivos.</i>	34
<i>Tabla 6: Prueba de nivel de agrado de los quesos panela con reducción de NaCl y diferentes concentraciones de ácido láctico y lactato de calcio.</i>	36

Índice de figuras

<i>Figura 1: Espectro de FTIR en la región del Infrarrojo Medio (4000-400 cm-1) en unidades de transmitancia.</i>	38
--	----

RESUMEN

El queso panela es un alimento básico muy apreciado en la dieta mexicana, conocido por sus beneficios nutricionales, su versatilidad culinaria y su bajo contenido en grasas. Sin embargo, su elevado contenido de sodio, derivado principalmente del uso de cloruro de sodio (NaCl) en su elaboración, representa un riesgo para la salud pública, pues el consumo excesivo de este mineral se asocia con hipertensión, enfermedades cardiovasculares y problemas renales. Para dar respuesta a esta problemática, el presente estudio se propuso formular un queso fresco tipo panela con niveles reducidos de sodio mediante el uso de ácido láctico (PuraQ Arome NA4) y lactato de calcio (Purac Powder 60) como sustitutos parciales de NaCl, con la intención de mantener las propiedades fisicoquímicas, sensoriales y nutricionales del producto. Se elaboraron diferentes lotes de queso con distintos porcentajes de sustitución y se evaluaron sus características fisicoquímicas, texturales y sensoriales. Los resultados fueron alentadores: la reducción de NaCl y la incorporación de los aditivos permitieron obtener un producto estable y bien aceptado por los consumidores. La disminución de sodio no afectó la actividad de agua (Aw), fundamental para la estabilidad microbiológica, y aunque se observaron variaciones en grasa, sólidos totales, lactosa y proteína, estas no comprometieron la calidad general del queso. El análisis de textura (TPA) mostró que los quesos con mayor reducción de sodio tendieron a ser más suaves, mientras que las pruebas sensoriales revelaron una preferencia por la formulación con 20 % menos NaCl y aditivos. En conjunto, la investigación demuestra que es viable reducir el contenido de NaCl en queso panela mediante la incorporación de ácido láctico y lactato de calcio sin afectar su calidad fisicoquímica, estructural ni sensorial. La reformulación mantiene estable la actividad de agua, conserva parámetros como pH, cohesividad y resistencia, y permite obtener quesos más suaves con disminuciones significativas en sodio. Además, el análisis espectroscópico confirmó tanto la reducción de NaCl como la presencia del ácido láctico en la matriz del queso. Estos hallazgos respaldan una alternativa sólida para la elaboración de quesos panela más saludables, alineados con las necesidades actuales de salud pública y las preferencias del consumidor.

ABSTRACT

Panela cheese is a widely appreciated staple in the Mexican diet, known for its nutritional benefits, culinary versatility, and low fat content. However, its high sodium content—mainly derived from the use of sodium chloride (NaCl) during production—poses a public health concern, as excessive sodium intake is associated with hypertension, cardiovascular disease, and kidney problems. To address this issue, the present study aimed to formulate a fresh panela-type cheese with reduced sodium levels by using lactic acid (PuraQ Arome NA4) and calcium lactate (Purac Powder 60) as partial substitutes for NaCl, with the goal of maintaining the cheese's physicochemical, sensory, and nutritional properties. Several batches were produced with different substitution levels and evaluated for their physicochemical, textural, and sensory characteristics. The results were encouraging: sodium reduction combined with the incorporation of the selected additives resulted in a stable product that was well accepted by consumers. Lower sodium content did not affect water activity (Aw), which is essential for microbiological stability, and although variations were observed in fat, total solids, lactose, and protein, these did not compromise overall quality. Texture Profile Analysis (TPA) showed that cheeses with greater sodium reduction tended to be softer, while sensory tests revealed a preference for the formulation with 20% less NaCl and added substitutes. Overall, the study demonstrates that reducing NaCl content in panela cheese through the incorporation of lactic acid and calcium lactate is feasible without compromising its physicochemical, structural, or sensory quality. The reformulation maintains stable water activity, preserves key parameters such as pH, cohesiveness, and resistance, and yields softer cheeses with significant sodium reductions. Furthermore, spectroscopic analysis confirmed both the decrease in NaCl and the presence of lactic acid within the cheese matrix. These findings support a promising alternative for producing healthier panela cheeses aligned with current public health needs and consumer preferences.

I INTRODUCCIÓN

El queso panela es un alimento emblemático de la dieta del mexicano, reconocido por su versatilidad, sabor y valor nutricional. Este queso fresco, es caracterizado por su textura suave y su sabor ligeramente salado, forma parte de numerosas preparaciones culinarias tradicionales, como ensaladas, tacos, antojitos y platillos principales. Su amplia aceptación en el mercado se debe a su bajo contenido graso en comparación con otros quesos, lo que lo convierte en una opción preferida para quienes buscan mantener un estilo de vida saludable sin sacrificar el sabor y la calidad en su alimentación (Rendón & Brunett, 2022).

La incorporación de sal en los quesos frescos desempeña un papel fundamental tanto en su estabilidad como en su calidad. Este compuesto no solo actúa como conservador al reducir la actividad del agua e inhibir el desarrollo de microorganismos indeseables, sino que también influye directamente en la estructura proteica del queso. A nivel molecular, la sal provoca un intercambio iónico entre sodio y calcio en las micelas de caseína, lo que modifica la red del cuajo y repercute en la textura, otorgando mayor firmeza y cohesión al producto. De igual manera, su presencia contribuye al desarrollo del perfil sensorial característico, ya que potencia sabores y equilibra la acidez, aspectos importantes para la aceptación del consumidor. En este sentido, la sal es un elemento indispensable en la elaboración de quesos frescos, pues asegura su conservación, mejora sus propiedades fisicoquímicas y fortalece su calidad global (Ramírez *et al.*, 2017).

Desde el punto de vista nutricional, el queso panela es una fuente significativa de proteínas de alto valor biológico, calcio y otros minerales esenciales que contribuyen al fortalecimiento óseo y al mantenimiento de funciones metabólicas adecuadas. Además, contiene vitaminas liposolubles como A y D, que son fundamentales para la salud ocular, inmunitaria y ósea. Sin embargo, uno de los aspectos que requiere atención en la producción y consumo de este tipo de queso es su contenido de sodio, derivado de los cloruros utilizados en el proceso de salado (Ramírez & Vélez, 2012).

En la dieta moderna, el consumo excesivo de cloruros, principalmente en forma de sal de mesa (cloruro de sodio), se ha asociado con un aumento en la prevalencia de enfermedades cardiovasculares, hipertensión arterial y afecciones renales (PROFECO, 2021). En México, donde el consumo promedio de sodio supera ampliamente la cantidad diaria recomendada por la Organización Mundial de la Salud (OMS), la reducción de cloruros en alimentos procesados, incluido el queso, es una prioridad en términos de salud pública. El queso panela, aunque menos salado que otros tipos de queso, puede contribuir significativamente a la ingesta diaria de sodio debido a su frecuente consumo.

Reducir los niveles de cloruros en el queso panela representa un desafío técnico y sensorial, ya que el contenido de sal no solo influye en el sabor, sino también en la textura, la conservación y la aceptación del producto por parte del consumidor. No obstante, existen estrategias innovadoras, como el uso de sustitutos de sal, cultivos modificados y técnicas avanzadas de procesamiento, que permiten disminuir el contenido de sodio sin comprometer la calidad del producto (Ramírez *et al.*, 2017). Este tipo de intervenciones no solo responde a la demanda de los consumidores por opciones más saludables, sino que también promueve un cambio positivo en los hábitos alimenticios de la población.

En este contexto, la presente investigación busca contribuir al desarrollo de un queso panela con niveles reducidos de cloruros, manteniendo sus propiedades sensoriales y nutricionales. Este proyecto no solo tiene implicaciones prácticas en la industria alimentaria, sino que también aborda una problemática de salud pública, promoviendo una dieta más equilibrada y alineada con los objetivos de mejora nutricional en México. Al implementar estrategias de reducción de sodio en un alimento tan representativo como el queso panela, se espera influir de manera positiva en la salud de los consumidores y sentar un precedente en la producción de alimentos más saludables en el país.

II JUSTIFICACIÓN

El desarrollo de quesos frescos bajos en sal utilizando sustitutos del cloruro de sodio se hace por múltiples razones que abarcan tanto la salud pública como la innovación tecnológica en la industria alimentaria. En primer lugar, el consumo excesivo de sal es un problema de salud pública bien documentado, vinculado a enfermedades como la hipertensión, problemas cardíacos y enfermedades renales. En México, donde la incidencia de estas condiciones es alta, la reducción del contenido de sal en alimentos de consumo regular, como los quesos frescos, podría tener un impacto significativo en la salud de la población.

El queso fresco es un alimento básico en la dieta mexicana y una fuente importante de proteínas y calcio. Sin embargo, como la mayoría de los quesos contienen sodio, lo que contribuye al consumo total de sal en la dieta. Reducir el contenido de sal en estos productos sin comprometer su sabor y calidad es un desafío, pero también una oportunidad para innovar y mejorar la salud pública. La investigación y desarrollo de sustitutos del cloruro de sodio, como el cloruro de potasio, ofrece una solución viable, ya que estos compuestos pueden imitar el sabor salado con un menor impacto en la salud.

Desde un punto de vista tecnológico, este proyecto explora métodos que aseguren que la reducción de sodio no afecte negativamente la textura, sabor o vida útil del queso. Innovaciones como la reformulación del proceso de producción pueden ofrecer un producto final que mantenga las características organolépticas esperadas por los consumidores, al mismo tiempo que se reduce el riesgo de enfermedades relacionadas con el alto consumo de sodio.

III OBJETIVOS

3.1. Objetivo general:

Elaborar un queso fresco genuino tipo panela bajo en cloruro de sodio utilizando sustitutos, para mantener la calidad sensorial y nutricional del producto, con la finalidad de proponer un producto bajo en cloruro de sodio para la dieta mexicana.

3.2. Objetivos específicos:

- Evaluar efecto de la adición de sustitutos de cloruro de sodio mediante la elaboración de un queso tipo panela para poder imitar el sabor salado.
- Determinar el impacto de métodos tecnológicos para la reducción de sodio en quesos frescos, sobre la textura, el sabor y la vida útil del producto.

IV HIPÓTESIS

El desarrollo de quesos frescos bajos en NaCl utilizando sustitutos del cloruro de sodio, como los L-ácidos orgánicos y lactato de calcio, permitirá mantener la calidad sensorial y nutricional del producto.

V Revisión de Literatura

5.1. La leche.

El CODEX ALIMENTARIUS (CXS 206-1999), define a la leche como la secreción natural proveniente de las glándulas mamarias de animales productores, obtenida a través de uno o más ordeños, sin que se le añadan ni retiren componentes, y destinada al consumo directo como leche líquida o para su posterior procesamiento.

5.2. Composición química de la leche.

La leche entera cruda, obtenida de mamíferos bovinos de raza Holstein, debe contener un mínimo de 3.2% de grasa butírica y 2.9% de proteína en masa, así como al menos 8.2% de sólidos no grasos. Su acidez titulable debe estar entre 13 y 18 grados Dornic ($^{\circ}\text{D}$), y su densidad debe encontrarse en el intervalo de 1.028 g/mL a 1.034 g/mL (CANILEC, 2011). No se permite la presencia de residuos de antibióticos, inhibidores u otras sustancias que puedan comprometer su calidad o inocuidad. Así mismo, el conteo de microorganismos mesófilos aerobios no debe superar las 20,000 unidades formadoras de colonias por mililitro (UFC/mL). La leche debe estar libre de residuos de pesticidas, metales pesados u otros contaminantes en niveles que excedan los límites establecidos por las autoridades de salud. Además, no se deben realizar adiciones ni extracciones de componentes esenciales, garantizando que la leche conserve su composición natural (NOM-155-SCFI-2012).

5.3. Composición química del suero lácteo.

El suero lácteo es un subproducto rico en componentes químicos que varían según su tipo (dulce, ácido o salado). Su principal fracción proteica está compuesta por β -lactoglobulina, α -lactoalbúmina y albúmina sérica bovina (BSA, por sus siglas en inglés), además de otras proteínas menores como lactoferrina e inmunoglobulinas (Onwulata & Huth, 2007). Así mismo, el suero lácteo contiene lactosa, el principal carbohidrato en su composición, cuya cristalización puede verse

influenciada por la presencia de calcio y ácido láctico, afectando la estabilidad del producto (Kankanamge & Nishanthi, 2018).

Otros componentes fundamentales del suero lácteo son los ácidos orgánicos, como el ácido láctico y cítrico, que pueden modificar la solubilidad y estabilidad estructural de las proteínas presentes (Kankanamge & Nishanthi, 2018). A su vez, los minerales y sales tienen un impacto significativo en las propiedades fisicoquímicas.

Por ejemplo, el alto contenido de sodio en el suero lácteo salado puede inducir la agregación proteica y modificar su estructura (Gomez *et al.*, 2010). Finalmente, el pH y la acidez también desempeñan un papel crucial en la composición. Mientras que el suero lácteo dulce tiene un pH cercano al de la leche (6.0-6.5) (Viteri *et al.*, 2014), el suero lácteo ácido se caracteriza por un pH más bajo (3.5-4.3), lo que afecta la estabilidad y funcionalidad de sus proteínas (Kankanamge & Nishanthi, 2018).

5.3.1. Suero lácteo dulce.

Se obtiene mediante la coagulación enzimática de la leche, utilizando enzimas coagulantes como la quimosina. El proceso mantiene un pH cercano a la neutralidad, generalmente entre 5.8 y 6.6. Este contiene una mayor concentración de lactosa y proteínas solubles, lo que lo hace más adecuado para aplicaciones alimentarias que requieren un sabor más suave y propiedades funcionales específicas (Viteri *et al.*, 2014).

5.3.2. Suero lácteo ácido.

Producido por la coagulación de la leche mediante acidificación, ya sea por fermentación láctica o por la adición de ácidos orgánicos o minerales. Este proceso reduce el pH del suero a aproximadamente 4.0. El suero lácteo ácido suele tener una mayor concentración de ácido láctico y minerales, y se utiliza comúnmente en la producción de quesos frescos y otros productos lácteos fermentados (Montoya *et al.*, 2014).

5.3.3. Relación del uso de NaCl en productos lácteos.

La leche y el suero lácteo constituyen materias primas de gran relevancia en la industria alimentaria debido a su compleja composición química y a las propiedades funcionales que aportan en el desarrollo de diversos productos. No obstante, para garantizar la estabilidad, seguridad e incluso la aceptación sensorial de dichos alimentos, resulta necesario el empleo de aditivos tecnológicos, entre los cuales el NaCl desempeña un papel fundamental. Este compuesto no solo contribuye al realce del sabor, sino que además incide en la conservación, la textura y la vida útil de los productos lácteos, en particular de los quesos frescos, donde su presencia resulta determinante para alcanzar la calidad tecnológica y nutricional esperada (Guinee, 2004).

5.4. Sal y consumo recomendado.

5.4.1. Sodio.

Es un elemento químico esencial para el organismo, clasificado como un metal alcalino. Se encuentra en la naturaleza en forma de compuestos, principalmente cloruro de sodio (NaCl), conocido comúnmente como sal de mesa. En el cuerpo humano, el sodio desempeña un papel crucial en la regulación del equilibrio de líquidos, la transmisión nerviosa y la contracción muscular (Institute of Medicine, 2005).

El sodio en los alimentos proviene principalmente del cloruro de sodio (sal de mesa) y cumple funciones clave como mejorar el sabor, estructurar productos como carne y pan, conservar alimentos como embutidos y encurtidos, y modificar la actividad enzimática en quesos (Busch *et al.*, 2013).

5.4.2. Cloruros.

Los cloruros son compuestos químicos que contienen el ion cloruro (Cl^-), donde el cloro presenta un estado de oxidación de -1. Este anión se forma cuando un átomo de cloro gana un electrón, completando así su capa de valencia con ocho electrones. El ion cloruro es más grande que el átomo de cloro debido a la repulsión

adicional entre electrones en la capa de valencia (National Center for Biotechnology, 2025).

Los cloruros desempeñan un papel fundamental en la composición y procesamiento de los alimentos, ya que contribuyen a su sabor, conservación y estabilidad estructural. Dentro de los alimentos, el cloruro más común es el cloruro de sodio (NaCl), ampliamente utilizado como conservante y agente potenciador del sabor (Rojas *et al.*, 2019).

La presencia adecuada de cloruros en la dieta garantiza el correcto funcionamiento del sistema digestivo y del equilibrio osmótico en los fluidos corporales (González & Medina, 2005).

Sin embargo, un consumo excesivo de cloruros, particularmente en forma de cloruro de sodio, puede tener efectos adversos en la salud. Diversos estudios han demostrado que un alto consumo de sodio está asociado con un incremento en la presión arterial y un mayor riesgo de enfermedades cardiovasculares (FDA, 2024).

Los cloruros en queso son de gran importancia, por ejemplo (Álvarez, 2017), utilizó cromatografía iónica como método analítico para su cuantificación. Esta técnica permitió determinar con precisión la concentración de cloruros en diferentes tipos de quesos, evaluando su cumplimiento con los valores establecidos en la bibliografía. La medición tenía como propósito identificar posibles excesos en su concentración, lo que podría estar relacionado con el uso de cloruro de calcio como aditivo en la industria quesera. Este compuesto se emplea para mejorar la firmeza de la cuajada y optimizar el rendimiento del queso, pero su uso excesivo puede influir en la composición final del producto. Los resultados mostraron que los niveles de cloruros en las muestras analizadas eran superiores a los reportados en la literatura, lo que sugiere una tendencia a agregar mayores cantidades de este aditivo en la fabricación de quesos en la región.

5.4.3. Composición química de NaCl (sal de mesa).

La sal es un componente importante en la elaboración de alimentos, puesto que ayuda a resaltar los sabores de estos, así como diversas funciones fisicoquímicas, como lo son la conservación de diversos productos o estabilidad en algunas reacciones (Collinsworth, 2013).

La Organización Panamericana de la Salud (Organización Panamericana de las Salud, 2025) y Organización Mundial de la Salud (Organización Mundial de la Salud, 2023), mencionan que el consumo diario de sal recomendado en un adulto para mantener una buena salud es de 5 g al día, equivalente a 2000 mg de sodio e incluso menos (1800mg) en las infancias y adolescencias. Sin embargo, gracias a la variedad de productos en el mercado y la variación de recetas en la gastronomía de cada país, la ingesta de sal sobrepasa ese límite. Estudios realizados en México demuestran que el consumo promedio de sodio de las personas es de 3.1 ± 1.38 g/día (Campos *et al.*, 2022).

5.5. Enfermedades relacionadas con el consumo excesivo de sal.

El consumo excesivo de cloruro de sodio (sal/sodio) trae como consecuencia enfermedades, tales como:

- Cálculos renales: El exceso de sodio (arriba de 2000mg) en la dieta puede aumentar la cantidad de calcio en la orina, lo que favorece la formación de cálculos renales de oxalato de calcio. Además, la deshidratación inducida por la sed causada por el consumo de sal puede concentrar los componentes de la orina (por ejemplo, urea y creatinina), lo que también aumenta el riesgo de formación de cálculos (National Institute of Diabetes and Digestive and kidney Diseases, 2017).
- Insuficiencia renal: La hipertensión crónica provocada por un alto consumo de sal como se mencionó en el párrafo anterior, puede dañar los pequeños vasos sanguíneos en los riñones, reduciendo su capacidad para filtrar la sangre de manera efectiva. Con el tiempo, esto puede llevar a insuficiencia renal (Peralta & Rivas 2013).

- Hipertensión: aumenta la cantidad de sodio en el torrente sanguíneo, lo que causa retención de líquidos y aumenta el volumen sanguíneo. Esto incrementa la presión en las arterias, provocando hipertensión (Santos *et al.*, 2016).
- Cáncer en el estómago: Se ha encontrado que el alto consumo de sal puede dañar el revestimiento del estómago, lo que puede llevar a una inflamación crónica y promover la proliferación de la bacteria *Helicobacter pylori*, un factor de riesgo conocido para el cáncer gástrico (Hernández & López, 2014).
- Osteoporosis: puede aumentar la excreción de calcio a través de la orina. La pérdida excesiva de calcio puede debilitar los huesos y aumentar el riesgo de osteoporosis con el tiempo (Heaney, 2006).
- Obesidad: Aunque la sal en sí no contiene calorías, los alimentos altos en sal a menudo son procesados y calóricos. Además, la sal provoca sed, lo que puede llevar al consumo de bebidas azucaradas en lugar de agua, incrementando la ingesta calórica total y contribuyendo a la obesidad (Cortés *et al.*, 2014).

El consumo excesivo de sal es responsable del 5% de las muertes por enfermedades cardiovasculares en México, afectando a más del 40% de la población adulta con hipertensión arterial, esta afecta a más del 40% de la población adulta mexicana, está estrechamente relacionada con una ingesta elevada de sal. Además, el consumo excesivo de sal se asocia con un mayor riesgo de cáncer gástrico, enfermedades renales y accidentes cerebrovasculares (Secretaría de Salud, 2022).

5.6. Dieta mexicana promedio basada en lácteos.

Diversos productos presentes en la dieta mexicana contribuyen a que, de manera inadvertida, se consuma una cantidad de NaCl superior a la recomendada, (Campos *et al.*, 2022) señalan que alimentos como la pizza, los tamales, las frituras, los sazonadores, los cereales de desayuno, los tacos, los embutidos, los quesos y lácteos, así como el pan en sus versiones saladas y dulces, representan las principales fuentes que incrementan los niveles de sodio en la población. En el caso

de los lácteos, destacan el queso cotija, el queso añejo y el queso fresco tipo panela, este último no considerado un queso salado, pero sí uno de los más consumidos en México. Elaborado principalmente con leche de bovino, el queso panela es apreciado por su bajo contenido graso y su textura suave, cualidades que han favorecido su amplia aceptación en la gastronomía nacional (Villegas & Cervantes, 2011).

5.7. Queso fresco tipo panela.

Es valorado no solo por su sabor suave y versatilidad en la cocina, sino también por sus beneficios nutricionales. Es una excelente fuente de proteínas de alta calidad, calcio, y otros micronutrientes esenciales. El calcio, en particular, es crucial para la salud ósea y dental, y su consumo regular contribuye a prevenir enfermedades (Farré, 2015). Los niveles de NaCl en los quesos mexicanos varían ampliamente, desde aproximadamente 0.6% hasta 7% del peso total, dependiendo del tipo de queso y su proceso de elaboración (Ramírez *et al.*, 2017).

La reducción del contenido de NaCl I en los quesos es un tema de creciente interés, especialmente considerando las preocupaciones de salud pública relacionadas con el consumo excesivo de sodio. El desafío principal radica en mantener las propiedades organolépticas y la seguridad del producto al reducir su contenido de NaCl. El NaCl en los quesos no solo contribuye al sabor, sino que también juega un papel en la textura y la conservación del producto (Ramírez *et al.*, 2017).

5.8. Sustitución con PURAQ AROME NA4 y PURAC POWDER 60.

El propósito de sustituir el cloruro de sodio en los quesos es una estrategia que puede contribuir tanto a la salud pública como a la adaptación a las tendencias del mercado y a las regulaciones. Sin embargo, se busca conservar las propiedades fisicoquímicas que las personas buscan en los productos, optando por aditivos alimentarios que nos ofrezcan estas mismas características, pero sin ser perjudiciales a la salud, se propone el uso de PURAQ AROME NA4 qué es un saborizante natural producido a través de fermentación de cultivos alimentarios y

sustratos, haciendo que se intensifiquen los sabores del producto, y PURAC POWDER 60 que es la forma en polvo del ácido L-láctico natural, producido mediante la fermentación de azúcar. Consiste en ácido láctico (E270) y lactato de calcio (E327). Además, el lactato de calcio se produce a partir de ácido L-láctico natural.

5.8.1 Ácido Láctico (E270).

El ácido láctico (o ácido 2-hidroxipropanoico) es un compuesto orgánico que se presenta en dos isómeros ópticos, L- y D-ácido láctico. Se produce naturalmente durante la fermentación de azúcares y almidones, así como en los músculos tras ejercicio intenso, y está presente en la leche agria. Utilizado en diversas industrias, especialmente la alimentaria para realzar sabores y es también conocido como E270 (Aditivos Alimentarios E270, 2016). Este ácido tiene propiedades quelantes, antioxidantes y reguladoras del pH, lo que le permite mejorar el sabor de productos como cerveza, quesos, encurtidos y yogur. Además, aumenta la absorción de aminoácidos y minerales como hierro y calcio en productos lácteos o vegetales fermentados (Clapa, 2024).

Se produce biotecnológicamente mediante la fermentación de carbohidratos por microorganismos como bacterias ácido-lácticas y hongos filamentosos (Garcia *et al.*, 2010). El proceso sigue la vía metabólica Embden-Meyerhof (glucólisis), en la que la glucosa ($C_6H_{12}O_6$) se descompone en dos moléculas de ácido pirúvico ($CH_3COCOOH$). Posteriormente, la enzima lactato deshidrogenasa cataliza la reducción del ácido pirúvico a ácido láctico ($C_3H_6O_3$), utilizando NADH como cofactor (Serna & Rodríguez, 2005).

Las bacterias homofermentativas como *Lactobacillus* producen principalmente ácido láctico, mientras que las heterofermentativas generan además otros compuestos como etanol y dióxido de carbono. La producción puede optimizarse mediante la selección de sustratos adecuados y el control de parámetros como pH y temperatura (Hofvendahl & Hahn-Hägerdal, 2000).

5.8.2. Lactato de Calcio (E327).

El lactato de calcio es una sal formada por el calcio y el ácido láctico. Se presenta generalmente en forma de polvo blanco y es altamente soluble en agua (Castejón *et al.*, 2020). En la industria alimentaria, especialmente en la elaboración de quesos, se utiliza como un suplemento de calcio para mejorar la coagulación de la leche. Al añadir lactato de calcio, se aumenta la cantidad de calcio disponible, lo que favorece la formación de cuajada, la separación del suero y, en general, mejora la textura y el rendimiento del queso. También se usa en otros productos como aditivo para fortificar alimentos con calcio (Badui, 2006).

El proceso industrial para la producción de lactato de calcio consta de tres etapas principales. Primero, durante la fermentación, se obtiene ácido láctico a partir de fuentes de carbohidratos mediante la acción de bacterias ácido-lácticas. Posteriormente, en la neutralización, se agrega una fuente de calcio para reaccionar con el ácido láctico y formar lactato de calcio. Finalmente, en la fase de purificación y secado, el lactato de calcio se separa y se obtiene en forma de cristales o solución, dependiendo del uso final (Garcia *et al.*, 2010).

Dichos aditivos se han empleado para formular salchichas tipo Bologna, según (Pires *et al.*, 2017), el estudio evaluó los efectos de diferentes niveles de reducción de sodio sobre las características fisicoquímicas, la microestructura y la aceptación sensorial de las salchichas tipo Bologna.. Los resultados mostraron que una reducción del 34.64% de sodio no afectó las características del producto, mientras que una reducción del 43.27% sí afectó la microestructura, la estabilidad de la emulsión y la textura, reduciendo la aceptación por los consumidores. Se concluyó que una sustitución del 40% de sodio podría ser una opción viable para obtener un producto más saludable sin sacrificar su calidad sensorial.

El aditivo PuraQ Arome NA4 se utilizó en morcillas con reducción de sodio y grasa como reemplazante de sal. (Fellendorf *et al.*, 2015) evaluaron los efectos de once sustitutos en las propiedades fisicoquímicas y la aceptación sensorial de morcillas. Los resultados mostraron que las muestras con 10% de grasa y 0.4% de sodio con carragenina fueron mejor valoradas en salinidad y picante, mientras que

aquellas con KCIG fueron bien aceptadas por su sensación de grasa. Se concluyó que es posible reducir la sal y la grasa sin afectar significativamente la aceptabilidad sensorial del producto.

Así mismo, PuraQ Arome NA4 de Corbion Purac se utilizó en la formulación de white puddings (una especie de morcilla blanca) con reducción de sodio y grasa por (Fellendorf *et al.*, 2016). Los tratamientos con citrato de sodio y la combinación de KCl y glicina obtuvieron la mejor aceptación sensorial ($p<0.05$). Sin embargo, los resultados mostraron que, aunque PuraQ aumentó ligeramente la percepción de salinidad, no mejoró significativamente la aceptación general del producto. Además, los evaluadores detectaron un ligero off-flavour, lo que pudo afectar la aceptación sensorial de los productos formulados con este aditivo.

El aditivo PuraQ Arome NA4 fue utilizado en la elaboración de hamburguesas con reducción de sodio por (Silva *et al.*, 2020) en dos formulaciones: una con solo el PuraQ® y otra combinándolo con harina de linaza. Se evaluó el reemplazo parcial de NaCl con KCl y PuraQ Arome NA4 en hamburguesas de res. No se observaron diferencias en los parámetros microbiológicos, fisicoquímicos ni tecnológicos. La reducción del 50 % de NaCl no afectó la aceptación del producto, mientras que una reducción del 60 % redujo la percepción del sabor salado y aumentó el retrogusto metálico. Se concluyó que la sustitución del 50 % de NaCl con KCl y potenciador de sabor es una estrategia viable para reducir el sodio sin comprometer la aceptación.

También se utilizó NA4 en la formulación de salchicha Toscana como un sustituto parcial del cloruro de sodio (NaCl) por (Seganfredo *et al.*, 2016). El estudio evaluó el efecto de la sustitución parcial de cloruro de sodio (NaCl) por PuraQ Arome NA4 en la composición fisicoquímica, microbiológica y sensorial del producto. Se compararon tres tratamientos: control, reducción del 20% de sodio y reducción del 30%. Las muestras con menor contenido de sodio cumplieron con los parámetros de calidad exigidos por la legislación brasileña y no presentaron diferencias significativas en la textura ni en la aceptación sensorial. La muestra con 20% de reducción fue la más preferida en la prueba de ordenación, lo que sugiere que una reducción moderada de sodio puede lograrse sin afectar la calidad del producto.

El aditivo PuraQ NA4 se usó en la formulación de galletas saladas tipo Mignon como parte de una estrategia para reducir el sodio por (Pieta *et al.*, 2021), reemplazando parcialmente el cloruro de sodio (NaCl) junto con Nutek Salt (KCl modificado). Se probaron siete formulaciones con en niveles del 30 % al 60 % de sustitución, y se evaluaron parámetros fisicoquímicos, texturales y sensoriales. Los resultados indicaron que una reducción del 40 % de NaCl no afectó la textura ni la aceptación del producto, mientras que una reducción del 60 % mostró menor percepción de sabor salado y mayor dulzor. Sin embargo, la aceptación sensorial y la intención de compra no se vieron afectadas significativamente, concluyendo que una sustitución del 40 % de NaCl es viable sin comprometer la calidad sensorial.

5.9. Evaluación sensorial en alimentos.

Si bien las modificaciones en la formulación pueden mejorar el perfil nutricional y cumplir con parámetros fisicoquímicos establecidos, resulta indispensable analizar el impacto de estos cambios en la percepción del consumidor. En este sentido, la evaluación sensorial se convierte en una herramienta esencial, ya que permite determinar la aceptación del producto y establecer la relación entre las propiedades tecnológicas y la experiencia organoléptica del queso.

La evaluación sensorial (Olmos y Díaz, 2014) de los alimentos es crucial por varias razones, ya que juega un papel fundamental en la determinación de la aceptación, calidad y éxito de un producto alimenticio en el mercado. El perfil sensorial en el queso es importante, ya que es un producto alimenticio cuya calidad se define en gran parte por sus atributos sensoriales, como sabor, aroma, textura, y apariencia. Permite a los productores asegurar que estos atributos se alineen con los estándares de calidad deseados, garantizando que el queso cumpla con las expectativas del consumidor y las normas que rigen a estos productos. (Cárdenas *et al.*, 2018).

5.9.1. Evaluación sensorial en queso.

La evaluación sensorial de los quesos es esencial para garantizar su calidad y aceptación en el mercado. Este proceso implica el análisis de atributos como

apariencia, aroma, textura y sabor mediante los sentidos humanos. El análisis sensorial permite identificar y valorar las características percibidas a través de los sentidos, desempeñando un papel determinante en la decisión de compra del consumidor (López *et al.*, 2023).

La evaluación sensorial complementa los análisis fisicoquímicos y microbiológicos, proporcionando información sobre la experiencia del consumidor al ingerir el queso. Además, se aplica en el control de calidad de materias primas y productos finales, en la investigación de factores que influyen en el aroma y textura, y en la validación de denominaciones de origen (Universidad Tecnológica Nacional, 2023).

5.10. Actividad de agua (Aw).

La actividad de agua (Aw) es la fracción del agua en los alimentos que está disponible para participar en reacciones físicas, químicas, enzimáticas y microbiológicas (Cardona, 2019). No se debe confundir con el contenido total de agua, ya que este último incluye agua "ligada" que no está disponible para estos procesos. Es un indicador clave para predecir la estabilidad y vida útil de un producto, ya que determina su susceptibilidad al crecimiento microbiano y a otros cambios. También influye en aspectos como la formulación de alimentos, el control de los procesos de deshidratación y rehidratación, la migración de la humedad durante el almacenamiento y otros factores relacionados con la calidad del producto (Badui, 2006).

La actividad de agua (Aw) es un parámetro clave en la producción y conservación de quesos, ya que influye en la calidad, textura, seguridad microbiológica y vida útil del producto (Ramírez *et al.*, 2017). Determina el crecimiento de microorganismos, siendo mayor en quesos frescos y menor en quesos madurados. El NaCl ayuda a reducir la Aw, limitando el crecimiento microbiano y mejorando la estabilidad del queso, por lo que su reducción debe ser controlada mediante el uso de ingredientes (Ramírez & Vélez, 2012). Además, la Aw afecta la actividad enzimática en quesos madurados, influyendo en su sabor y

textura. Un adecuado manejo de la Aw es esencial para garantizar un equilibrio entre calidad, seguridad y vida útil del queso (Korta *et al.*, 2011).

Aw es una medida adimensional que representa la disponibilidad de agua en un alimento para el crecimiento microbiano y las reacciones químicas. Su valor varía entre 0 y 1, donde:

- Aw = 0 significa que no hay agua disponible para actividades microbiológicas y/o químicas
- Aw = 1 indica agua pura, en la que todos los microorganismos pueden crecer y las reacciones bioquímicas se pueden llevar a cabo.

5.11. FTIR-Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier.

La espectroscopía Infrarroja por Transformada de Fourier (FTIR, por sus siglas en inglés) es una técnica analítica utilizada para obtener la huella dactilar molecular de una muestra biológica. Esto se logra midiendo la absorción de la onda infrarroja de acuerdo con los enlaces químicos y estructurales presentes en las moléculas. Esta técnica proporciona información sobre la estructura de biomoléculas como lípidos, proteínas, carbohidratos y ácidos nucleicos (Miranda *et al.*, 2017).

Se basa en la interacción de la radiación infrarroja con la materia. Cuando una muestra es irradiada con luz infrarroja, ciertos enlaces químicos absorben la energía en longitudes de onda específicas, generando un espectro característico de la composición molecular de la muestra. La Transformada de Fourier es un algoritmo matemático que convierte los datos de la señal en un espectro interpretable (Miranda *et al.*, 2017).

En quesos, el FTIR ha sido utilizado para diversos estudios, un ejemplo claro ha sido mencionada por (Totosaus *et al.*, 2015), que el análisis FTIR reveló que la sustitución de la grasa en la leche modifica el perfil de ácidos grasos, dependiendo también del tipo de carragenina utilizado.

VI MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Materiales.

Los quesos fueron producidos en el taller de lácteos del Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAp) perteneciente a la Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo (UAEH) con procesos estandarizados.

Los quesos se elaboraron a partir de leche de vaca pasteurizada y homogeneizada proveniente del Rancho Universitario del Instituto de Ciencias Agropecuarias (ICAp).

Los aditivos ácido láctico (PuraQ® Arome Na4) y lactato de calcio (PURAC® Powder 60) fueron obtenidos mediante donación de la empresa Sinergia y Soluciones ALMI (Edo. Mex. México).

6.2. Metodología.

6.2.1. Elaboración del queso.

Para la elaboración de los quesos, se tomaron 2.5 L de leche para cada tratamiento, los cuales fueron vertidos en ollas de acero inoxidable. Posteriormente, se calentaron a 38 °C y se añadieron 0.250 mL de enzima quimosina (Chris Hansen: cuajo microbiano) diluida a una proporción (1:10).

La leche se incubó durante 7 minutos a 38 °C para permitir la acción de la enzima. Una vez verificada la floculación, se dejó reposar por 33 minutos adicionales, completando un total de 40 minutos recomendados para la acción del cuajo. Al finalizar el tiempo, el gel formado se cortó en cubos de un diámetro de 1.5x1.5 cm³. Posteriormente, se agitó lentamente durante 10 minutos, pasado este tiempo, se aumentó la agitación por un espacio de 30 min, manteniendo la temperatura a 38 °C para madurar la cuajada.

Tras la maduración, la cuajada se dejó reposar durante 5 minutos y se desueró retirando 3/4 partes del suero lácteo total. Dado que el 80 % de la leche es agua, los 2.5 L iniciales contenían 2 L de suero lácteo, de los cuales se drenaron 1.5 litros.

Para cada tratamiento, se pesaron previamente lactato de calcio, ácido láctico y NaCl en sus cantidades correspondientes (tabla 1). El lactato de calcio se diluyó en una solución (1:10) con agua destilada antes de incorporarlo a la cuajada, y se agitó durante 1 minuto. El ácido láctico, por ser líquido, se añadió directamente con 1 minuto de agitación. Posterior a ello, el NaCl se integró directamente en la cuajada con 3 minutos de agitación. La cuajada se colocó en moldes pequeños para queso panela por tratamiento, procurando llenarlos correctamente. Los moldes se apilaron uno sobre otro y se dejaron reposar durante 20 minutos. Después, se invirtieron las posiciones de los moldes y se dejaron reposar por otros 20 minutos. Al terminar, los quesos se desmoldaron y se refrigeraron durante un mínimo de 20 horas.

Por último, se retiraron de los moldes y se empaquetaron en bolsas de polietileno, siendo almacenados en una cámara de refrigeración. Cada tratamiento se realizó por duplicado.

6.3. Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar.

$$Y_{ij} = \mu + t_i + e_{ij}$$

- Y_{ij} = Variable de respuesta.
- μ = Media general.
- t_i = efecto del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición.
- e_{ij} = error experimental del i-ésimo tratamiento en la j-ésima repetición.

6.3.1. Cálculos para determinar los porcentajes de aditivos utilizados para formular cada uno de los tratamientos.

La formulación inicial que se recibió para la experimentación fue del 4% de ácido láctico y el 0.4% de lactato de calcio, sin embargo, se hicieron modificaciones para ajustar la formulación y lograr estabilidad en el producto.

Se parte de la cantidad de aditivo establecida para una reducción de NaCl del 60 % y se ajusta proporcionalmente para reducciones menores. Para ello, la cantidad correspondiente al 60 % se divide entre 60, obteniendo la cantidad

equivalente a un 1 % de reducción, y posteriormente se multiplica por el porcentaje de reducción deseado (20 % o 40 %). De esta forma, para el lactato de calcio (0.1 % a 60 % de reducción), se obtiene 0.033 % para el 20 % de reducción y 0.066 % para el 40 %. Para el ácido láctico (1 % a 60 % de reducción), se obtiene 0.33 % para el 20 % de reducción y 0.66 % para el 40 %.

Lactato de calcio:

$$\left(\frac{0.1\%}{60\%}\right) * 20\% = 0.033\% \quad \left(\frac{0.1\%}{60\%}\right) * 40\% = 0.066\%$$

Ácido láctico:

$$\left(\frac{1\%}{60\%}\right) * 20\% = 0.33\% \quad \left(\frac{1\%}{60\%}\right) * 40\% = 0.66\%$$

Se probaron 4 tratamientos para determinar la capacidad de reducción de NaCl en queso fresco, un control T0 (sin cambios en la composición de NaCl en el queso), T20, T40, T60 que muestran una sustitución de NaCl del 20, 40, y 60% como se muestra en la tabla 1.

Tabla 1: Tratamientos utilizados en la elaboración de queso tipo panela reducido en sal.

Reactivos	Tratamientos (%)			
	T0	T20	T40	T60
Cloruro de Sodio	100	80	60	40
ácido láctico	0	0.33	0.66	1
lactato de calcio	0	0.033	0.066	0.1

T0: Muestra control. T20: Muestra con 20% de reducción de NaCl, 0.33% de ácido láctico y 0.033% de lactato de calcio. T40: Muestra con 40% de reducción de NaCl, 0.66% de ácido láctico y 0.066% de lactato de calcio.

T60: Muestra con 60% de reducción de NaCl, 1% de ácido láctico y 0.1% de lactato de calcio.

6.4. Análisis fisicoquímico del suero lácteo

Las propiedades fisicoquímicas del suero como grasa, proteína, sólidos no grasos, densidad, sólidos totales, pH y conductividad se midieron por ultrasonido a través del equipo LACTOSCAN Milk Analyzer (MCC50, Milkotronic Ltd, Bulgaria), con el cual se usó un vial de 20 mL de muestra para su análisis.

En el análisis de suero lácteo se realizó con 5 muestras, las cuales constaron de:

- T1 Antes de adición de NaCl: Suero obtenido de la muestra control antes.
- T2 Despues de adición de NaCl: Suero obtenido de la muestra control después.
- T3: Suero obtenido de la muestra con 20% de reducción de NaCl.
- T4: Suero obtenido de la muestra con 40% de reducción de NaCl.
- T5: Suero obtenido de la muestra con 60% de reducción de NaCl.

6.5. Actividad de agua (Aw).

Para medir la actividad de agua (Aw) se utilizó un higrómetro AquaLab (PRE, METER Group, Inc., EE. UU.). Una vez que el equipo quedó calibrado correctamente, se introdujo 1 g de queso en la cápsula y se procedió a la lectura del equipo. Se tomaron 6 repeticiones de cada muestra.

6.6. Acidez titulable de la leche y suero lácteo.

El análisis se realizó empleando la NOM-243-SSA1-2010, se utilizaron materiales como pipetas, acidímetro de 50 mL. Los reactivos incluidos fueron hidróxido de sodio 0.1 N, fenolftaleína al 1%.

6.7. Determinación del contenido de cloruros en queso fresco por valoración colorimétrica.

El análisis se realizó empleando el procedimiento de (Cimiano, 1991).

La muestra de queso se trituró en un mortero, se pesaron 2 g de muestra en un vidrio de reloj usando la balanza analítica, se vació la muestra en un matraz Erlenmeyer de 500 mL y se le agregaron 25 mL de la solución de Nitrato de Plata 0.1 N y 25 mL de ácido Nítrico concentrado medidos previamente con una probeta. El matraz se llevó a calentamiento en una parrilla con agitación por 10 min y se dejó en ebullición (85°C) por 1 minuto. Lentamente se le colocaron 10 mL de la solución de permanganato de potasio al 10% manteniendo la mezcla en ebullición (106°C) suave durante 5 minutos. Con una probeta se agregaron 100 mL de agua destilada. Se agregaron 5 mL de la solución de sulfato férrico amónico pentahidratado.

Para llevar a cabo la titulación, en una bureta de 50 mL se agregó el tiocianato de potasio al 0.1 N hasta lograr una coloración rojo ladrillo.

Cálculos

$$\%NaCl = \frac{(V1 - V2) * F * N}{P}$$

Donde:

- %NaCl: Porcentaje de cloruro de sodio.
- V1: Volumen de mL de tiocianato de potasio utilizados en la valoración del blanco.
- V2: Volumen de mL de tiocianato de potasio utilizados en la valoración de la muestra.
- N: Normalidad de la solución de tiocianato.
- P: Peso en gramos de la muestra.
- F: Factor que depende de cómo se requiera expresar el resultado, que en este caso es NaCl (5.85).

6.8. Análisis de perfil de textura.

El Análisis de perfil de textura (TPA, por sus siglas en inglés: Texture Profile Analysis) es un método instrumental utilizado para evaluar las propiedades mecánicas y texturales de los alimentos.

Para la evaluación de textura del queso panela, se utilizó un texturómetro TA-X-T PLUS (Stable Micro Systems, Surrey, Inglaterra, Reino Unido), con el fin de determinar parámetros como la firmeza y elasticidad. Se instalaron las sondas adecuadas para realizar pruebas de compresión, y se colocaron las muestras de queso a temperatura ambiente de 2 cm^3 centradas en la base del equipo, procurando que tuvieran dimensiones uniformes. A través del software del equipo, se programaron los parámetros de ensayo, la velocidad a 1mm*s^{-1} y la profundidad de compresión del 50%. Se realizaron un total de 15 repeticiones por cada uno de los ocho tratamientos: T0R1, T0R2, T20R1, T20R2, T40R1, T40R2, T60R1 y T60R2, lo que permitió obtener datos consistentes y comparables. Durante cada prueba, el texturómetro aplicó fuerza sobre la muestra, registrando las curvas de fuerza vs. distancia, a partir de las cuales se determinaron las propiedades texturales de los quesos. Esta información fue fundamental para evaluar el efecto de la reducción de NaCl y la adición de aditivos sobre la textura del producto final.

6.9. FTIR- Espectroscopia infrarroja por transformada de Fourier.

Se utilizó un espectrofotómetro Perkin Elmer FTIR/System Spectrum GX (EE. UU.). Se tomaron 256 espectros con una resolución de 4 cm^{-1} . El equipo contaba con aditamento de punta de diamante

6.9.1 Obtención de los espectros de FTIR.

Las muestras de queso se sometieron a secado en una estufa a 45°C durante 72 horas. Posteriormente, fueron molidas en un mortero de porcelana y almacenadas en un desecador. Por otro lado, el Purac Powder 60 y el PuraQ Arome NA4 se conservaron en viales de 5 mL a temperatura ambiente durante 48 horas, todas las muestras se almacenaron hasta su utilización.

6.10. Evaluación sensorial de nivel de agrado.

La prueba sensorial se llevó a cabo en el mismo instituto, con 100 jueces no entrenados voluntarios, que son consumidores habituales de queso fresco. Se presentaron un total de 68 mujeres y 37 hombres, pertenecientes a las licenciaturas de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Ing. Alimentos, Ing. Biotecnología y Lic. Alimentación Sustentable, provenientes de diversos estados de la república como: Hidalgo, Querétaro, Ciudad de México, Estado de México, Puebla y Veracruz, de un rango de edades de 19 a 52 años.

En dicha prueba se les presentaron las 4 muestras en una charola de unicel con las siguientes codificaciones al azar:

- T0: 572
- T2: 836
- T4: 419
- T6: 284

Con la siguiente escala hedónica para establecer el nivel de agrado de las muestras para los jueces:

- 1: Me gusta mucho
- 2: Me gusta medianamente
- 3: Ni me gusta Ni me disgusta
- 4: Me disgusta medianamente
- 5: Me disgusta mucho

En los anexos, se muestra el formato 1 que se utilizó para realizar la prueba sensorial de nivel de agrado del queso panela. En el formato 2, se muestra la declaración de consentimiento del juez evaluador para realizar la prueba de nivel de agrado del queso panela

6.11. Análisis estadístico.

Se realizó un análisis de varianza para cada una de las variables en estudio. La comparación de medias de tratamientos se realizó con una prueba de Tukey a un ($p \leq 0.05$).

VII RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Análisis fisicoquímico del suero lácteo.

En la tabla 2, se presentan los resultados obtenidos de la composición fisicoquímica del suero proveniente de las muestras de quesos bajo diferentes concentraciones de cloruro de sodio, lactato de calcio y ácido láctico. Se observan diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en las variables grasa, sólidos no grasos, densidad, lactosa, sólidos totales y proteína entre los tratamientos.

El contenido de grasa en suero obtenido del queso mostró diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$), el menor porcentaje de grasa (0.08%), se obtuvo cuando se agregó el 1% de NaCl al queso. El contenido de sólidos no grasos (SNG) del suero del queso mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. El menor porcentaje de SNG fue de 6.19% para el testigo. La densidad del suero del queso mostró diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. La densidad del suero obtenido de los quesos aumentó el doble al adicionar el 1% NaCl y al reducir el 20, 40, 60% de NaCl con adición de lactato de calcio y ácido láctico. De manera similar, sólidos totales (ST) y proteína presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre los tratamientos. Los ST aumentaron un 38.4% y el porcentaje de proteína aumentó un 36. 87% al adicionar el 1% NaCl y al reducir el 20, 40, 60% de NaCl con adición de lactato de calcio y ácido láctico respectivamente.

El menor porcentaje de grasa fue debido a la adición del 1 % de NaCl, lo que sugiere que una mayor concentración de NaCl podría estar asociada a una mayor retención de grasa en la cuajada y, por tanto, una menor migración hacia el suero. Este comportamiento coincide con lo reportado por (Elsamani, 2023),, quien observó que concentraciones elevadas de NaCl inhiben la actividad de enzimas proteolíticas, lo cual puede reducir la descomposición de estructuras lipídicas y limitar la liberación de grasa al medio externo.

En relación con los sólidos no grasos (SNG), se encontraron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), siendo el contenido más bajo el del tratamiento testigo. Esto podría indicar que en ausencia de NaCl la difusión de componentes solubles hacia

el suero lácteo es mayor, disminuyendo así la concentración retenida en la cuajada. Este resultado guarda relación con los procesos de sinéresis y permeabilidad inducidos por la sal, que afectan la distribución de compuestos en la fase líquida (McSweeney & Sousa, 2000).

Asimismo, se observó un incremento en la densidad del suero lácteo con la adición de NaCl y con la reducción parcial de este mediante los aditivos evaluados. Este aumento puede atribuirse a una mayor concentración de solutos, especialmente proteínas, resultado de una proteólisis más activa, particularmente bajo condiciones de salinidad moderada. Dando razón a (Elsamani, 2023)., quien reportó mayores niveles de aminoácidos libres.

El contenido de sólidos totales (ST) y de proteína también mostró incrementos significativos. Este comportamiento, según (Fox & McSweeney, 1996). puede explicarse por una mayor concentración de péptidos y aminoácidos solubles en el suero lácteo, derivados del proceso de maduración y de la interacción entre NaCl y enzimas proteolíticas.

Tabla 2: Composición fisicoquímica del suero lácteo dulce proveniente de queso panela a diferentes concentraciones de cloruro de sodio, lactato de calcio y ácido láctico.

Variables	Tratamientos				
	T1	T2	T3	T4	T5
Grasa%	1.50±0.98 ^a	0.08±0.02 ^b	1.08±0.64 ^{ab}	0.96±0.50 ^{ab}	1.21±0.28 ^a
SNG%	6.19±0.05 ^b	16.11±1.49 ^a	15.88±0.91 ^a	15.47±1.38 ^a	16.05±1.01 ^a
Densidad	22.04±0.67 ^b	59.65±5.61 ^a	58.33±2.82 ^a	56.71±5.36 ^a	58.71±3.72 ^a
ST%	0.53±0.008 ^b	1.41±0.12 ^a	1.39±0.07 ^a	1.35±0.12 ^a	1.40±0.09 ^a
Proteína%	2.22±0.10 ^b	6.19±0.58 ^a	6.02±0.25 ^a	5.84±0.57 ^a	6.04±0.38 ^a

Valores expresados como media ± desviación estándar. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$). Analizado mediante prueba de Tukey. SNG: Sólidos no grasos. ST: Sólidos Totales. T1: Suero sin NaCl. T2: Suero con 1% de NaCl. T3: Suero con 20% reducción de NaCl, 0.33% de ácido láctico y 0.033% de lactato de calcio. T4: Suero con 40% reducción de NaCl, 0.66% de ácido láctico y 0.066% de lactato de calcio. T5: Suero con 60% reducción de NaCl 1% de ácido láctico y 0.1% de lactato de calcio.

7.2. Actividad de agua (Aw) de quesos.

La actividad de agua (Aw) se presenta en la Tabla 3. No se observaron diferencias significativas ($p>0.05$) entre los tratamientos, ya que todos mostraron un valor promedio de 0.96, con mínimas variaciones en la desviación estándar. Estos resultados indican que las diferentes concentraciones de cloruro de sodio, lactato de calcio y ácido láctico no tuvieron un impacto significativo en la actividad de agua del queso panela.

La ausencia de diferencias significativas en los valores de actividad de agua (Aw) entre los tratamientos puede explicarse por el efecto de los sustitutos empleados. Si bien la reducción de NaCl suele incrementar la Aw al aumentar la fracción de agua libre, la adición de lactato de calcio y ácido láctico contribuye a retener el agua en la matriz del queso. El lactato de calcio aporta iones que interactúan con la red proteica, favoreciendo la unión de agua, mientras que el ácido láctico modifica el pH y la carga de las micelas de caseína, promoviendo mayor retención de humedad. De esta manera, se mantiene un equilibrio osmótico que evita incrementos significativos de Aw, lo cual concuerda con lo reportado por (Wemmenhove *et al.*, 2016), quienes destacan que la combinación de sales y ácidos orgánicos determina la Aw y la estabilidad microbiológica en quesos. Asimismo, (Guinee & O'Kennedy, 2007) señalan que los sustitutos de NaCl, como sales de calcio y compuestos ácidos, pueden compensar parcialmente la reducción de sodio al contribuir en la retención de agua y en el control de la actividad de agua en productos lácteos.

Tabla 3: Actividad de agua (Aw) proveniente de quesos con reducción de NaCl con adición de aditivos.

Variables	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Aw	0.96±0.013 ^a	0.96±0.002 ^a	0.96±0.001 ^a	0.96±0.001 ^a

T1: Control. T2: Queso con reducción 20% de NaCl, 0.33% de ácido láctico y 0.033% de lactato de calcio. T3: Queso con reducción 40% de NaCl, 0.66% de ácido láctico y 0.066% de lactato de calcio. T4: Queso con reducción 60% de NaCl, 1% de ácido láctico y 0.1% de lactato de calcio.

7.3. Análisis de perfil de textura (TPA).

El análisis del Perfil de Textura (TPA) en queso panela para los diferentes tratamientos se presenta en la Tabla 4. Se observaron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en las variables de dureza, resistencia, cohesividad y masticabilidad, mientras que para las variables adhesividad y elasticidad no se encontraron diferencias significativas ($P > 0.05$).

La dureza, la gomosidad y la masticabilidad del queso panela presentaron valores menores al reducir el 60% de NaCl, 1% de ácido láctico y 0.1% lactato de calcio, comparado con el testigo. Cuando se redujo el 60% de NaCl, y se adicionó 1% de ácido láctico y 0.1% lactato de calcio, la dureza del queso panela se redujo en 7.54 N, la gomosidad en 6.51 y la masticabilidad en 5.73, respectivamente.

La resistencia, al reducir el 60% de NaCl, 1% de ácido láctico y 0.1% lactato de calcio, comparado con el testigo, tuvo una diferencia de (0.12) en su valor. Así mismo, la cohesividad al reducir el 60% de NaCl, 1% de ácido láctico y 0.1% lactato de calcio, a diferencia del testigo, tuvo una reducción de 0.27 en su valor.

La reducción de cloruro de sodio (NaCl) en la elaboración de quesos puede afectar significativamente las propiedades texturales, como la dureza, cohesividad y masticabilidad. Estos cambios se deben a la influencia del NaCl en la estructura proteica del queso. Estudios como el de (Gill *et al.*, 2023)., evaluó el efecto de la sustitución parcial de cloruro de sodio (NaCl) por cloruro de potasio (KCl) en las características sensoriales y texturales del queso Port Salut. Los resultados indicaron que la reducción de NaCl afecta significativamente parámetros texturales como la dureza y la cohesividad del queso. Además, se observó que la sustitución de NaCl por KCl puede modificar la percepción sensorial sin comprometer la aceptabilidad del producto.

Tabla 4: Análisis de perfil de textura (TPA) en queso panela con reducción de NaCl y adición de aditivos.

Variables	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Dureza (N)	11.17±1.89 ^a	12.08±1.95 ^a	7.00±1.61 ^b	3.63±1.40 ^c
Adhesividad (N*seg)	-0.31±0.34 ^a	-0.31±0.25 ^a	-0.24±0.20 ^a	-0.34±0.35 ^a
Resistencia	0.37±0.07 ^a	0.40±0.02 ^a	0.37±0.03 ^a	0.25±0.06 ^b
Cohesividad	0.76±0.08 ^a	0.74±0.03 ^a	0.75±0.04 ^a	0.49±0.17 ^b
Elasticidad	0.84±0.06 ^a	0.86±0.20 ^a	0.79±0.10 ^a	0.78±0.29 ^a
Masticabilidad	7.22±2.09 ^a	7.86±2.86 ^a	4.22±1.26 ^b	1.49±0.90 ^c

Valores expresados como media ± desviación estándar. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$). Analizado mediante prueba de Tukey. T1: Muestra control. T2: Queso con reducción 20% de NaCl, 0.33% de ácido láctico y 0.033% de lactato de calcio. T3: Queso con reducción 40% de NaCl, 0.66% de ácido láctico y 0.066% de lactato de calcio. T4: Queso con reducción 60% de NaCl, 1% de ácido láctico y 0.1% de lactato de calcio.

7.4. Reducción de NaCl.

El análisis de reducción de NaCl en el queso panela y suero lácteo se presenta en la tabla 5. Para el porcentaje de cloruro de sodio (%NaCl) en el queso y la conductividad eléctrica del suero presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$), sin embargo, en el pH del suero no se encontraron diferencias significativas ($p > 0.05$).

El porcentaje de cloruro de sodio (%NaCl) tuvo una disminución gradual en los tratamientos de 3.21% a 1.56%, respecto al testigo. Sin embargo, con diferencia al testigo, la reducción del 60% de NaCl, 1% de ácido láctico y 0.1% lactato de calcio fue el que tuvo un valor menor con diferencia de 1.65%.

Para la conductividad eléctrica, la reducción del 60% de NaCl, 1% de ácido láctico y 0.1% lactato de calcio, en comparación con el testigo, tuvo una diferencia de 0.68.

Esto ha sido observado en estudios donde se evaluó el efecto de la reducción de NaCl sobre parámetros fisicoquímicos de quesos. Por ejemplo, en un estudio sobre elaboración de queso llamado Tybo (Sihufe *et al.*, 2017)., se encontró que, al reducir la concentración de NaCl, la conductividad eléctrica del suero lácteo disminuyó significativamente, mientras que el pH se mantuvo relativamente constante. Esto sugiere que la reducción de NaCl afecta la conductividad eléctrica debido a la menor presencia de iones, pero no altera significativamente el equilibrio ácido-base del suero lácteo.

Tabla 5: Medición de cloruro de sodio en quesos con reducción de NaCl y adición de aditivos, pH y conductividad eléctrica en sueros de queso con reducción de NaCl y adición de aditivos.

Variable	Tratamientos			
	Queso			
	T1	T2	T3	T4
%NaCl	3.21±0.38 ^a	2.59± 0.11 ^b	2.23± 0.076 ^c	1.56±0.14 ^d
Suero lácteo				
pH	5.71±0.39 ^a	5.79±0.41 ^a	5.82±0.30 ^a	5.85±0.47 ^a
Conductividad Eléctrica	6.43±0.22 ^a	6.19± 0.15 ^a	5.90±0.06 ^b	5.75±0.14 ^b

Valores expresados como media ± desviación estándar. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos ($p \leq 0.05$). Analizado mediante prueba de Tukey. T1: Muestra control. T2: Queso y suero lácteo con reducción 20% de NaCl, 0.33% de ácido láctico y 0.033% de lactato de calcio. T3: Queso y suero lácteo con reducción 40% de NaCl, 0.66% de ácido láctico y 0.066% de lactato de calcio. T4: Queso y suero lácteo con reducción 60% de NaCl, 1% de ácido láctico y 0.1% de lactato de calcio.

7.5. Análisis sensorial de los quesos.

En la tabla 6 se muestran los resultados del análisis sensorial de los quesos reducidos en NaCl con diferentes concentraciones de lactato de calcio y ácido láctico. El tratamiento de queso panela con reducción del 20% y 40 % de NaCl (T1 y T2), adicionada con 0.33% de ácido láctico y 0.033% de lactato de calcio, fueron las más aceptadas y agradables para los panelistas, presentando el menor nivel de desagrado (media = 1.84). El análisis de nivel de agrado mediante la prueba de comparaciones múltiples de Tukey mostró diferencias significativas entre tratamientos. Los tratamientos con reducción del 40% y del 60% de reducción de NaCl obtuvieron medias de (2.12) y (2.35), respectivamente, ubicándose en un nivel intermedio sin diferencias significativas entre ellas. Por otro lado, la muestra control fue la menos preferida por los jueces, con el mayor nivel de desagrado (media = 2.74), siendo estadísticamente diferente del tratamiento (T1). Según las respuestas obtenidas en los formatos, la muestra control fue considerada muy salada para su gusto.

De forma paralela, en el estudio de (Gore *et al.* 2019), se evaluó la sustitución parcial de NaCl por lactato de calcio y citrato de calcio ($\text{Ca}_3(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7)_2$) en queso azul vetado, logrando una reducción del 75% en NaCl, sin que ello afectara significativamente la percepción de sabor salado ni el nivel de aceptación sensorial del producto. Específicamente, los quesos con sustitución por lactato de calcio presentaron niveles similares de agrado en comparación con el testigo, incluso con un 33% menos de sodio. Este hallazgo coincide con los resultados obtenidos con los tratamientos (T1, T2) de queso panela, en la que una reducción moderada de sodio (20 y 40 %), acompañada de compuestos moduladores de sabor, resultó en una mejor aceptación.

Tabla 6: Prueba de nivel de agrado de los quesos panela con reducción de NaCl y diferentes concentraciones de ácido láctico y lactato de calcio.

Variable	Tratamientos			
	T1	T2	T3	T4
Nivel de Agrado	1.84±0.942 ^a	2.12±0.987 ^{ab}	2.35±1.056 ^b	2.74±1.110 ^c

Valores expresados como media ± desviación estándar. Letras distintas en una misma fila indican diferencias significativas entre tratamientos, ($p \leq 0.05$), analizada mediante prueba de Tukey. T1: Queso con reducción 20% de NaCl, 0.33% de ácido láctico y 0.033% de lactato de calcio. T2: Queso con reducción 40% de NaCl, 0.66% de ácido láctico y 0.066% de lactato de calcio. T3: Queso con reducción 60% de NaCl, 1% ácido láctico y 0.1% de lactato de calcio. T4: Muestra control. Escala 1: Me gusta mucho. 2: Me gusta medianamente. 3: Ni me gusta Ni me disgusta. 4: Me disgusta medianamente. 5: Me disgusta mucho.

7.6. FTIR-Espectroscopía infrarroja por transformada de Fourier.

La figura 1. muestra los espectros FTIR de los quesos, ácido láctico y lactato de calcio. El espectro FT-IR muestra una disminución en la intensidad del pico en la región cercana a los 1100 cm^{-1} , asociada con la vibración característica del enlace iónico Na–Cl. Esta reducción en la profundidad del pico sugiere una menor concentración de cloruro de sodio (NaCl) en las muestras tratadas.

Esta observación concuerda con lo reportado por (Jumaeri *et al.* 2021), donde se identificó dicha banda en el análisis de NaCl cristalino recuperado de bittern. En su estudio, las bandas en 1100 cm^{-1} y 600 cm^{-1} se relacionaron directamente con el NaCl, y su presencia o intensidad fue utilizada como indicador de pureza del compuesto.

En el presente análisis, se observa que, al aumentar las concentraciones de lactato de calcio y ácido láctico, la intensidad del pico en 1100 cm^{-1} disminuye respecto al testigo. Esto indica que si hay una reducción parcial del contenido de NaCl y probablemente reemplazando parcialmente su funcionalidad en el queso.

El ácido láctico es un ácido orgánico, el cual muestra su presencia en las bandas con longitud de 1575 a 1400 cm^{-1} según (Melgar 2009). En la fig. 1 se observa un incremento en la profundidad del pico en aprox. 1575 cm^{-1} el cual nos indica su presencia en las muestras de queso, entre más ácido láctico se encuentre en la muestra, más profundidad tiene el pico.

La señal del lactato de calcio se traspone con la señal del ácido láctico, por lo que no es visible en el espectro. Se recomienda hacer un análisis más profundo sobre este aditivo alimentario, como lo es el infrarrojo cercano, para ver las señales donde vibra el ión calcio, y así poder apoyar los resultados del espectro de Transformada de Fourier por Infrarrojo del lactato de calcio.

En la región $2750\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$: corresponde a vibraciones C–H alifático, presentes tanto en ácido láctico como en lactato de calcio, y también visibles en los quesos (grasas, proteínas). El pico observable en 1750 cm^{-1} : refuerza la

presencia de grupos carbonilo (C=O) — en ácido láctico por el grupo carboxilo; en lactato de calcio por estiramientos residuales de C=O y bandas carboxilato; y en el queso, probablemente por proteínas (iones amida) o grasas (ésteres) (Mohring *et al.*, 2006).

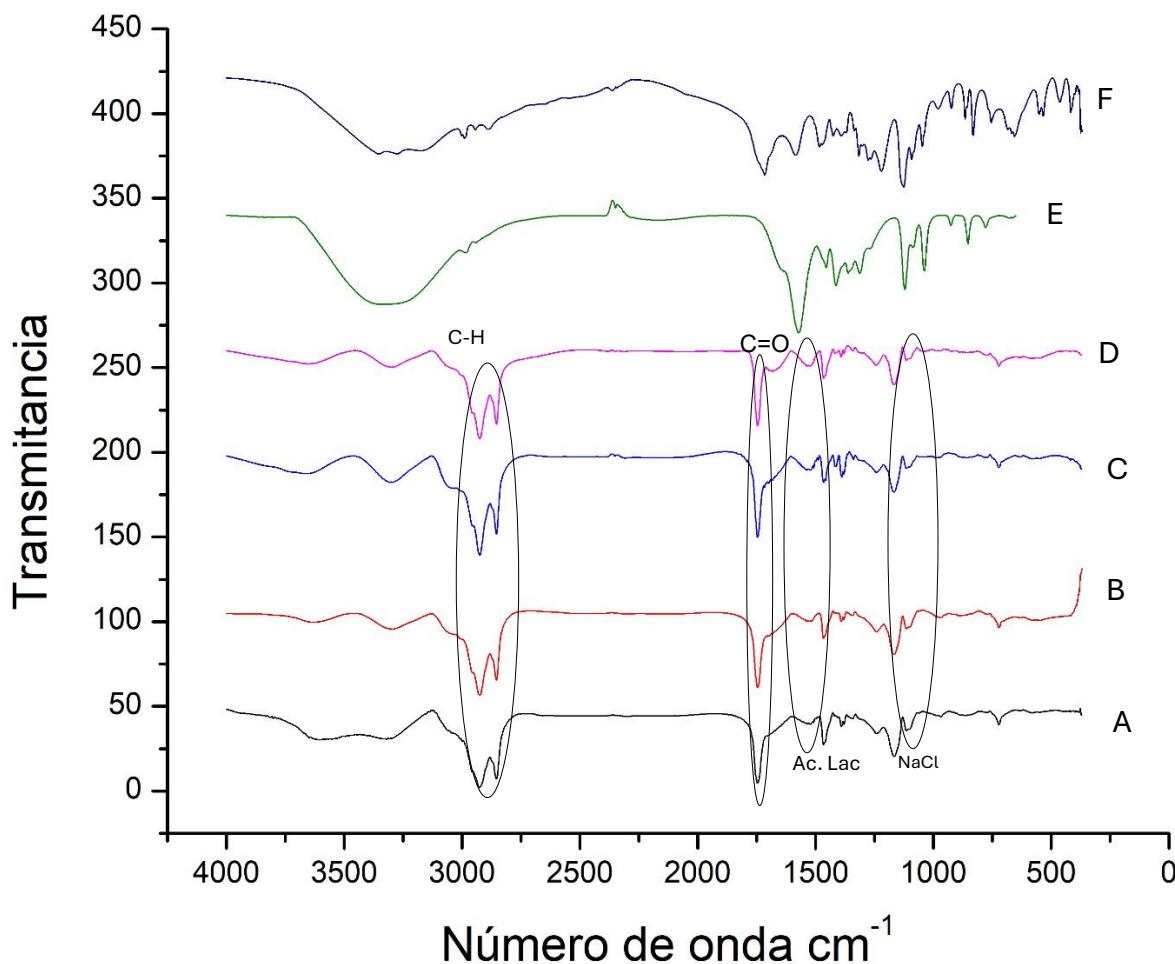


Figura 1: Espectro de FTIR en la región del Infrarrojo Medio (4000-400 cm⁻¹) en unidades de transmitancia. “A” muestra control de queso panela con el 1% de NaCl, “B” tratamiento con 20% reducción de NaCl, 0.33% de ácido láctico y 0.033% de lactato de calcio. “C” tratamiento con 40% reducción de NaCl, 0.66% de ácido láctico y 0.066% de lactato de calcio, “D” tratamiento con 60% reducción de NaCl 1% de ácido láctico y 0.1% lactato de calcio, “E” ácido láctico (PuraQ Arome NA4) y “F” lactato de calcio (Purac Powder 60).

VIII CONCLUSIÓN

Los resultados obtenidos en esta investigación permiten concluir que la reducción del contenido de NaCl en queso panela, en combinación con la adición de los aditivos: ácido láctico (PuraQ Arome NA4) y lactato de calcio (Purac Powder 60) es viable tanto desde el punto de vista fisicoquímico, como sensorial y estructural, sin comprometer la calidad ni estabilidad del producto.

La reformulación del queso incide directamente en su composición fisicoquímica, reflejándose directamente en el contenido de grasa, sólidos totales, lactosa y proteína. Así mismo, la reducción de NaCl no afecta la actividad de agua (Aw), lo cual resulta favorable para la estabilidad microbiológica del producto. Para el TPA, los tratamientos con mayor cantidad de aditivos y menor concentración de NaCl generan quesos más suaves, sin comprometer de manera drástica su cohesividad ni resistencia. Se logra una disminución significativa en el contenido de NaCl y en la conductividad del suero lácteo, sin modificar de forma relevante el pH. Desde el análisis sensorial, las muestras con reducción de NaCl son bien aceptadas, sobresaliendo la preferencia por la formulación con 20 % menos NaCl y adición de aditivos. Finalmente, el análisis espectroscópico por FTIR permite confirmar la reducción de NaCl y la presencia de ácido láctico en la matriz del queso.

En conjunto, estos resultados respaldan la formulación de quesos panela con reducción de NaCl en conjunto a la adición de aditivos funcionales, aportando a ser una alternativa prometedora para el desarrollo de alimentos más saludables y alineados con las necesidades actuales de salud pública y demanda del consumidor.

IX. Anexos

Formato 1: Formato de prueba sensorial de nivel de agrado.



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
INSTITUTO DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

PROGRAMA EDUCATIVO DE INGENIERÍA AGROINDUSTRIAL Y
ALIMENTOS



Proyecto de Prácticas Profesionales Prueba sensorial: "Nivel de agrado" para queso panela.

Nombre: _____ Edad: _____ Sexo: F M Fecha: _____

Carrera: _____ Lugar de procedencia: _____

Introducción: El queso panela es un queso fresco, suave y blanco de leche pasteurizada de vaca, no requiere maduración y es de alto valor nutricional si se incluye en la dieta mexicana promedio.

Instrucciones: En la mesa se encuentran diferentes muestras con codificaciones, tome las muestras una por una y deguste lentamente, escriba el código de muestra según corresponda y marque qué tanto le gustó la muestra seleccionada.

Código de muestra: _____

Favor de indicar qué tanto le gustó la muestra:

ME GUSTÓ MUCHO	ME GUSTÓ MEDIANAMENTE	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA	ME DISGUSTA MEDIANAMENTE	ME DISGUSTA MUCHO
----------------	-----------------------	----------------------------	--------------------------	-------------------

¿Por qué?: _____

Código de muestra: _____

Favor de indicar qué tanto le gustó la muestra:

ME GUSTÓ MUCHO	ME GUSTÓ MEDIANAMENTE	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA	ME DISGUSTA MEDIANAMENTE	ME DISGUSTA MUCHO
----------------	-----------------------	----------------------------	--------------------------	-------------------

¿Por qué?: _____

Código de muestra: _____

Favor de indicar qué tanto le gustó la muestra:

ME GUSTÓ MUCHO	ME GUSTÓ MEDIANAMENTE	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA	ME DISGUSTA MEDIANAMENTE	ME DISGUSTA MUCHO
----------------	-----------------------	----------------------------	--------------------------	-------------------

¿Por qué?: _____

Código de muestra: _____

Favor de indicar qué tanto le gustó la muestra:

ME GUSTÓ MUCHO	ME GUSTÓ MEDIANAMENTE	NI ME GUSTA NI ME DISGUSTA	ME DISGUSTA MEDIANAMENTE	ME DISGUSTA MUCHO
----------------	-----------------------	----------------------------	--------------------------	-------------------

¿Por qué?: _____

¡GRACIAS POR SU PARTICIPACIÓN!

Formato 2: Formato de declaración de consentimiento informado.

Declaración de consentimiento informado

Fecha: _____

Yo:

Manifiesto que he leído y entendido la hoja de información que se me ha entregado, que he hecho las preguntas que me surgieron sobre el proyecto y que he recibido información suficiente sobre el mismo. Así como mis datos personales que se necesiten proporcionar se usarán de manera adecuada y estarán protegidos para evitar el mal uso de ellos. Comprendo que mi participación es totalmente voluntaria y altruista, por lo que retiro toda aquella responsabilidad a los dirigentes de esta prueba sensorial.

_____ FIRMA _____

Juez evaluador

X REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Aditivos alimentarios. (2016). E270 - Ácido Láctico. Aditivos Alimentarios. <https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E270.html>
2. Aditivos alimentarios. (2016). E327 - lactato cálcico. Aditivos Alimentarios. <https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E327.html>
3. Álvarez, M. V. (2017). Evaluación del contenido de Sodio y Cloruros en quesos de la Cuenca lechera Mar y Sierras [Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Veterinarias (UNCPBA)]. <https://ridaa.unicen.edu.ar:8443/server/api/core/bitstreams/58854542-da22-4a07-8cc8-4d69038cbb04/content>
4. Armesto, D. F. T., Bermudez, B. Y., Barrios, J. V. C., Fernández, L. M., Betancour, R. F. L., Plata, M. y. F., Ismael, B. M. E., & Correa, D. A. (2017). Pasteurizador de leche para la elaboración de suero costeño. *Entre Ciencia E Ingeniería*, 11(22), 36-41. <https://doi.org/10.31908/19098367.3275>
5. Badui, D. S. (2006). Química de los alimentos. Pearson Publications Company. ISBN: 970-26-0670-5
6. Busch, J. L. H. C., Yong, F. Y. S., & Goh, S. M. (2013). Sodium reduction: Optimizing product composition and structure towards increasing saltiness perception. *Trends in Food Science & Technology*, 29(1), 21-34. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2012.08.005>
7. Campos, I., Vargas, J., Barquera, S., & Instituto Nacional de Salud Pública. (2022). Consumo de sal/sodio en México y experiencias en Latinoamérica.
8. CANILEC. (2011). El libro Blanco de la Leche y los productos Lácteos (1.a ed., Vol. 1). Litho Offset Imprenta. https://www.uv.mx/personal/pcervantes/files/2012/05/libro_blanco_de_la_leche.pdf
9. Cárdenas, M., N. V., Cevallos, H., C. E., Salazar, Y., J. C., Romero, M., E. R., Gallegos, M., P. L., & Cáceres, M., M. E. (2018). Uso de pruebas afectivas, discriminatorias y descriptivas de evaluación sensorial en el campo gastronómico. *Dominio de las Ciencias*, 4(3), 253. <https://doi.org/10.23857/dc.v4i3.807>
10. Cardona, S. F. (2019). Actividad del agua en alimentos: concepto, medida y aplicaciones. En Departamento de Tecnología de Alimentos. Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/handle/10251/121948>
11. Castejón, M. L. L., Bengoechea, C., Collado, S. L., & García, J. M. A. (2020). Propiedades reológicas y microestructurales de geles prebióticos de inulina. *Afinidad*, 77(591), 175-181. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7762529>
12. Cimiano, P. C. (1991). Guía para el análisis químico de la leche y los derivados lácteos (1.a ed.). EDICIONES AYALA. I.S.B.N.:84-87269-06-0.
13. Clapa, D. (2024, 15 noviembre). Propiedades y aplicaciones del ácido láctico en alimentación y medicina | Foodcom S.A. Foodcom S.A. <https://foodcom.pl/es/acido-lactico-propiedades-y-aplicaciones-en-alimentacion-y-medicina/>

14. Collinsworth, L. 2013. Consumer Evaluation of low sodium Mozzarella Cheese and Development of a Novel Method for Evaluating Emotions. Final work of master. California Polytechnic State University, EUA
15. Cortés, J. C., Reval, M. I. D., Kardasch, V. H. C., Cárdenas, A. M., Escalante, V. M. H., & Cruz, S. A. M. (2014). Análisis del efecto de la sal en el desarrollo de obesidad. Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas, 33(2), 119-128. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0864-03002014000200003
16. Cruz, P., & Álvarez, R. (2022, 28 abril). La isomería. Mismos átomos, ¿Distintas moléculas? - ANQUE. ANQUE. [https://anque.es/2022/04/01/la-isomeria-mismos-atomas-distintas-moleculas/#:~:text= Cuando%20el%20plano%20de%20luz,de%20una%20mol%C3%A9cula%20lev%C3%B3gira%20\(%2D\)。](https://anque.es/2022/04/01/la-isomeria-mismos-atomas-distintas-moleculas/#:~:text= Cuando%20el%20plano%20de%20luz,de%20una%20mol%C3%A9cula%20lev%C3%B3gira%20(%2D)。)
17. Elsamani, M. O. (2023). Kinetics of free amino acid profile in various levels of NaCl concentration of cheese protein whey. Journal of Chemical Health Risks, 13(6), 2023–2030. <https://www.jchr.org/>
18. Farré, R. (2015). La leche y los productos lácteos: fuentes dietéticas de calcio. Nutrición Hospitalaria, 31(2). <https://www.redalyc.org/pdf/3092/309238518001.pdf>
19. FDA. (2024). El sodio en su dieta. U.S. Food And Drug Administration. <https://www.fda.gov/food/nutrition-education-resources-materials/el-sodio-en-su-dieta>
20. Fellendorf, S., O'Sullivan, M. G., & Kerry, J. P. (2015). Impact of ingredient replacers on the physicochemical properties and sensory quality of reduced salt and fat black puddings. Meat Science, 113, 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.11.006>
21. Fellendorf, S., O'Sullivan, M. G., & Kerry, J. P. (2016). Effect of using ingredient replacers on the physicochemical properties and sensory quality of low-salt and low-fat white puddings. European Food Research And Technology, 242(12), 2105-2118. <https://doi.org/10.1007/s00217-016-2707-z>
22. Fox, P. F., & McSweeney, P. L. H. (1996). Proteolysis in cheese during ripening. Food Reviews International, 12(4), 457–509. <https://doi.org/10.1080/87559129609541154>
23. Galván, M. P. (2005). PROCESO BÁSICO DE LA LECHE Y EL QUESO. Revista Digital Universitaria. <https://plataformaiestphuando.com/wp-content/uploads/2023/02/proceso-basico-de-la-leche-y-el-queso.pdf>
24. Garcia, C., Paternina, G. S. A., & Villadiego, A. M. D. (2010). Producción de ácido láctico por vía biotecnológica. Temas Agrarios, 15(2), 9-26. <https://doi.org/10.21897/rta.v15i2.676>
25. Gill, T. R., Allasia, H. R., Hough, G. E., Lanteri, M. N., & Lespinard, A. R. (2023). Influence of partial substitution of NaCl with KCl on the sensory characteristics of Port Salut cheese. AgroScience Research, 1(1), 21-25. <https://doi.org/10.17268/agrosci.2023.003>
26. Gomez, A. C. A., Guerrero, R. W. J., Castro, R. J., González, R. C. A., & Santos, L. E. M. (2010). CARACTERIZACIÓN FISICOQUÍMICA DEL LACTOSUERO EN EL VALLE DE TULANCINGO. XII CONGRESO NACIONAL DE CIENCIA y

TECNOLOGIA DE ALIMENTOS.

<https://repository.uaeh.edu.mx/bitstream/bitstream/123456789/11496/1/3.pdf>

27. González, I. J., y Medina, G. A. L. (2005). Determinacion de cloruros en leche pasteurizada consumida en el estado Merida-Venezuela y su incidencia en el Punto Crioscópico. Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel, 36(2), 2-17. <https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/lil-465036>
28. Gore, E., Mardon, J., Cécile, B., & Lebecque, A. (2018). Calcium lactate as an attractive compound to partly replace salt in blue-veined cheese. Journal Of Dairy Science, 102(1), 1-13. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15008>
29. Guinee, T. P. (2004). Salting and the role of salt in cheese. International Journal Of Dairy Technology, 57(2-3), 99-109. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00145.x>
30. Guinee, T., & O'Kennedy, B. (2007). Reducing salt in cheese and dairy spreads. En Elsevier eBooks (pp. 316-357). <https://doi.org/10.1533/9781845693046.3.332>
31. Heaney, R. P. (2006). Role of Dietary Sodium in Osteoporosis. Journal Of The American College Of Nutrition, 25(sup3), 271S-276S. <https://doi.org/10.1080/07315724.2006.10719577>
32. Hernández R. R. U., y López C. L. (2014). Dieta y cáncer gástrico en México y en el mundo. Salud Pública de México, 56(5), 555. <https://doi.org/10.21149/spm.v56i5.7380>
33. Hofvendahl, K., y Hahn-Hägerdal, B. (2000). Factors affecting the fermentative lactic acid production from renewable resources1. Enzyme And Microbial Technology, 26(2-4), 87-107. [https://doi.org/10.1016/s0141-0229\(99\)00155-6](https://doi.org/10.1016/s0141-0229(99)00155-6)
34. Institute of Medicine. (2005). Dietary Reference Intakes for Water, Potassium, Sodium, Chloride, and Sulfate. The National Academies Press. <https://www.posnutricao.ufv.br/wp-content/uploads/2019/08/DRI-Intakes-for-Water-Potassium-Sodium-Chloride-and-Sulfate.pdf>
35. Jumaeri, N., Mahatmanti, F. W., Rahayu, E. F., Qoyyima, D., & Ningrum, A. N. K. (2021). Recovery of high purity sodium chloride from seawater bittern by precipitation-evaporation method. Journal Of Physics Conference Series, 1918(3), 032023. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1918/3/032023>
36. Kankanamge, K., y Nishanthi, M. (2018). Physico-chemical and functional properties of whey proteins as affected by the source of whey. <https://vuir.vu.edu.au/36839/>
37. López, Á. L., Pedregosa, A., Aguilar, J. C., Ureña, L. P., & Ruiz, F. A. (2023). Análisis sensorial de quesos. Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera, Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural, Junta de Andalucía.
38. Merchán, N., T, S. Z., Niño, L., y Urbano, E. (2019). Determinación de la inocuidad microbiológica de quesos artesanales según las normas técnicas colombianas. Revista Chilena de Nutrición, 46(3), 288-294. <https://doi.org/10.4067/s0717-75182019000300288>

39. McSweeney, P. L. H., & Sousa, M. J. (2000). Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Lait*, 80, 293–324. <https://doi.org/10.1051/lait:2000127>
40. Melgar, L. M. G. (2009). Desarrollo de un método quimiométrico acoplado FTIR-HATR para la determinación de las principales propiedades químicas del queso panela. [Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional]. <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/6013/Melgar%20Lalanne%2C%20Mar%C3%A3Da%20Guimaraes%20ENCB%20Tesis.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
41. Miranda, M. M. M., Robles, C. I. G., López, M. R., Macuil, R. J. D., Díaz, C. A. G., Monroy, V. S., Ishiwara, D. G. P., & Zapien, G. J. V. (2017). Principal Components by FTIR Spectroscopy as Innovative Characterization Technique during Differentiation of Pluripotent Stem Cells to Pancreatic Cells. *Revista Mexicana de Ingeniería Biomédica*, 38(1), 225-234. <https://doi.org/10.17488/rmib.38.1.17>
42. Mohrig, J. R.; Hammond, C. N.; Schatz, P. F. “Infrared Spectroscopy” in Techniques in Organic Chemistry. Freeman: New York, 2006. <http://orga.blog.unq.edu.ar/wp-content/uploads/sites/72/2016/08/Techniky-organickej-chemie.pdf>
43. National Center for Biotechnology Information. (2025). PubChem Compound Summary for CID 312, Chloride Ion. from <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/312>.
44. National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. (2017). Alimentación, dieta y nutrición para las piedras en los riñones. <https://www.niddk.nih.gov/health-information/informacion-de-la-salud/enfermedades-urologicas/piedras-rinones/alimentos-dietas-nutricion#:~:text=La%20probabilidad%20de%20que%20se,y%20carnes%20tamb%C3%A9n%20lo%20tienen.>
45. NOM-155-SCFI-2012, Leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado – Denominaciones, especificaciones fisicoquímicas, información comercial y métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5281239&fecha=03/05/2013
46. NOM-243-SSA1-2010, Productos y servicios. Leche, fórmula láctea, producto lácteo combinado y derivados lácteos. Disposiciones y especificaciones sanitarias. Métodos de prueba.
47. Olmos, J., & Díaz, A. (2014). Análisis sensorial. Gastronomía. UPAEP. https://investigacion.upaep.mx/micrositios/assets/analisis-sensorial_final.pdf
48. Onwulata, I. C., & Huth, J. P. (2007). Whey Processing, Functionality and Health Benefits (1.a ed.). John Wiley & Sons. [https://books.tarabaweya.org/static/documents/uploads/pdf/Whey%20Processing%20Functionality%20and%20Health%20Benefits%20\(Institute%20of%20Food%20Technologists%20Series\)%20by%20Charles%20Onwulata%2C%20Peter%20Huth%20\(z-lib.org\).pdf](https://books.tarabaweya.org/static/documents/uploads/pdf/Whey%20Processing%20Functionality%20and%20Health%20Benefits%20(Institute%20of%20Food%20Technologists%20Series)%20by%20Charles%20Onwulata%2C%20Peter%20Huth%20(z-lib.org).pdf)
49. Organización Mundial de la Salud: WHO. (2023, 14 septiembre). Reducción de la ingesta de sodio. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction>

- reduction#:~:text=Para%20los%20adultos%2C%20la%20OMS,las%20necesidades%20energ%C3%A9ticas%20de%20aquellos.
50. Organización Panamericana de las Salud. (2025, 12 febrero). Reducción de la sal. OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud. <https://www.paho.org/es/temas/reducción-sal#:~:text=Seg%C3%BAn%20las%20estimaciones%20de%20la,5g%20de%20sal%20al%20d%C3%ADa>
51. Peralta, J. D., & Rivas, J. B. (2013). Prácticas vinculadas al consumo de sal en pacientes con enfermedad renal. Nutrición Clínica, 26(2), 69-72.
52. Pieta, F., Pieta, A., Marques, C., De Cássia Da Fonseca Burgardt, V., Prado, N. V. D., Machado-Lunkes, A., & Lucchetta, L. (2021). Sodium reduction in crackers: optimization of process to keep sensory quality without technological impacts. Scientia Agricola, 79(3). <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2020-0324>
53. Pires, M. A., Munekata, P. E. S., Baldin, J. C., Rocha, Y. J. P., Carvalho, L. T., Santos, I. R. D., Barros, J. C., & Trindade, M. A. (2017). The effect of sodium reduction on the microstructure, texture and sensory acceptance of Bologna sausage. Food Structure, 14, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.fostr.2017.05.002>
54. PROFECO [Procuraduría Federal del Consumidor]. (2021). Daños de la salud por exceso de sodio. gob.mx. https://www.gob.mx/profeco/es/articulos/danos-de-la-salud-por-exceso-de-sodio-279458?idiom=es&utm_source=chatgpt.com
55. Ramírez, L. C., & Vélez, R. J. F. (2012). Quesos frescos: propiedades, métodos de determinación y factores que afectan su calidad. Temas Selectos de Ingeniería de Alimentos, 6, 131-148. https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/56069474/TSIA-62Ramirez-Lopez-et-al-2012-libre.pdf?1521128395=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DQuesos_frescos_propiedades_métodos_de_de.pdf&Expires=1736919107&Signature=acK3-OR4cciX8q30Z1mxOCvluZPms1JTvQbwYwSC5N8QfH3jOftCKS-KROWBFDGXuUXWu6fiOm0w3PQmePI9Y5mdPKHKVtnOP568dZnIBktGin~ebyhX8Clz2zvPTdUIAoNUyXNz3YjjuGPV03NcVms6kSOpKcW91u4Rprh~MEtXmYHCivueSksZ-7XaHOscmc96p323RteyzY8kKdjsS~XYDR7LhohXqAXisM57ekz5lZrfydiHuvXJJtCvUnwhEqU~4ZVzxFBSOp~VPIZRAR2oOBTjvXFRA35on3P1eqNV82Fevy68bvYPkjS3~8-UIUQRwAfHlrbqeCTc59GYjQ_&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA
56. Ramírez N. J. S., Aguirre L. J., Aristizabal F, V. A., & Castro N. S. (2017). La sal en el queso: diversas interacciones. Agronomía Mesoamericana, 28(1), 303. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21909>
57. Rendón, R. M. C., & Brunett, P. L. (2022). Características y preferencias del consumo de quesos en hogares del Valle de Toluca, Estado de México. Estudios Sociales Revista de Alimentación Contemporánea y Desarrollo Regional. <https://doi.org/10.24836/es.v32i59.1219>
58. Rojas, N. A. S., Sorroza, B. E. J., De las Mercedes Grijalva Endara, A., & De Lourdes Naranjo Álvarez, J. (2019). El Cloruro de Sodio (NaCl) y los efectos en la

- Alimentación. RECIMUNDO, 3(1), 913-937.
[https://doi.org/10.26820/recimundo/3.\(1\).enero.2019.913-937](https://doi.org/10.26820/recimundo/3.(1).enero.2019.913-937)
59. Romero, A. A. (2019). ADICIÓN DE NISINA A QUESO FRESCO ARTESANAL PARA DISMINUIR LA CARGA MICROBIANA [Especialista en Tecnología e Inocuidad de Alimentos]. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla.
60. Santos, L. N., Monterroso, C. N., Moriel, C. E. C., Zamorano, M. D. L., Olmo, R. S., & Montero, R. C. (2016). Relación entre la ingesta de sal y la presión arterial en pacientes hipertensos. Enfermería Nefrológica, 19(1), 20-28.
<https://doi.org/10.4321/s2254-28842016000100003>
61. Segnfredo, D., Rodrigues, S., Kalschne, D. L., Sarmento, C. M. P., & Canan, C. (2016). Partial substitution of sodium chloride in Toscana sausages and the effect on product characteristics. Semina Ciências Agrárias, 37(3), 1285.
<https://doi.org/10.5433/1679-0359.2016v37n3p1285>
62. Serna, C. L., & Rodríguez, R. A. (2005). PRODUCCIÓN BIOTECNOLÓGICA DE ACIDO LÁCTICO: ESTADO DEL ARTE BIOTECHNOLOGICAL PRODUCTION OF LACTIC ACID: STATE OF THE ART PRODUCCIÓN BIOTECNOLÓXICA DE ÁCIDO LÁCTICO: ESTADO DO ARTE. Ciencia y Tecnología Alimentaria, 5(1), 54-65. <https://doi.org/10.1080/11358120509487672>
63. Secretaría de Salud. (2022). 133. Consumo excesivo de sal causa de 5% de fallecimientos por enfermedad cardiovascular: INSP. gob.mx.
<https://www.gob.mx/salud/prensa/133-consumo-excesivo-de-sal-causa-de-5-de-fallecimientos-por-enfermedad-cardiovascular-insp#:~:text=Consumo%20excesivo%20de%20sal%20causa,Salud%20%7C%20Gobierno%20%7C%20gob.mx>
64. Sihufe, G. A., Alberto, D. P. V. D., Marino, F., Ramos, E., Nieto, I., Karlen, J., & Zorrilla, S. (2017, 1 agosto). Efecto de la reducción de sal sobre los parámetros fisicoquímicos, reológicos y microestructurales de queso Tybo.
<http://hdl.handle.net/11336/55980>
65. Silva, J. R. G., Pires, A. P. S., Oliveira, D. C., Silva, V. R. O., Junior, A. A. B., & Franco, F. S. L. C. (2020). Análisis tecnológico y sensorial de hamburguesa de ternera reemplazando NaCl por KCl y potenciador de sabor. Acta Scientiarum. Tecnología, 42. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v42i1.45632>
66. Totosaus, A., Rojas-Nery, E., Güemes-Vera, N., & Meza-Marquez, O. G. (2015). Carrageenan type effect on soybean oil/soy protein isolate emulsion employed as fat replacer in panela-type cheese. Grasas y Aceites, 66(4), e097.
<https://doi.org/10.3989/gya.0240151>
67. Universidad Tecnológica Nacional. (2023). Análisis sensorial de quesos. UTN.
https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/quimica/5_anio/ca/descripcion_sensorial_de quesos.pdf
68. Valenzuela, R. (2020). Lácteos: Nutrición y Salud (1.a ed.).
https://www.sochob.cl/web1/wp-content/uploads/2021/12/Lacteos_Nutricion_Salud_WEB1.pdf
69. Villegas, A., & Cervantes, F. (2011). La genuinidad y tipicidad en la revalorización de los quesos artesanales mexicanos. Universidad Autónoma Chapingo, 19(38).

70. Viteri, C. A., De Illera, M. G., & Pantoja, J. A. M. (2014). Caracterización fisicoquímica del suero dulce obtenido de la producción de queso casero en el municipio de Pasto. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 1, 22. <https://doi.org/10.23850/24220582.110>
71. Wemmenhove, E., Wells-Bennik, M., Stara, A., Van Hooijdonk, A., & Zwietering, M. (2016). How NaCl and water content determine water activity during ripening of Gouda cheese, and the predicted effect on inhibition of *Listeria monocytogenes*. *Journal Of Dairy Science*, 99(7), 5192-5201. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10523>