

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**



TESIS:

**Determinación de la estabilidad del queso fundido (bajo en sodio)
a base de queso ácido, queso fresco y aceituna (*Olea europaea*)**

Para optar el título profesional de:
INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:

Bach. Estefania Yanzénc HUARCAYA LINARES

Bach. Gabriela Teodosea QUICHUA ARONES

ASESOR:

Dr. Alberto Luis HUAMANÍ HUAMANÍ

AYACUCHO - PERÚ

2026

DEDICATORIA

A Dios, luz eterna y fortaleza inquebrantable, por guiar mis pasos y ser mí sostén en cada desafío. A mi querido padre, cuyo amor y sabiduría desde el cielo iluminan cada logro y renacer. A mi madre, hermana y hermano, pilar de fe y serenidad, gracias por su apoyo incansable y ser mi refugio en los momentos que más necesite. A mi prima Mitza, cómplice de sueños y aliento constante, por transformar mis incertidumbres en fuerza. Y a todas las personas que, con un gesto, una palabra o una mano extendida, hicieron este camino más ligero.

Gabriela Teodosea, QUICHUA ARONES.

A Dios, por ser mi guía y fortaleza en cada paso de este desafío. Gracias por darme sabiduría en los momentos de confusión, perseverancia ante el cansancio y fe para creer que este sueño sea posible. A mi familia, especialmente a mis padres y seres queridos, por su apoyo incondicional, sus palabras de aliento y su amor que me impulsaron a no rendirme. Hoy veo en estas páginas no solo mi esfuerzo, sino el amor de quienes me rodean. Esta victoria es nuestra.

Estefania Yanzénc, HUARCAYA LINARES.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por abrirnos las puertas del conocimiento y cimentar las bases de nuestro crecimiento profesional. A la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, y en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, así como a los docentes, por formar profesionales con visión integral y compromiso social, cuyo rigor académico, dedicación y pasión por enseñar no solo transmitieron saberes, sino que encendieron la chispa de la curiosidad científica.

Al Dr. Alberto Luis Huamaní Huamaní, nuestro asesor, por su guía experta y compromiso inquebrantable durante esta investigación. Su profundo conocimiento, paciencia para aclarar dudas y rigor científico fueron esenciales para estructurar este trabajo. Cada corrección precisa, cada consejo oportuno y su enfoque equilibrado entre exigencia académica y apoyo humano no solo elevaron la calidad del estudio, sino que también nos enseñaron a enfrentar desafíos con perseverancia. A nuestros seres queridos, gracias por ser el motor de cada meta alcanzada y por tejer con amor los cimientos de nuestra trayectoria personal y profesional.

RESUMEN

La presente tesis tuvo como objetivo determinar la estabilidad del queso fundido bajo en sodio, elaborado a partir de queso ácido, queso fresco y pasta de aceituna (*Olea europaea*).

La metodología consistió en la formulación de tres tratamientos experimentales con contenidos de grasa de 36 %, 34 % y 32 %, obtenidos mediante programación lineal considerando restricciones de composición químico proximal y viabilidad tecnológica, sin la adición de sales emulsificantes. Los productos fueron evaluados mediante análisis proximal (humedad, grasa, proteína, ceniza y carbohidratos), contenido de sodio, análisis microbiológicos (mesófilos aerobios, coliformes totales, mohos y levaduras) y evaluación sensorial. Asimismo, se determinó el contenido de compuestos bioactivos (fenoles totales, antocianinas y actividad antioxidante mediante DPPH). La estabilidad oxidativa se evaluó mediante el sistema Oxitest, determinándose el período de inducción y parámetros cinéticos de oxidación lipídica.

Los resultados mostraron que el contenido de grasa varió entre 25,0 % y 23,0 %, mientras que el sodio se mantuvo en niveles bajos (1,13–1,33 g/100 g). La incorporación de pasta de aceituna incrementó los compuestos bioactivos, alcanzando 497 mg GAE/g de fenoles totales, 1,24 mg/100 g de antocianinas y 67,40 % de actividad antioxidante. Los análisis microbiológicos cumplieron con la normativa del Ministerio de Salud del Perú, y no se observaron diferencias sensoriales significativas ($p > 0,05$).

En cuanto a la estabilidad oxidativa, las formulaciones con pasta de aceituna presentaron mayores períodos de inducción (hasta 4600 min a 80 °C y 2760 min a 100 °C), evidenciando una mayor resistencia a la oxidación lipídica. Este comportamiento se atribuye a la acción de los compuestos fenólicos presentes en la aceituna, los cuales retardan la formación de radicales libres y la propagación del proceso oxidativo, contribuyendo así a prolongar la vida útil del producto.

En conclusión, la incorporación de pasta de aceituna permitió obtener un queso fundido bajo en sodio con adecuada estabilidad oxidativa, aceptabilidad sensorial y cumplimiento microbiológico, demostrando su viabilidad tecnológica como alternativa para el desarrollo de productos lácteos con características funcionales.

Palabras clave: Queso fundido, bajo en sodio, pasta de aceituna, estabilidad oxidativa, compuestos bioactivos.

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the stability of low-sodium processed cheese made from acid cheese, fresh cheese, and olive paste (*Olea europaea*).

The methodology involved the formulation of three experimental treatments with fat contents of 36%, 34%, and 32%, obtained through linear programming considering proximate composition constraints and technological feasibility, without the addition of emulsifying salts. The products were evaluated through proximate analysis (moisture, fat, protein, ash, and carbohydrates), sodium content determination, microbiological analysis (aerobic mesophiles, total coliforms, molds, and yeasts), and sensory evaluation using a hedonic test. Additionally, bioactive compounds were determined, including total phenolics, anthocyanins, and antioxidant activity using the DPPH method. Oxidative stability was assessed using the Oxitest system, determining the induction period and kinetic parameters of lipid oxidation.

The results showed that fat content ranged from 25.0% to 23.0%, while sodium remained at low levels (1.13–1.33 g/100 g). The incorporation of olive paste increased bioactive compounds, reaching 497 mg GAE/g of total phenolics, 1.24 mg/100 g of anthocyanins, and 67.40% antioxidant activity. Microbiological analyses complied with Peruvian health regulations, and no significant differences were found in sensory evaluation ($p > 0.05$).

Regarding oxidative stability, formulations containing olive paste showed higher induction periods (up to 4600 min at 80 °C and 2760 min at 100 °C), indicating greater resistance to lipid oxidation. This behavior is attributed to the action of phenolic compounds present in olive paste, which delay the formation of free radicals and the propagation of oxidative reactions, thereby extending the product's shelf life.

In conclusion, the incorporation of olive paste allowed the development of a low-sodium processed cheese with adequate oxidative stability, sensory acceptability, and microbiological safety, demonstrating its technological feasibility as an alternative for the development of functional dairy products.

Keywords: Processed cheese; low sodium; olive paste; oxidative stability; bioactive compounds.

ÍNDICE GENERAL

INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
MARCO TEÓRICO	3
1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	3
1.1.1. Antecedentes internacionales.....	3
1.1.2. Antecedentes nacionales.....	5
1.2. QUESO FRESCO.....	6
1.2.1. Composición nutricional de queso fresco.....	7
1.2.2. Estabilidad del queso fresco.....	9
1.3. QUESO ÁCIDO	9
1.3.1. Descripción general del proceso de fabricación del queso ácido	10
1.3.2. Cambios durante la acidificación y gelificación del queso ácido	10
1.3.3. Composición nutricional de diferentes variedades de quesos.....	11
1.4. QUESO FUNDIDO	12
1.4.1. Composición química del queso fundido.....	12
1.4.2. Proceso de elaboración de queso fundido.....	13
1.4.3. Implicaciones de la reducción de sodio en el queso fundido.....	16
2.4. ESTABILIDAD DEL QUESO FUNDIDO	16
2.4.1. Factores que influyen en la estabilidad del queso fundido	16
2.4.2. Composición química proximal	16
2.4.3. Características fisicoquímicas del queso fundido.....	16

2.4.4.	Análisis microbiológicos.....	17
2.4.5.	Prueba de aceptabilidad sensorial	18
2.4.6.	Prueba de sodio del queso fundido.....	18
2.4.7.	Mecanismos de estabilidad oxidativa en quesos fundidos enriquecidos	18
2.4.8.	Parámetros cinéticos críticos y constantes de velocidad que representan la peroxidación lipídica según la temperatura.....	19
2.5.	ACEITUNA	20
2.5.1.	Composición de la aceituna.....	21
2.5.2.	Propiedades funcionales de la aceituna.....	21
2.6.	PROGRAMACIÓN LINEAL EN FORMULACIÓN DE ALIMENTOS.....	21
2.6.1.	Función objetivo	22
2.6.2.	Restricciones.....	23
2.6.3.	Variables.....	23
	CAPÍTULO II.....	24
	MATERIALES Y MÉTODOS	24
2.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN.....	24
2.2.	MATERIALES.....	24
2.2.1.	Materia prima e insumos	24
2.2.2.	Materiales de laboratorio	25
2.2.3.	Equipos e instrumentos de laboratorio.....	26
2.2.4.	Reactivos.....	26
2.3.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	27
2.3.1.	Tipo de investigación	27

2.3.2.	Variable e indicadores	27
2.3.3.	Población.....	28
2.3.4.	Muestra	28
2.3.5.	Muestreo	28
2.4.	DISEÑO METODOLÓGICO	28
2.5.	FORMULACIÓN USANDO PROGRAMACIÓN LINEAL.....	30
2.5.1.	Función Objetivo a Optimizar.....	30
2.5.2.	Variables independientes.....	31
2.5.3.	Composición química de insumos	31
2.5.4.	Componentes del queso fundido a formular	32
2.5.5.	Desarrollamos el modelo matemático para la formulación del queso fundido	32
2.5.6.	Formulario en el Excel.....	35
3.5.7.	Desarrollo en el Solver	35
2.6.	ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO	37
2.7.	ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO ÁCIDO	39
2.8.	ELABORACIÓN DE QUESO FUNDIDO	41
2.9.	MÉTODOS DE ANÁLISIS.....	43
2.9.1.	Análisis de acidez.....	43
2.9.2.	Análisis del queso fundido	43
2.9.3.	Determinación de proteína.....	45
2.9.4.	Determinación de grasa.....	45
2.9.5.	Determinación de humedad.....	45

2.9.6.	Determinación de cenizas	46
2.9.7.	Prueba de sodio del queso fundido.....	46
2.9.8.	Determinación de análisis microbiológicos	47
2.9.9.	Evaluación sensorial (apariencia, color, aroma, sabor, textura y aceptación general).....	48
2.9.10.	Estabilidad oxidativa con OXITECS del queso fundido	48
CAPÍTULO III.....		50
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		50
3.1.	FORMULACIÓN DEL QUESO FUNDIDO CON PROGRAMACIÓN LINEAL	50
3.2.	COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DEL QUESO FUNDIDO.....	52
3.3.	CANTIDAD DE SODIO DEL QUESO FUNDIDO	58
3.4.	COMPUESTOS BIOACTIVOS (FENÓLICOS, ANTIOXIDANTES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE).....	60
3.4.1.	Compuestos fenólicos y antocianinas.....	61
3.5.	CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL QUESO FUNDIDO	64
3.6.	CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL QUESO FUNDIDO.....	65
3.6.1.	Para el atributo de apariencia.....	66
3.6.2.	Para el atributo de color.....	67
3.6.3.	Para el atributo de aroma	69
3.6.4.	Para el atributo de sabor	71
3.6.5.	Para el atributo de textura	72
3.6.6.	Aceptación general.....	74
3.7.	ESTABILIDAD OXIDATIVA	76

3.7.1.	Queso fundido sin pasta de aceituna de acuerdo con el grafico de IP de 100°C, presión 6 Bar	76
3.7.2.	Queso fundido con pasta de aceituna de acuerdo con el grafico de IP de 80°C, presión 6 Bar	78
3.7.3.	Queso fundido con pasta de aceituna de acuerdo con el grafico de IP de 100°C, presión 6 Bar	80
3.7.4.	Parámetros cinéticos de oxidación lipídica	81
	CONCLUSIONES	85
	RECOMENDACIONES	87
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
	ANEXOS.....	100

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Componentes de la leche cruda	7
Tabla 2	Composición aproximada de varios quesos frescos	11
Tabla 3	Resultados del análisis microbiológico del queso fundido tipo untable a partir del queso costeño.	17
Tabla 4	Variables e indicadores	27
Tabla 5	Composición de los insumos para la elaboración del queso fundido (100 g)..	31
Tabla 6	Restricción para la optimización de formulación del queso fundido	32
Tabla 7	Composición químico proximal de las tres formulaciones.....	53
Tabla 8	Cantidad (Na) en diferentes formulaciones del queso fundido.....	59
Tabla 9	Contenido de fenoles en queso fundido con diferente porcentaje de grasa	61
Tabla 10	Actividad antioxidante de las tres formulaciones del queso fundido Método DPPH a diferentes concentraciones de extracto.....	63
Tabla 11	Resultado de análisis microbiológico con diferentes formulaciones del queso fundido	64
Tabla 12	Análisis de varianza para la apariencia del queso fundido.	66
Tabla 13	Comparación de Tukey para la apariencia del queso fundido.....	66
Tabla 14	Análisis de varianza para el color del queso fundido.....	67
Tabla 15	Comparación de Tukey para el color del queso fundido	68
Tabla 16	Análisis de varianza para el aroma del queso fundido	69
Tabla 17	Comparación de Tukey para el aroma del queso fundido	70
Tabla 18	Análisis de varianza para el sabor del queso fundido	71
Tabla 19	Comparación de Tukey para el sabor del queso fundido	71
Tabla 20	Análisis de varianza para la textura del queso fundido	72
Tabla 21	Comparación de Tukey para la textura del queso fundido	73
Tabla 22	Análisis de varianza para la aceptación general del queso fundido	74
Tabla 23	Comparación de Tukey para la aceptación general del queso fundido	74

Tabla 24 Parámetros de oxidación resultantes de las funciones lineales y sigmoideas ajustadas a las curvas cinéticas de consumo de oxígeno obtenidas en el sistema Oxitest durante la oxidación lipídica de las grasas del queso fundido	84
---	----

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estructura de la micela de caseína y sus componentes: κ -caseína (amarillo); α -caseína (azul); β -caseína (rojo); nanoclusters de fosfato de calcio (puntos grises).	8
Figura 2 Interacción de proteínas del queso fresco ácido y el queso fresco durante la elaboración de productos de queso fundido sin sales fundentes.	14
Figura 3 Interacción de proteínas durante la elaboración de queso fundido con sal fundente.	15
Figura 4 Curva cinética de la acumulación de hidroperóxidos lipídicos (O_2) durante la peroxidación y parámetros cinéticos de las funciones lineal y sigmoidea ajustadas a la fase de iniciación y a todo el rango de puntos de datos: periodo de inducción (IP), duración fase de propagación (t_p), (O_2) ₀ concentración de O_2 en $t = 0$, (O_2) _{IP} concentración de O_2 en IP, concentración de O_2 ($O_{2m\acute{a}x}$), constante de velocidad de pseudoorden cero de la fase de iniciación (KIP), constante de velocidad compuesta (pseudoprimer orden) (K_c), constante de velocidad de descomposición (pseudosegundo orden) (K_d), constante de integral (C).....	19
Figura 5 Diseño experimental del queso fundido cualitativo	29
Figura 6 Metodología de formulación de queso fundido empleando programación lineal como herramienta de optimización.....	30
Figura 7 Formulario de componentes y costos de insumos en Excel para la formulación del queso fundido.....	35
Figura 8 Ventana de Solver de mezcla con 36% de grasa de la crema de leche la para desarrollar la formulación del queso fundido	36
Figura 9 Ventana de Solver de mezcla con 36% de grasa de la crema de leche la para desarrollar la formulación del queso fundido	36
Figura 10 Ventana de Solver de mezcla con 36% de grasa de la crema de leche la para la formulación del queso fundido	37
Figura 11 Diagrama de flujo cualitativo en la elaboración del queso fresco	39
Figura 12 Diagrama de flujo cualitativo en la elaboración del queso ácido.	41
Figura 13 Diagrama de flujo cualitativo en la elaboración del queso fundido.	42

Figura 14	Resultado de mezcla con 36% de grasa de crema de leche la para desarrollar la formulación del queso fundido por programación lineal.....	51
Figura 15	Resultado de mezcla con 34% de grasa de crema de leche la para desarrollar la formulación del queso fundido por programación lineal.....	51
Figura 16	Resultado de mezcla con 32% de grasa de crema de leche la para desarrollar la formulación del queso fundido por programación lineal.....	52
Figura 17	<i>Resultado del contenido de grasa (%) con las diferentes formulaciones experimental y simulado.....</i>	<i>54</i>
Figura 18	Resultado del contenido humedad (%) con las diferentes formulaciones experimental y simulado.....	55
Figura 19	Resultados de la cantidad de proteína (%) en diferentes formulaciones de queso fundido.....	56
Figura 20	Resultado de la cantidad de ceniza (%) en diferentes formulaciones del queso fundido.....	57
Figura 21	Resultado de la cantidad de carbohidratos (%) en diferentes formulaciones del queso fundido.....	58
Figura 22	Resultado de cantidad de Na (g/100g de queso fundido) en las diferentes formulaciones del queso fundido.....	60
Figura 23	Comparación para el atributo de apariencia.....	67
Figura 24	Comparación para el atributo de color.....	69
Figura 25	Comparación para el atributo de aroma.....	70
Figura 26	Comparación para el atributo de sabor.....	72
Figura 27	Comparación para el atributo de textura.....	73
Figura 28	Comparación para el atributo de aceptación general.....	75
Figura 29	Periodo de Inducción experimental en función del tiempo durante las pruebas aceleradas a Presión de 6 bar y temperatura de 100°C.....	77
Figura 30	Curvas cinéticas del consumo de oxígeno (%) experimental y simulado en función del tiempo durante las pruebas aceleradas a Presión de 6 bar y temperatura de 100°C para queso fundido sin pasta de aceituna.....	77
Figura 31	Periodo de Inducción experimental en función del tiempo durante las pruebas aceleradas a Presión de 6 bar y temperatura de 80°C.....	79

- Figura 32** Curvas cinéticas del consumo de oxígeno (%) experimental y simulado en función del tiempo durante las pruebas aceleradas a Presión de 6 bar y temperatura de 80°C para queso fundido con pasta de aceituna para (F2).80
- Figura 33** Periodo de Inducción experimental en función del tiempo durante las pruebas aceleradas a Presión de 6 bar y temperatura de 100°C.....81
- Figura 34** Curvas cinéticas del consumo de oxígeno (%) experimental y simulado obtenidas en el sistema Oxitest durante la oxidación lipídica de la grasa del queso fundido con pasta de aceitunas a pruebas aceleradas a Presión de 6 bar y temperatura de 100°C para (F2).....82

INTRODUCCIÓN

La estabilidad alimentaria es la capacidad de un producto alimenticio para mantener sus cualidades originales, como la seguridad, la calidad nutricional, las propiedades sensoriales (sabor, olor, color, textura) y el valor comercial, dentro de límites aceptables a lo largo del tiempo, en determinadas condiciones de temperatura, humedad, luz y envasado.

El término "estabilidad" en alimentos abarca productos lácteos frescos que dependen del equilibrio entre su composición química, Seguridad alimentaria, calidad sensorial, propiedades nutricionales, el tratamiento térmico utilizado y las condiciones de almacenamiento, todo lo cual tiene un impacto directo en la calidad y vida útil del producto (Walstra et al., 2005).

La estabilidad del queso fundido se refiere a su capacidad para mantener sus propiedades fisicoquímicas y organolépticas a lo largo del tiempo, frente a factores de deterioro que pueden afectar su textura, sabor, olor y apariencia (Dias et al., 2016); esto incluye el control del pH y la acidez para evitar alteraciones en el sabor y la textura, la prevención de la oxidación de las grasas para evitar sabores rancios, el control del crecimiento de microorganismos como bacterias y mohos para garantizar la seguridad y la conservación de sus propiedades sensoriales (sabor, olor, color y textura). Además, la capacidad de retención de agua es crucial para mantener su textura cremosa. La evaluación periódica de estas propiedades asegura que el queso fundido se mantenga en condiciones óptimas a lo largo de su vida útil (Gadallah et al., 2024).

Entre las causas que pueden afectar la estabilidad del queso fundido se encuentran las interacciones entre las proteínas y los compuestos bioactivos de la aceituna que podrían causar cambios en la textura y la consistencia del producto (Gadallah et al., 2024).

La falta de conocimiento o control sobre la estabilidad de los alimentos puede tener consecuencias graves que afectan la seguridad, la calidad y la economía de la producción. Las consecuencias la baja estabilidad del queso crema puede reducir su vida útil y provocar la aparición de sabores y olores indeseables, causados por la oxidación de los lípidos y posibles reacciones microbiológicas (Zheng et al., 2024). Esto, a su vez, afecta la aceptabilidad del producto por parte de los consumidores, limita su potencial comercial y puede llevar a pérdidas económicas (Abedini et al., 2023).

De no estudiarse la estabilidad, se tiene el riesgo de no tener el registro sanitario, etiquetado, y la información nutricional al consumidor, es por ello muy importante realizar esta investigación. Por lo tanto, en el siguiente trabajo se pretende estudiar la estabilidad del queso fundido (bajo en sodio) a base de queso ácido, queso fresco, aceituna (*Olea europaea*).

Por lo cual, el presente trabajo tiene como objetivos:

a. Objetivo general

Determinar la estabilidad del queso fundido (bajo en sodio) a base del queso ácido, queso fresco y aceituna.

b. Objetivos específicos

1. Obtener la formulación adecuada del queso fundido elaborado a base de queso fresco, queso ácido y pasta de aceituna, mediante el uso de programación lineal.
2. Determinar la composición químico proximal (proteína, grasa, humedad, cenizas y carbohidratos) del queso fundido con pasta de aceituna.
3. Determinar el contenido de sodio del queso fundido.
4. Determinar el contenido de compuestos bioactivos (polifenoles totales, antocianinas y actividad antioxidante) presentes en el queso fundido con pasta de aceituna.
5. Evaluar las características microbiológicas (coliformes, *Staphylococcus aureus*, mohos y levaduras) del queso fundido con pasta de aceituna.
6. Evaluar las características sensoriales (apariencia, color, aroma, sabor, textura y aceptación general) del queso fundido con pasta de aceituna.
7. Evaluar la estabilidad oxidativa del queso fundido con pasta de aceituna.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.1. Antecedentes internacionales

Zahrah et al. (2023), en la investigación “Complementación de extractos de té antioxidante con queso crema de leche de cabra”. Esta investigación tuvo como objetivo determinar la concentración de extracto de té antioxidante que, al ser agregado en la formulación, produce las mejores características en el queso crema de leche de cabra. La metodología que utilizaron fue el diseño experimental de bloques aleatorios con un solo factor (la concentración de extracto de té), el tratamiento incluyó cinco niveles de concentración de té liang (0; 1,5; 2; 2,5 y 3 %) cada uno con cinco repeticiones. Los resultados con la adición de diversas concentraciones de extracto de té liang mostraron una humedad de 61,06 a 62,09 % y un contenido de grasa de 12,68 a 14,46 %; las características de color instrumental obtenidas incluyeron un valor de luminosidad (L^*) entre 60,83 y 76,43 (con una disminución en el brillo), un valor a^* entre – 6,69 y 6,71 (rojizo) y un valor b^* entre 4,47 y 23,88 (amarillento); la actividad antioxidante, medida como el porcentaje de inhibición de 1,1-difenil-2-picrilhidrazil (DPPH), varió del 36,00 al 79,56 % y aumentó con mayores concentraciones de té liang. Concluyeron que el mejor queso crema de leche de cabra fue con la concentración de té liang del 3 %, presentando una humedad de 62,19 %, un contenido de grasa de 14,46 %, color ($L^* = 60,83$; $a^* = 6,71$; $b^* = 23,88$) y una actividad antioxidante del 79,56 %.

Portaghi et al. (2023), en la investigación “Efecto de la semilla de albahaca y la goma xantana sobre las características fisicoquímicas, texturales y sensoriales del queso crema bajo en grasa”. Este estudio tuvo como objetivo producir queso crema

bajo en grasa utilizando diferentes niveles de semillas de albahaca y goma xantana. La metodología consistió en producir dos tipos de queso crema: uno de control (sin goma de semilla de albahaca ni goma xantana) y otro bajo en grasa que contenía diferentes niveles (0 – 0,5 %) de goma de semilla de albahaca y/o goma xantana; la leche realizaron la pasteurización y se ultrafiltración, y luego se mezclaron con crema de animal; añadieron cultivos iniciadores y renina, y se ajustaron el pH a 4,8 antes de añadir sal; para el análisis de las propiedades fisicoquímicas, utilizaron métodos oficiales de la AOAC; y aplicaron el diseño de superficie de respuesta (MSR) para optimizar las concentraciones de goma de semilla de albahaca y goma xantana, así como el contenido de grasa. Los resultados óptimos mostraron que la adición de 0,5 % de goma xantana y 0,5 % de goma de semilla de albahaca permitió la producción de un queso crema con un contenido óptimo de grasa del 19.04 %, que fue un 20,67 % menor que el queso crema común (24 % de grasa), la reducción de grasa afectó negativamente las propiedades texturales y la puntuación sensorial, aunque la adición de las gomas mejoró estas características. Los investigadores concluyeron que la adición de goma de semilla de albahaca y goma xantana mejoró las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del queso crema bajo en grasa.

Weragama et al. (2021), en el estudio “Propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, organolépticas y actividades antioxidantes de quesos crema fortificados con hojas de curry secas (*Murraya koenigii* L.) en polvo”. El objetivo del estudio fue investigar los efectos de la incorporación de polvo de hojas de curry secas en las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas, antioxidantes y sensoriales de los quesos crema. La metodología consistió en almacenar diferentes niveles de infusiones de curry (T1: 0 %, T2: 0,15 %, T3: 0,2 % y T4: 0,25 %) durante 10 días a 4 °C, las propiedades antioxidantes se evaluaron mediante el contenido fenólico total. Los resultados en el queso crema mostraron que la capacidad antioxidante total aumentó significativamente ($p < 0,05$) con los niveles crecientes de curry, las cualidades fisicoquímicas y microbiológicas no se vieron afectadas significativamente por la adición de curry ($p > 0,05$), las propiedades organolépticas se vieron afectadas con la adición de curry ($p < 0,05$), donde T3 tuvo las puntuaciones más altas en color, aroma, sabor, textura y aceptabilidad general. Los investigadores concluyeron que las hojas de curry secas se incorporaron exitosamente al queso crema fresco, mejorando su actividad antioxidante y retrasando la reducción del pH y la sinéresis durante 10 días de almacenamiento; la calidad microbiana fue superior en comparación con el control, excepto en el recuento aeróbico viable; la inclusión del 0,2 % de curry fue la más aceptada en propiedades organolépticas.

1.1.2. Antecedentes nacionales

Minchán (2023), en la tesis “Elaboración y caracterización físico química y organoléptica del queso crema edulcorado con estevia (*stevia rebaudiana bertonii*) en la localidad de Cajamarca”. El objetivo fue determinar las características fisicoquímica y organoléptica del queso crema edulcorado con estevia. La metodología consistió en evaluar tres tratamientos con tres diferentes niveles de estevia como edulcorante (T1: 0,10 g; T2: 0,15 g; T3: 0,50 g). Los resultados de la composición química mostraron para el tratamiento T1: 45,13% de materia seca (MS), 10,48% de proteína cruda (PC), 29,09% de extracto etéreo (EE), 3,66% de cenizas, 56,41% de extracto libre de nitrógeno (ELN) y 5688,22% de energía bruta (EB); para T2: 46,72% de MS, 10,64% de PC, 28,10% de EE; 3,53% de cenizas; 57,73% de ELN y 5638,44% de EB; y para T3: 48,68% de MS; 10,52% de PC; 26,97% de EE; 3,39% de cenizas; 59,12% del ELN y 5583,13% de EB. El pH fue de 4,3 para T1, 4,5 para T2 y 4,8 para T3; al realizar el análisis estadístico, estos resultados no mostraron diferencias estadísticas, por lo que la estevia en las concentraciones utilizadas no ocasionaron impacto en la composición química ($p>0,05$); los resultados de los indicadores de sensibilidad organoléptica fueron analizados mediante análisis de la varianza para determinar diferencias significativas y para comparar las medias con un nivel de confianza del 95 % se utilizó la prueba de Duncan y no presentaron diferencias significativas ($p>0,05$).

Anaya y Salinas (2020), en la tesis titulada “Aprovechamiento del suero de queso fresco en la elaboración de queso crema untable enriquecido con sólidos proteicos”. El objetivo fue elaborar queso crema a partir del queso fresco enriquecido con sólidos proteicos. La metodología para la elaboración del queso crema untable incluyó un tratamiento control (solo con leche) y 6 tratamientos experimentales; estos emplearon dos combinaciones de sólidos proteicos: una con 60 kg de proteína de suero y 40 kg de caseinato de sodio, y otra con 40 kg de proteína de suero y 60 kg de caseinato de sodio, ambas para un volumen de 780 litros de leche; además, realizaron tres ensayos con distintos porcentajes de sustitución de leche por suero de queso fresco (20, 25 y 30 %); y realizaron la evaluación estadística comparativa en propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales frente al patrón. Los resultados mostraron que los análisis microbiológicos de todas las sustituciones y del tratamiento patrón cumplían con la Norma Sanitaria Microbiológica de Alimentos (RM 591-2008); el tratamiento con un 20 % de sustitución de suero en el queso crema untable, una combinación de 40 kg de proteína de suero y 60 kg de caseinato de sodio alcanzó la aceptabilidad sensorial y cumplió con los parámetros fisicoquímicos, exceptuando el pH, grasa y ceniza.

Bardales (2019), en la tesis titulada “Determinación del periodo de vida útil en queso crema elaborado a partir de leche de cabra por el método de pruebas aceleradas”. El objetivo fue determinar el periodo de vida útil en queso crema elaborado a partir de leche de cabra por el método de pruebas aceleradas. La metodología incluyó tres tratamientos en donde T1 fue pasteurizada a 65°C por 35 minutos, T2 fue pasteurizada a 70°C por 30 minutos y T3 fue pasteurizada a 75°C por 25 minutos y realizaron el análisis sensorial para evaluar el aroma, sabor, color, textura y apariencia general del queso crema y los datos se analizaron mediante ANVA ($p < 0,05$). Los resultados mostraron que los tratamientos no influyeron en los atributos sensoriales ($p > 0,05$); el queso crema seleccionado por los panelistas fue la muestra T2, la cual se almacenó en recipientes plásticos a temperaturas de 10, 20 y 30 °C, monitoreando el conteo microbiano de *Lactobacillus plantarum* como indicador microbiológico; observaron que la cinética de deterioro del producto se ajustó a un modelo lineal en función del tiempo de almacenamiento; las constantes cinéticas se modelaron mediante la ecuación de Arrhenius, con una energía de activación de 13,1868 kJ/molK basado en el deterioro microbiológico, el tiempo de vida útil estimado para el almacenamiento en condiciones de refrigeración (4°C) fue de 11 días.

1.2. QUESO FRESCO

Los quesos frescos se elaboran por coagulación de la leche mediante acidificación, calor y cuajo. Se consumen de inmediato tras su producción, que implica acidificación y gelificación lenta hasta pH 4,6–4,8, seguido de remoción de la cuajada y eliminación del suero. Su estructura final depende de diversos factores de procesamiento (Tzanetaki, 2007). El queso fresco tiene una característica principal que no son sometidos a maduración, obtenido a partir de la coagulación enzimática de la leche con cuajo, se caracteriza por su alto contenido de humedad, manteniendo una gran cantidad de lactosa, presenta una textura suave y cremosa y se debe consumir inmediatamente después de su producción (Zacarchenco et al., 2025). Los quesos frescos son populares por su sabor suave, ligera acidez y beneficios, pero su alta humedad y contenido de lactosa favorecen el crecimiento microbiano, lo que limita su vida útil (Da Silva et al., 2025).

Según NTP 202.195, (2019), el queso se obtiene mediante la coagulación de leche pasteurizada, ya sea entera, descremada o semidescremada, se clasifica como un queso blando, no escaldado, con una textura firme y moldeado, sin la incorporación de cultivos lácteos.

La calidad del queso depende de su composición, en particular del contenido de humedad, la concentración de NaCl, el pH, humedad en sustancias no grasas y el porcentaje de grasa en materia seca. El queso se elabora a nivel global con una amplia variedad de sabores, aromas, texturas y formas, habiéndose documentado más de 2 000 variedades y tipos de quesos (Fox et al., 2017a). No obstante, en nuestro país, la producción de quesos se centra principalmente en variedades frescas y de corta duración.

Tabla 1

Componentes de la leche cruda

Componente	Proporción (%)
Agua	85-87
Lípidos	3,8-5,5
Lactosa	4,8-5
Proteína	2,9-3,5

Nota. Adaptado de Nascimento et al., (2025)

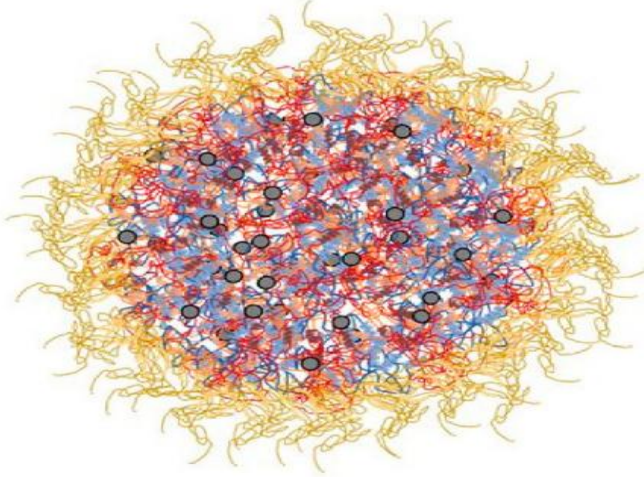
1.2.1. Composición nutricional de queso fresco

a. Proteína

Las proteínas de la leche sufren transformaciones durante la coagulación y separación del suero. En particular, la caseína, que constituye el 80% del total de proteínas en la leche y se organiza en micelas y están compuestas por moléculas de caseína (α 1-, α 2- y β -caseína), agua y minerales, especialmente sales de fosfato de calcio. Dichas sales funcionan como agentes cohesivos, asegurando la estabilidad y estructura de las micelas (Nascimento et al., 2025). En el queso fresco, las proteínas de la leche experimentan transformaciones durante el almacenamiento, como la proteólisis, proceso en el que enzimas residuales o bacterias lácticas degradan parcialmente las proteínas, lo que influye en la textura y el sabor del producto, no obstante, en el queso fresco, estos cambios son limitados debido a su corto periodo de maduración y su elevado contenido de humedad (McSweeney et al., 2004).

Figura 1

Estructura de la micela de caseína y sus componentes: κ -caseína (amarillo); α -caseína (azul); β -caseína (rojo); nanoclusters de fosfato de calcio (puntos grises).



Nota. La figura muestra la compleja organización de la micela de caseína, destacando la interacción de sus principales componentes proteicos y minerales. Adaptado de McSweeney et al., (2004).

b. Lactosa

La lactosa es un disacárido que se encuentra en la leche de prácticamente todas las especies de mamíferos, en una proporción de 2 al 10%. Este carbohidrato juega un importante papel tecnológico en todos los procesos de acidificación de la leche. Ya que presenta el sustrato nutritivo para las bacterias lácticas (Luján et al., 2023).

c. Grasa

Según Wang et al. (2025), las vacas Holsteín, sanhe en china, muestran una composición promedio de grasa láctea del 4,2% que es un indicador crucial para evaluar la calidad de la leche. Están compuestas por triglicéridos aproximadamente el 98%. Contiene grasa láctea entre 3,4% a 6% esta variación se debe al tipo de alimentación, raza del animal, etc. pero también contienen lípidos complejos de gran importancia en la lechería, como fosfolípidos. La grasa de la leche es la más compleja de todas las grasas conocidas; en ella se encuentran dieciséis ácidos grasos en cantidades fácilmente mensurables. La presencia de los fosfolípidos aumenta el riesgo de aparición del sabor a oxidado en los productos lácteos (Fox y McSweeney, 2007).

c. Minerales

Los minerales constituyen apenas una pequeña porción de los nutrientes presentes en la leche (menos del 1% de su composición), estos cumplen múltiples funciones en el organismo, son importantes para la calidad tecnológica de la leche. El calcio y fósforo son vitales para la estabilidad de las micelas de la caseína, dentro del grupo de los rumiantes, existen diferencias clave en la composición de la leche, las especies de alta producción (fluida) que se caracteriza por un alto contenido de minerales solubles en particular potasio (vacas y cabras), mientras las especies de leche concentrada, con un mayor contenido de minerales coloidales (búfala y ovejas) (Amalfitano et al., 2024).

1.2.2. Estabilidad del queso fresco

Durante la preparación del queso, después de que el cuajo pierda su estabilidad debido a la acción hidrolítica, el calcio iónico contribuye a añadir las micelas, uniendo las caseínas en lugares que son susceptibles al calcio. La incorporación cloruro de calcio a la leche es para mejorar la coagulación e incrementar la cantidad de calcio soluble (Amalfitano et al., 2024).

Los quesos frescos suelen tener una vida útil más corta porque la humedad, la lactosa y la falta de corteza favorecen el crecimiento de levaduras y otros microorganismos que los deterioran (Lucey, 2011).

En condiciones de envasado en frío, la vida útil del queso fresco suele ser menor a 1 mes, mientras que puede prolongarse hasta 6 meses cuando se somete a tratamientos térmicos previos al envasado en caliente (Fox et al., 2017b). Los quesos frescos suelen envasarse en poliestireno o polietileno para su distribución refrigerada. Estos envases solo protegen contra recontaminación, pérdida de humedad y polvo, lo que resulta suficiente por su corta vida comercial. La vida útil puede prolongarse con llenado limpio o atmósferas modificadas con bajo O₂ y alto CO₂, que retrasan el crecimiento microbiano (Brody, 2014).

1.3. QUESO ÁCIDO

Los quesos ácidos se elaboran por coagulación de la leche mediante acidificación, con o sin cuajo o calor, utilizando cultivos lácticos, y están listos para el consumo inmediato (Fox et al., 2017). La cuajada ácida alude a aquellas variedades

generadas a través de la coagulación de la leche, a través de la acidificación o una mezcla de ácido y calor, y que están preparados para ser ingeridos tras concluir las etapas de producción (Guinee et al., 1993).

A comparación con los quesos comunes que se combinan con cuajo, el queso agrio posee un sabor muy fuerte y una textura más sólida, debido a su pH bajo (entre 4,5 y 5,0) ayuda a que el producto sea más fuerte y estable, y tenga un sabor único, contiene entre 18% al 25% de proteínas, sobre todo caseínas, que se hacen sólidas al bajar el pH (Guinee, 2011). El contenido de grasa también cambia dependiendo del tipo de leche, oscilando entre un 10% y un 25%. Además, la cantidad de lactosa es baja, ya que se convierte en ácido láctico durante la fermentación (Fox et al., 2017).

1.3.1. Descripción general del proceso de fabricación del queso ácido

La elaboración de quesos ácidos incluye el pretratamiento de la leche (estandarización, pasteurización y en algunos casos homogeneización), inoculación con cultivos lácticos, incubación a 20 – 35 °C, acidificación lenta para formar el gel, separación del suero y, opcionalmente, tratamientos como pasteurización, salado o adición de estabilizantes (Farkye, 2004; Lucey, 2011). La acidificación en quesos ácidos puede ser lenta, de 12–16 h a 21–23 °C (fraguado largo) o rápida, de 4 – 6 h a 30 °C (fraguado corto), y se logra por la conversión de lactosa en ácido láctico mediante cultivos iniciadores o por la adición de ácidos alimentarios (láctico, cítrico) o compuestos acidógenos como la glucono- δ -lactona (Lucey y Singh, 2003). La estructura del gel influye directamente en la textura (untabilidad, firmeza), los atributos sensoriales (suavidad) y la estabilidad fisicoquímica del queso (resistencia al desuerado y a la aparición de textura calcárea o granulada) durante el almacenamiento. Esta estructura depende de factores de procesamiento como el nivel de proteína, el tratamiento de pasteurización, la homogeneización, la temperatura durante la acidificación y el pH al que se rompe el gel para su deshidratación (Lucey, 2011; Lucey y Singh, 2003).

1.3.2. Cambios durante la acidificación y gelificación del queso ácido

Durante la acidificación de los quesos ácidos, la leche inoculada con cultivos lácticos convierte la lactosa en ácido láctico, lo que provoca dos cambios fisicoquímicos complejos como la desagregación y agregación de las micelas de caseína.

La desagregación de las micelas de caseína genera una estructura desordenada por tres razones principales: primero, por la solubilización del fosfato de calcio coloidal,

que es totalmente soluble a un pH de aproximadamente 5,2–5,3 a 20 – 30 °C, y de parte del calcio de caseína, dependiendo del pH final; segundo, por la disociación de caseínas individuales, especialmente la β -caseína, la cual disminuye al reducirse el pH hasta alrededor de 6,2, luego aumenta hasta un máximo entre pH 5,3–5,6 (según la temperatura) y finalmente disminuye al alcanzar el pH isoeléctrico; y tercero, por el aumento de la hidratación de la caseína al reducirse el pH en el rango de 6,7 a 5,3 (Dalgleish y Law, 1988; Hooydonk, 1986).

1.3.3. Composición nutricional de diferentes variedades de quesos

La composición química de diferentes tipos de quesos se muestra en la Tabla 2.

La agregación de las micelas de caseína ocurre por dos razones principales: primero, por la disminución de la carga negativa superficial y de las fuerzas de repulsión entre micelas, causada por la producción de ácido láctico; y segundo, por la reducción de la hidratación de la caseína en el rango de pH 5,3–4,6 (Creamer, 1985).

La combinación de estos procesos opuestos determina la formación del gel, influyendo directamente en la textura, firmeza y estabilidad del queso ácido.

Tabla 2

Composición aproximada de varios quesos frescos

Variedad	Materia seca	Grasa	Proteína	% p/p Lactosa	Sal	Ca (mg/100 g)
Queso crema doble	40	30	8 -10	2 - 3	0,75	80
Queso crema simple	30	14	12	3 - 5	0,75	100
Neufchatel	35	20	10 – 12	2 - 3	0,75	75
Labneh	25	11.6	8.4	4,3	-	-
Quarg (desnatada)	18	0.5	13	3 - 4	-	120
Quarg (entera)	27	12	10	2 - 3	-	100
Requesón (desnatada)	21	2	14	-	-	90
Requesón (entera)	21	5	13	-	-	60
Queso fresco (desnatada)	14	1	8	3,5	-	0,15
Queso blanco	49	15	23	1,.8	3,9	-

Nota. Datos tomados de Variedades de queso fresco de cuajada acida de Fox (1994)

No obstante, es importante considerar que el queso ácido suele tener una vida útil corta a comparación de los quesos maduros, debido a su elevada humedad y acidez. Esto lo hace más susceptible al desarrollo de mohos y levaduras si no se almacena adecuadamente (FDA, 2021).

1.4. QUESO FUNDIDO

El queso fundido se produce mezclando quesos naturales rallados de distintos tipos y grados de maduración con agentes emulsionantes y calentando la mezcla al vacío parcial con agitación constante hasta obtener una masa homogénea; además de los quesos naturales, se pueden incluir en la mezcla otros ingredientes lácteos y no lácteos (Carić y Kaláb, 1999). Según el Codex Alimentarius, el queso fundido para untar se define como productos fabricados triturando, fundiendo y emulsionando una mezcla de ingredientes (incluidos uno o más quesos naturales combinados con ingredientes lácteos y no lácteos), este proceso se lleva a cabo mediante calentamiento y agitación, lo que permite obtener un producto homogéneo, con una textura suave y de fácil untado (CODEX STAN, 1978). Los quesos fundidos para extender en general deben contener 56 a 72 % de humedad, 29 a 44 % de extracto seco y 10 a 60 % de grasa en el extracto seco (NTC, 1997). La combinación de temperatura de fusión y tiempo de mantenimiento más baja se informa como 70 °C durante 30 s (o calentamiento equivalente). Además, desde un punto de vista fisicoquímico, el queso fundido puede definirse como una emulsión estable de aceite en agua (que se estabiliza mediante una fase proteica hidratada) y también se caracteriza como una matriz viscoelástica (El-Bakry y Mehta, 2022). El queso fundido presenta una mayor estabilidad térmica y una vida útil extendida, atribuible a la incorporación de sales emulsionantes, como fosfatos y citratos que mejoran su estructura y conservación (Kapoor y Metzger, 2008).

1.4.1. Composición química del queso fundido

La composición química del queso fundido puede variar según el tipo de queso utilizado, los aditivos añadidos y el proceso de fabricación; como los quesos fundidos bajos en grasa tienen una composición diferente en términos de proteínas y humedad (Shirashoji et al., 2006). Las proteínas son uno de los componentes principales del queso fundido, siendo la caseína la más abundante; durante el proceso de fundido, las proteínas se desnaturalizan e interactúan con los emulsificantes para formar una matriz homogénea (Pastorino et al., 2003). La grasa láctea influye en la textura y el sabor del

queso fundido; la cantidad de grasa varía según el tipo de queso utilizado y el proceso de fabricación (Kapoor y Metzger, 2008). El contenido de humedad del queso fundido oscila entre el 40 a 60 %, dependiendo del tipo de queso y del proceso de fabricación; y un mayor contenido de humedad puede afectar la textura y la vida útil del producto (Fox et al., 2017a). Los minerales, como el calcio y el fósforo, desempeñan un papel crucial en la estabilidad de la estructura del queso fundido; el calcio, en particular, influye en la interacción entre las proteínas y los emulsificantes (Lucey et al., 2003).

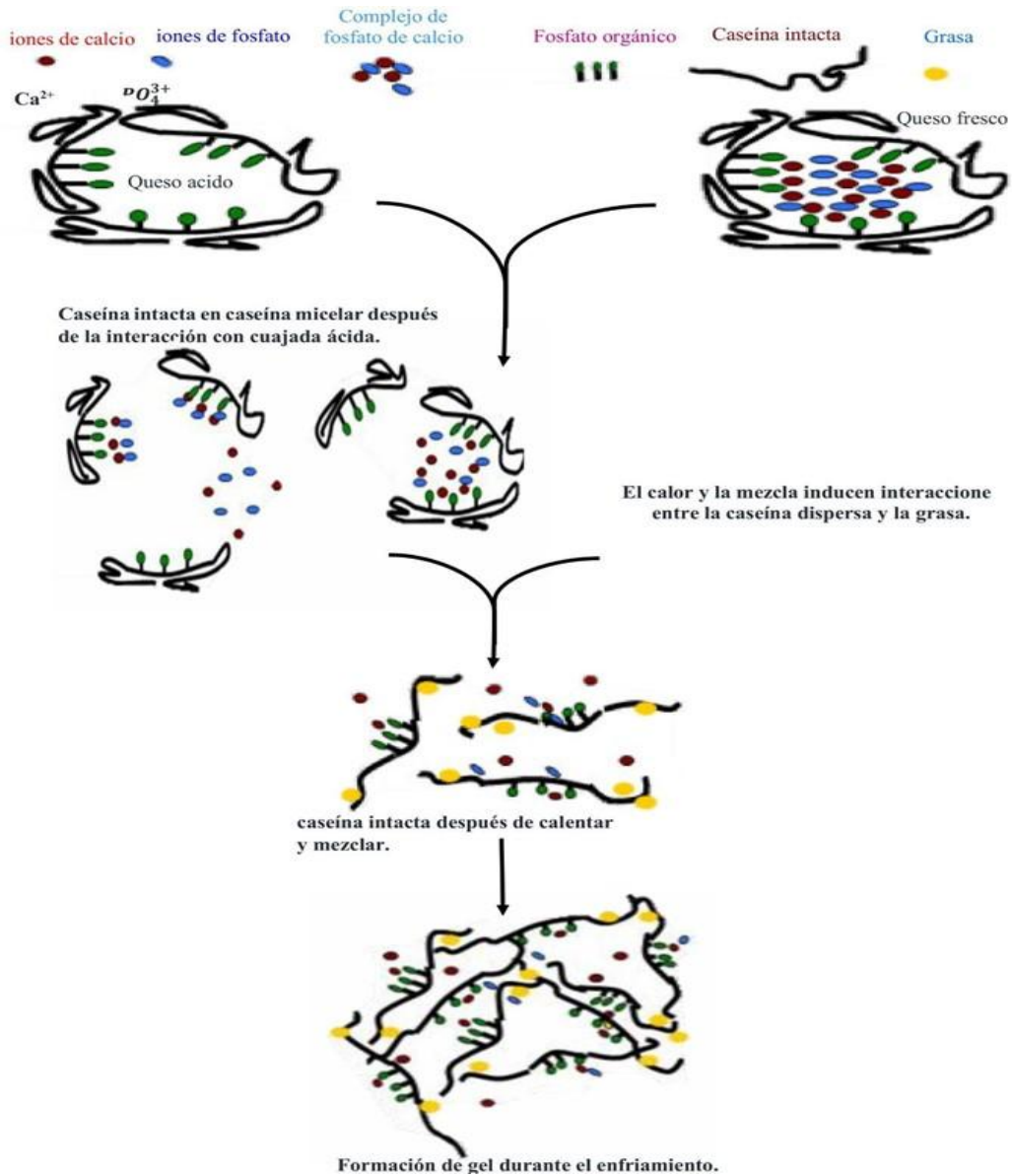
1.4.2. Proceso de elaboración de queso fundido

El queso fundido, su producción inicia con una cuajada bajo en grasa de pH aproximadamente de 4,5; se deja madurar unos días a una temperatura de 23-30°C, formando capa de espesor de 5-10 cm. La capa se agita de manera regular para incorporar oxígeno. Es necesario que la humedad del aire sea elevada para evitar la pérdida de agua. Las levaduras comienzan a crecer y consumen el ácido láctico, lo que eleva el pH a 5,6-6. El resultado obtenido permite una fusión posterior sin la necesidad de añadir sales fundentes, ya que la cuajada ácida posee un contenido reducido de Ca. La cuajada madura contiene entre un 1 y un 2% de sal (Walstra et al., 2005).

En la Figura 2, se muestra La estructura del queso fresco se basa en una red de micelas de caseína unidas por complejos de calcio y fosfato que encapsulan la grasa, aportando textura y untuosidad. La acidificación reduce el pH y desestabiliza estos enlaces, generando una matriz más dinámica. Con el calentamiento y mezcla, proteínas y grasa forman una emulsión estabilizada; al enfriarse, las interacciones se reorganizan en un gel que otorga firmeza, elasticidad y estabilidad al queso (Hammam et al., 2023).

Figura 2

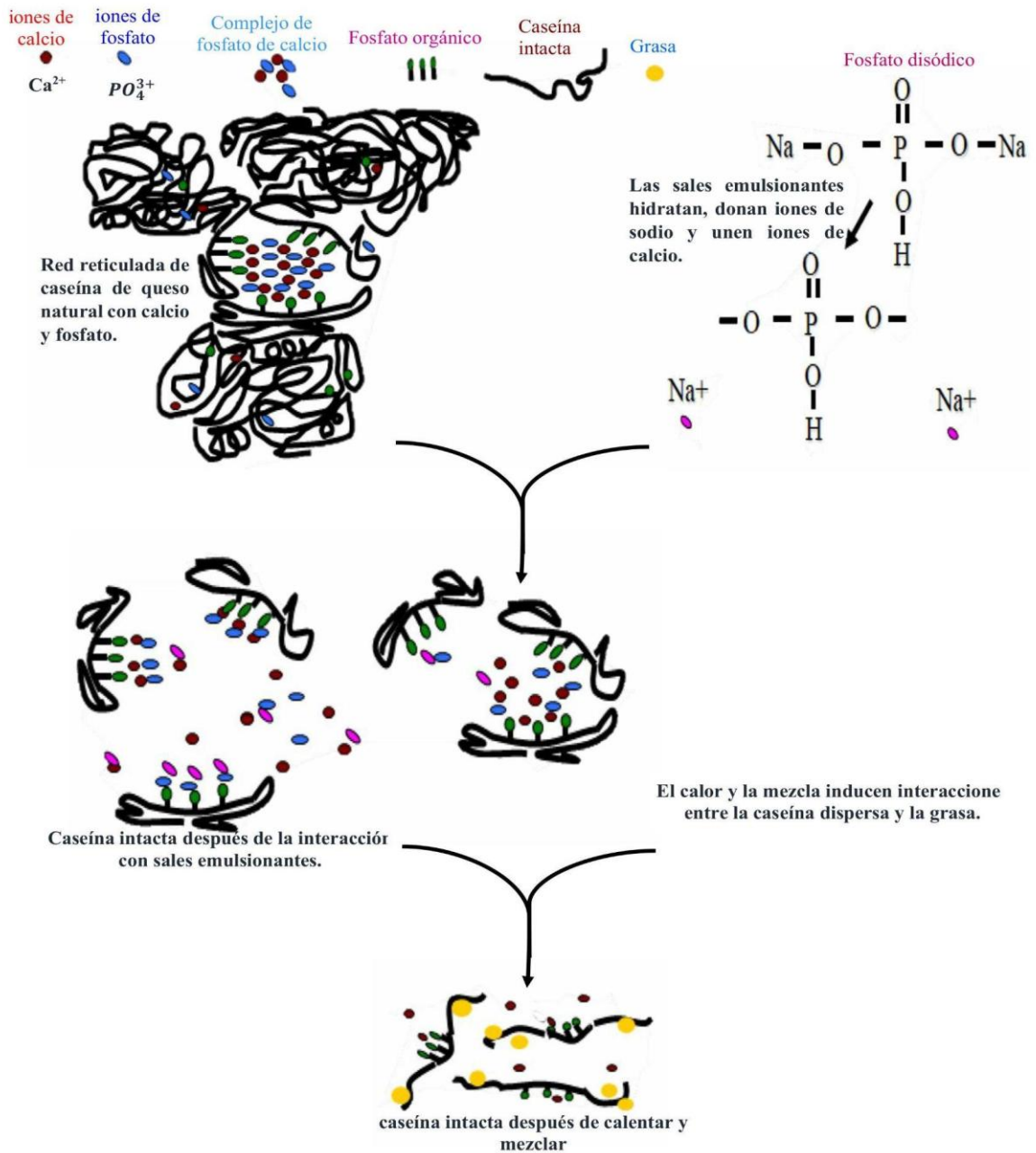
Interacción de proteínas del queso fresco ácido y el queso fresco durante la elaboración de productos de queso fundido sin sales fundentes.



Nota. Interacción de proteínas del queso fresco ácido y el queso fresco adaptado de Hammam et al., (2023)

Figura 3

Interacción de proteínas durante la elaboración de queso fundido con sal fundente.



Nota: Interacción de proteínas durante la elaboración de queso fundido adaptado de (Hamam et al., 2023)

En el queso fresco, las micelas de caseína forman una red rígida estabilizada por calcio y fosfato, que encapsula la grasa y aporta firmeza, pero limita la untabilidad y fusión. La adición de sales emulsionantes, como fosfato disódico, reemplaza el calcio

por sodio, rompiendo estos complejos y dispersando las caseínas. Durante el calentamiento, las proteínas dispersas emulsionan la grasa y, al enfriarse, forman una red flexible que da al queso procesado suavidad, fusión homogénea y estabilidad (Hammam et al., 2023).

1.4.3. Implicaciones de la reducción de sodio en el queso fundido

La reducción o eliminación de sodio (proveniente del NaCl y las sales fundentes) en el queso fundido es una tendencia impulsada por la salud pública (OPS/OMS, 2024; FDA, 2024). Sin embargo, esta modificación no es trivial, ya que el sodio cumple roles tecnológicos cruciales en el producto, cuyo vacío debe ser compensado por otros factores (como el pH y el proceso termo-mecánico).

2.4. ESTABILIDAD DEL QUESO FUNDIDO

2.4.1. Factores que influyen en la estabilidad del queso fundido

La estabilidad del queso fundido es un aspecto crítico en su producción y calidad, ya que determina su textura, apariencia y vida útil. Varios factores influyen en esta estabilidad, incluyendo la composición química, el procesamiento térmico, el pH y los aditivos utilizados (Fox et al., 2017).

2.4.2. Composición química proximal

Las caseínas, especialmente la κ -caseína, juegan un papel crucial en la estabilidad del queso fundido. Durante el calentamiento, las proteínas forman una red que mantiene la estructura del queso. La desnaturalización de las proteínas puede afectar negativamente la estabilidad (Guinee et al., 2004). El contenido y la distribución de la grasa influyen en la textura y la capacidad de fundido. Una emulsión adecuada de la grasa es esencial para evitar la separación de fases (Guinee et al., 2004). El contenido de agua afecta la viscosidad y la estabilidad térmica del queso fundido. Un exceso de humedad puede provocar sinéresis (liberación de agua), mientras que muy poca puede resultar en una textura demasiado firme (Guinee et al., 2004).

2.4.3. Características fisicoquímicas del queso fundido

El pH influye en la carga neta de las proteínas y, por lo tanto, en su capacidad para interactuar y formar una red estable. Un pH óptimo (generalmente entre 5,6 y 6,0)

es crucial para la estabilidad del queso fundido. Un pH demasiado bajo puede provocar la precipitación de proteínas, mientras que un pH demasiado alto puede resultar en una textura blanda y pegajosa (Lucey et al., 2003). El PH bajo y contenido alto de ácido láctico favorecen la seguridad del producto, su vida útil suele ser corta por el desarrollo de levaduras y mohos (Lucey, 2022).

2.4.4. Análisis microbiológicos

Según (Arteaga et al., 2020), Es posible elaborar queso fundido tipo untable utilizando una mezcla de queso costeño fresco (40 %) y queso envejecido (60 %), almacenado durante 15 días a 5 °C. Los valores promedio de los recuentos microbiológicos, presentados en la Tabla 3, no mostraron presencia de coliformes totales y fecales, lo que indica que no hubo contaminación en los quesos. Para quesos fundidos, el valor máximo permitido que identifica un nivel de buena calidad es inferior a 3 NMP/g.

En el conteo de mesófilos aerobios, se observó una tendencia similar a la del conteo de mohos y levaduras. Los tratamientos presentaron valores promedios en el rango de 2,09 a 2,48 Log UFC/g ($p < 0,05$). Estos resultados se encuentran dentro del intervalo reportado por (N. H. Kim et al., 2018), quienes registraron conteos promedios entre 1,15 y 5,14 Log UFC/g en diversos tipos de quesos procesados.

Tabla 3

Resultados del análisis microbiológico del queso fundido tipo untable a partir del queso costeño.

Tratamiento	Coliformes totales y E. coli (NMP/g)	Mohos y levaduras (Log ufc/g)	Mesófilos aeróbicos (Log ufc/g)
T1	<3 ^{a*}	1,11± 0,16 ^c	2,09± 0,04 ^c
T2	<3 ^a	1,34± 0,16 ^b	2,19±0,04 ^b
T3	<3 ^a	1,54 ± 0,16 ^a	2,48±0,04 ^a
T4	<3 ^a	1,54± 0,16 ^a	2,48±0,04 ^a

Nota. Adaptado de (Arteaga et al., 2020).

2.4.5. Prueba de aceptabilidad sensorial

La prueba de aceptabilidad sensorial es un método utilizado en la evaluación de alimentos para medir el grado de satisfacción, preferencia o agrado que los consumidores tienen hacia un producto, basándose en sus características sensoriales. Esta prueba se enfoca en atributos como el sabor, textura, aroma y apariencia, y su objetivo es determinar si el producto es aceptado o rechazado por el público objetivo. La prueba de aceptabilidad sensorial es una herramienta clave en el desarrollo y mejora de productos alimenticios, ya que permite identificar las preferencias y expectativas de los consumidores. Se realiza mediante la participación de un panel de evaluadores (que pueden ser consumidores comunes o expertos entrenados), quienes califican el producto utilizando escalas predefinidas, como la escala hedónica, que mide el grado de agrado o desagrado hacia el producto (Heymann y Lawless, 2013).

2.4.6. Prueba de sodio del queso fundido

Las sales fundentes, como los fosfatos y citratos, son esenciales para la estabilidad del queso fundido. Estas sales ayudan a solubilizar las proteínas, mejorar la emulsión de grasas y mantener una textura suave y homogénea (Mizuno y Lucey, 2005).

El ser humano necesita aproximadamente 2,4 g de sodio al día, equivalente a 6 g de NaCl. En los últimos tiempos la reducción del contenido de sodio en los alimentos, son la disminución de la cantidad de NaCl añadido, la sustitución de parcial por otras sales como KCl, CaCl₂ o MgCl₂ (Ramírez-Navas et al., 2017). El bajo en sodio se ajusta al nuevo contenido de humedad de un queso, la textura del queso reducido en sodio se mantendrá generalmente más suave (Cruz et al., 2011).

2.4.7. Mecanismos de estabilidad oxidativa en quesos fundidos enriquecidos

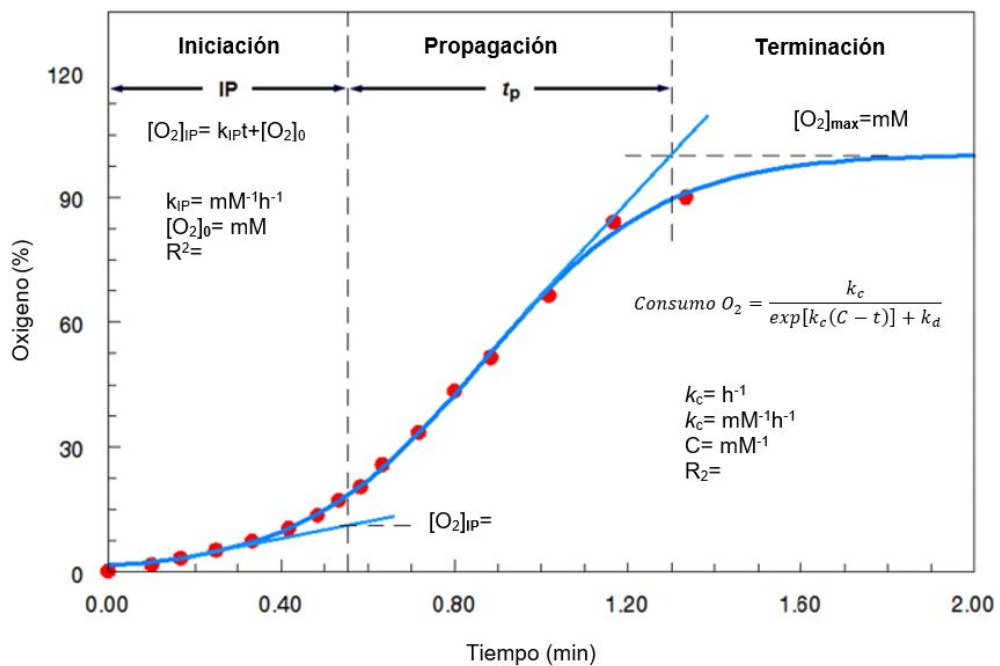
La estabilidad oxidativa es un parámetro crítico de calidad en productos lácteos con alto contenido lipídico, especialmente en quesos fundidos que son sometidos a procesos térmicos intensos y contienen una matriz grasa susceptible a la rancidez oxidativa durante el almacenamiento (Kristensen et al., 2001). La oxidación de lípidos genera compuestos volátiles desagradables (aldehídos y cetonas), lo que afecta la calidad sensorial, la vida útil y, en última instancia, la aceptación del consumidor.

2.4.8. Parámetros cinéticos críticos y constantes de velocidad que representan la peroxidación lipídica según la temperatura

La peroxidación lipídica es una de las reacciones químicas más elementales que impactan de manera negativa tanto la seguridad como la calidad nutricional de los sistemas lipídicos. La reacción de hidroperóxidos lipídicos (LOOH), que son productos primarios de oxidación, se produce normalmente en tres etapas consecutivas: la iniciación, la propagación y terminación. Los LOOH son intermediarios inestables que se descomponen con facilidad en una variedad de productos secundarios, los cuales tienen un impacto negativo significativo en la toxicidad del sistema y las características sensoriales (Karyakina et al., 2009).

Figura4

Curva cinética de la acumulación de hidroperóxidos lipídicos (O_2) durante la peroxidación y parámetros cinéticos de las funciones lineal y sigmoidea ajustadas a la fase de iniciación y a todo el rango de puntos de datos: periodo de inducción (IP), duración fase de propagación (t_p), $(O_2)_0$ concentración de O_2 en $t = 0$, $(O_2)_{IP}$ concentración de O_2 en IP, concentración de O_2 ($O_{2máx}$), constante de velocidad de pseudoorden cero de la fase de iniciación (K_{IP}), constante de velocidad compuesta (pseudoprimer orden) (K_c), constante de velocidad de descomposición (pseudosegundo orden) (K_d), constante de integral (C).



Nota: Adaptado de Farhoosh, (2021)

El periodo de inducción (IP), según (Farhoosh, 2021a), es el tiempo que ha pasado hasta este momento en que la concentración de LOOH crece linealmente con una constante de velocidad de orden pseudocero, K_{IP} , se identifica como periodo de inducción (IP), la relación entre IP y K_{IP} representa como O_i , es un criterio cuantitativo apropiado para medir la oxidabilidad del sistema lipídico solo en la fase inicial de la peroxidación lipídica.

Después de la IP, la acumulación de LOOH ingresa en el segundo rango de tiempo t_p que ilustra la fase de propagación de la peroxidación lipídica. En esta etapa, la tasa de acumulación de LOOH sube abruptamente y logra un valor máximo ($R_{m\acute{a}x}$) a la mitad de la fase y alcanza un aproximadamente cero al final donde se obtiene la concentración máxima de $O_{2m\acute{a}x}$. Este comportamiento cinético se ha descrito correctamente mediante un modelo sigmoideo Figura 0, que proporciona dos constantes de velocidad valiosas. La constante de velocidad compuesta de pseudoprimer orden K_c , medida de oxidabilidad de propagación de los sistemas lipídicos, y la constante de velocidad de pseudosegundo orden K_d , para la descomposición biomolecular de las moléculas de LOOH producidas en la etapa de propagación (Farhoosh, 2020).

La relación entre $R_{m\acute{a}x}$ y $O_{2m\acute{a}x}$ que se denominada de forma normalizada R_n de $R_{m\acute{a}x}$, es la medida de la oxidabilidad de propagación de los sistemas lipídicos. La descomposición de las moléculas de LOOH, que ocurre mayormente en la fase de terminación de la peroxidación lipídica, no se consideró el modelo sigmoideo, ya que esta etapa rara vez se utiliza para el análisis cinético en la investigación (Farhoosh, 2021a)

La peroxidación lipídica depende exponencialmente de la temperatura. El parámetro de TC, que se calcula mediante la regresión semilogarítmica de los parámetros en función de la temperatura, es un indicador del impacto de la temperatura sobre las constantes de velocidad y cada uno de los parámetros cinéticos (Farhoosh, 2021a).

2.5. ACEITUNA

La aceituna, fruto del olivo (*Olea europaea*), es un alimento rico en compuestos bioactivos y nutrientes esenciales. Su composición química varía según la variedad, el grado de madurez y las condiciones de cultivo (Boskou, 2006).

2.5.1. Composición de la aceituna

El componente principal es el ácido oleico, un ácido graso monoinsaturado (omega-9), que representa entre el 55 a 85% del total de lípidos; también contiene ácidos grasos poliinsaturados (linoleico y linolénico) y saturados (palmítico y esteárico) (Boskou, 2006). Los compuestos fenólicos, como el hidroxitirosol, tirosol y oleuropeína, son antioxidantes naturales que contribuyen a la estabilidad oxidativa y a los beneficios para la salud; y la oleuropeína es el fenol amargo principal en las aceitunas verdes, que se reduce durante la maduración y el procesamiento (Romero et al., 2004). Las aceitunas son fuente de vitamina E (tocoferoles), vitamina A y minerales como calcio, hierro y magnesio (Lanza, 2012).

2.5.2. Propiedades funcionales de la aceituna

Las aceitunas y sus derivados son reconocidos por sus propiedades funcionales, que incluyen efectos antioxidantes, antiinflamatorios, cardioprotectores y anticancerígenos. Los compuestos fenólicos de la aceituna, como el hidroxitirosol y la oleuropeína, neutralizan los radicales libres y reducen el estrés oxidativo (Visioli & Galli, 1998). El consumo regular de aceitunas y sus derivados se asocia con una reducción del riesgo de enfermedades cardiovasculares, gracias a su contenido de ácido oleico y antioxidantes (Covas et al., 2006). Los compuestos fenólicos de la aceituna inhiben la producción de mediadores inflamatorios, como las prostaglandinas y leucotrienos (Beauchamp et al., 2005). Estudios in vitro e in vivo sugieren que los compuestos de la aceituna pueden inhibir la proliferación de células cancerosas e inducir apoptosis (Owen et al., 2000).

2.6. PROGRAMACIÓN LINEAL EN FORMULACIÓN DE ALIMENTOS

La programación lineal (PL) es una técnica matemática utilizada para optimizar una función objetivo, ya sea incrementando o disminuyendo (maximizar ganancias o minimizar costos) dentro de un grupo de restricciones lineales (Dantzig, 2002). Los métodos de optimización lineal resuelven problemas en los que la función objetivo y las restricciones son lineales, representadas mediante ecuaciones o desigualdades. Son especialmente útiles cuando las relaciones entre variables son proporcionales y directas, y se aplican a través de técnicas como la programación lineal (Carrizosa & Romero, 2013). Los métodos lineales son eficientes y confiables para problemas con relaciones lineales claras, como la asignación de recursos, pero son limitados frente a

2.6.2. Restricciones

Sujeto a las restricciones

$$d \leq AX \leq b$$

$$X \geq 0$$

Donde d y b indica los extremos inferior y superior del rango de nutrientes sugeridos para un individuo promedio, los componentes de la matriz A corresponden a la cantidad en gramos por dólar del nutriente i en el alimento j. Las variables $X=(x_i)$ representan el costo en dólares de los alimentos j que se necesitan adquirir para cumplir con el modelo. La intención es reducir el total de la suma de los alimentos que se debe comprar (Rosero Noguera et al., 2011).

$$a_{11}X_1 + \dots + a_{1n}X_n \leq b_1 \quad \text{ó} \quad \sum_j^n a_{1j}X_j = b_1 \dots \dots \dots \quad (2)$$

$$a_{21}X_1 + \dots + a_{2n}X_n \leq b_2 \quad \text{ó} \quad \sum_j^n a_{2j}X_j = b_2 \dots \dots \dots \quad (3)$$

$$a_{m1}X_1 + \dots + a_{mn}X_n \leq b_m \quad \text{ó} \quad \sum_j^n a_{mj}X_j = b_m \dots \dots \dots \quad (4)$$

$X_j \geq 0; j = 1, 2, \dots; n$ Donde a_{ij} y b_i son constantes conocidos, los lados derechos b_i de las restricciones a veces se denominan límites de recursos.

2.6.3. Variables

Las variables representan los factores que intervienen en el proceso, como los insumos de la mezcla base, el tiempo de proceso, el costo de los insumos, el costo de la mano de obra, entre otros. Estas variables son importantes porque influyen directamente en el resultado final del sistema que se desea optimizar.

se suele representar a las variables mediante el símbolo x, representan las n variables de diseño, las cuales corresponden a las decisiones que se deben tomar en el problema (por ejemplo, cantidad de insumos, horas de trabajo, etc.). Además, pueden incluirse variables adicionales que permiten expresar el problema en su forma estándar (Arora, 2004).

El problema de programa lineal, se define como encontrar las variables $x_i, i = 1$

X_1 : Variable 1 a encontrar

X_2 : Variable 2 a encontrar, así sucesivamente para todas las variables involucradas

CAPÍTULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El trabajo de investigación se realizó en los laboratorios de la facultad de Ingeniería Química y Metalurgia – Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga, específicamente en los laboratorios de análisis de alimentos y tecnología de alimentos.

2.2. MATERIALES

2.2.1. Materia prima e insumos

a. La leche fresca:

La leche utilizada, fue obtenida del centro de producción y servicios de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga de la Escuela medicina Veterinaria, un centro especializado en investigación y producción lechera. La muestra fue recolectada en un balde de polipropileno de alta densidad, sellado herméticamente para garantizar su integridad, Y transportada al laboratorio de análisis de alimentos para su procesamiento en la elaboración de queso fresco y queso fresco ácido.

b. Aceituna:

La aceituna utilizada fue adquirida en una tienda comercial ubicada en Jr. 28 de julio, correspondiente a la marca Olivalle. Las aceitunas seleccionadas fueron de variedad negras y enteras sin pepa, garantizando su calidad y uniformidad para el proceso de investigación. El producto fue almacenado en condiciones adecuadas en un lugar fresco y seco hasta su uso en el laboratorio.

c. Insumos

Los insumos fueron adquiridos de la CINSA E.I.R.L que se encuentra en la Av. del deporte N°. 256 (Costado de Electrocentro) de la ciudad de Ayacucho – Huamanga – Ayacucho.

- El cloruro de calcio se usó a granel y se conservó en una bolsa de polietileno de baja densidad en ambiente seco y fresco.
- El cuajo fue de la marca tres muñecas (color verde), almacenado en condiciones similares.
- Cultivo Sacco se mantuvo en refrigeración 4°C hasta su uso, garantizando su viabilidad y actividad durante el proceso.

2.2.2. Materiales de laboratorio

- Bureta 5, 10 mL.
- Espátula de acero inoxidable.
- Fiola 100, 250 ml.
- Luna de reloj.
- Matraz Erlenmeyer 50, 100, 150 ml.
- Pipeta 1, 5 y 10 mL.
- Piseta con agua destilada.
- Placa de Petri.
- Probeta 25, 50, 100 ml
- Varilla
- Vaso precipitado de 50, 250, 1000 mL.
- Soporte universal
- Doble nuez, material plástico.
- Mortero
- Lactodensímetro
- Termómetro digital con rango de -50 a 150°C thermo lab
- Bombilla
- Butirómetro de gerber
- Baldes de plástico capacidad de 6 y 8 litros.
- Canastillas de plástico tamaño mediano.
- Guantes quirúrgicos.
- Mascarillas.
- Plumón indeleble.

2.2.3. Equipos e instrumentos de laboratorio

- Analizador de leche modelo Master Eco (Marca Milkotester).
- Balanza analítica, Capacidad (0.0 – 200 g), Marca (OHAUS).
- Balanza electrónica portátil, Capacidad (150 g), Marca (OHAUS).
- Balón de Kjeldhal de 250 ml
- Equipo de destilación
- Licuadora industrial (Marca Oster).
- Estufa marca MEMMERT UNIVERSAL, graduación de 0 – 240 °C
- Centrífuga de Gerber, CIMATEC Nova Safety 220 V
- pH-metro HANNA INSTRUMENTS USA
- VELP SCIENTIFICA OXITEST Oxidation Test Reactor

2.2.4. Reactivos

- Ácido clorhídrico (HCL)
- Ácido sulfúrico (H₂SO₄)
- Fenolftaleína 1%
- Ftalato ácido de potasio, Forma (cristal), PUREZA (99,95%), Marca (ICN Biomedical)
- Hidróxido de sodio (NaOH), Forma (Pellets), PUREZA (98,3%), Marca (ICN Biomedical)
- Alcohol isoamílico
- Methyl alcohol (methanol) absolute reagent, A.C.S CAS 67-56-1
- Ácido bórico 4%
- Catalizador para digestión de proteína
- Rojo de metilo 0,1%
- Verde bromocresol 1%
- Agua destilada, Forma (Líquido) producido en el laboratorio
- Folin-Ciocalteu, Forma (Solución líquida), Pureza (≥ 99%), Marca (Merck)
- Carbonato de sodio, Forma: (Sólido), Pureza (≥ 99%), Marca (Merck)
- Ácido gálico, Forma (Sólido), Pureza (≥ 98%), Marca (Sigma-Aldrich)
- Etanol, Forma (Líquido), Pureza (96%), Marca (Química Suiza)
- Cloruro de potasio, Forma (Sólido-cristales o polvo), Pureza: ≥ 99%, Marca (Merck)
- Acetato de sodio, Forma (Sólido-cristales), Pureza (≥ 99%), Marca (Merck)
- Ácido acético, Forma (Líquido), Pureza (≥ 99.7%), Marca (Merck)
- Sulfato de cobre, Forma (Sólido-cristales), Pureza (≥ 98%), Marca (JT Baker)

- Nitrato de plata, Forma (Sólido-cristales), Pureza ($\geq 99\%$), Marca (Sigma)
- Cromato de potasio, Forma (Sólido- polvo), Pureza: $\geq 99\%$, Marca (JT Baker)

2.3. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

2.3.1. Tipo de investigación

Según el propósito de la investigación este pertenece al tipo experimental aplicativo, y el nivel de investigación pertenece a predictivo, correlativo y explicativo, ya que permite predecir el comportamiento del producto, establecer relaciones entre variables y explicar los efectos de las formulaciones sobre la estabilidad y calidad del queso fundido.

2.3.2. Variable e indicadores

Las variables independientes y dependientes son mostradas en la Tabla 4.

Tabla 4

Variables e indicadores

VARIABLES	INDICADORES
Variables Independientes	
Queso fresco	% Queso fresco
Queso ácido	% Queso ácido
Aceituna	% Aceituna
Variables Dependientes	
Composición químico proximal	%Proteína, %Humedad, %ceniza, %grasa, % carbohidratos
Cantidad de sodio	Na (g/100g)
Contenido de compuestos bioactivos	mg GAE/100 g compuestos fenólicos, % actividad antioxidantes y mg/100 g antocianinas
Conteo microbiológico	Coliformes (NMP/g), <i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g), mohos y levaduras (UFC/g)
Aceptabilidad sensorial	Sabor, textura, color, aroma y apariencia (Escala)
Estabilidad del queso fundido	Índice de oxidación (Mg MDA/Kg)

2.3.3. Población

La población, es el total de queso producido para la investigación (10 kg) por todas las formulaciones de queso fundido elaboradas con los tres niveles de grasa de crema de leche (36 %, 34 % y 32 %). Estas unidades compartieron las mismas condiciones de procesamiento y características tecnológicas, por lo que representan el conjunto total disponible para el estudio experimental.

2.3.4. Muestra

La muestra a estudiar es el queso fundido elaborado, el tamaño es igual al tamaño de la población, se toma este valor ya que en las tablas estadísticas la población es solo mayor de 200. La fórmula de tamaño de muestra y tablas de muestreo ya no es usada para poblaciones menores a 200.

2.3.5. Muestreo

El tipo de muestreo usado es muestreo al azar, aplicándose la técnica de muestreo por conveniencia.

2.4. DISEÑO METODOLÓGICO

El diseño metodológico se utilizó para la formulación del queso fundido se ilustra en la Figura 5, donde se describe el proceso de formulación, considerando la variación en el contenido de grasa de la crema de leche. La cantidad de grasa fue fijada en base a las siguientes razones; se realizaron ensayos preliminares, según la teoría indica que las características de un queso crema untado su contenido graso es de 22.5 – 35 % del producto, la grasa influye en la formación de la emulsión, la textura, la cremosidad y la capacidad de fundido del queso fundido, permitiendo evaluar su efecto sobre la composición química, estabilidad oxidativa, calidad microbiológica y aceptabilidad sensorial del producto final en base a todas estas razones se fijaron 32, 34 y 36 % respectivamente.

Figura 5

Diseño experimental del queso fundido cualitativo

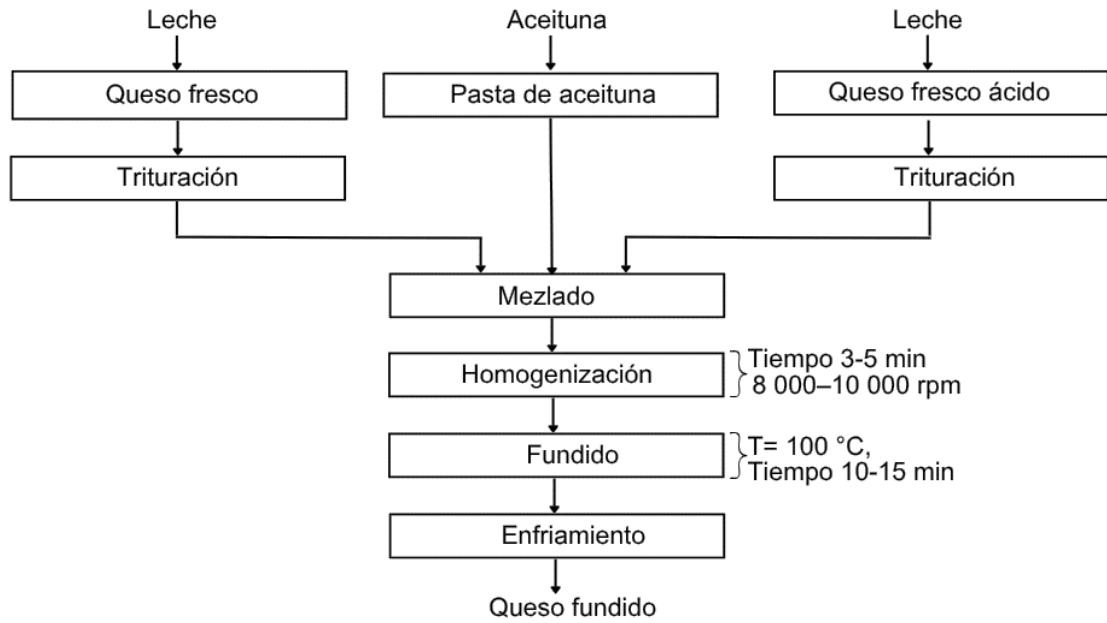
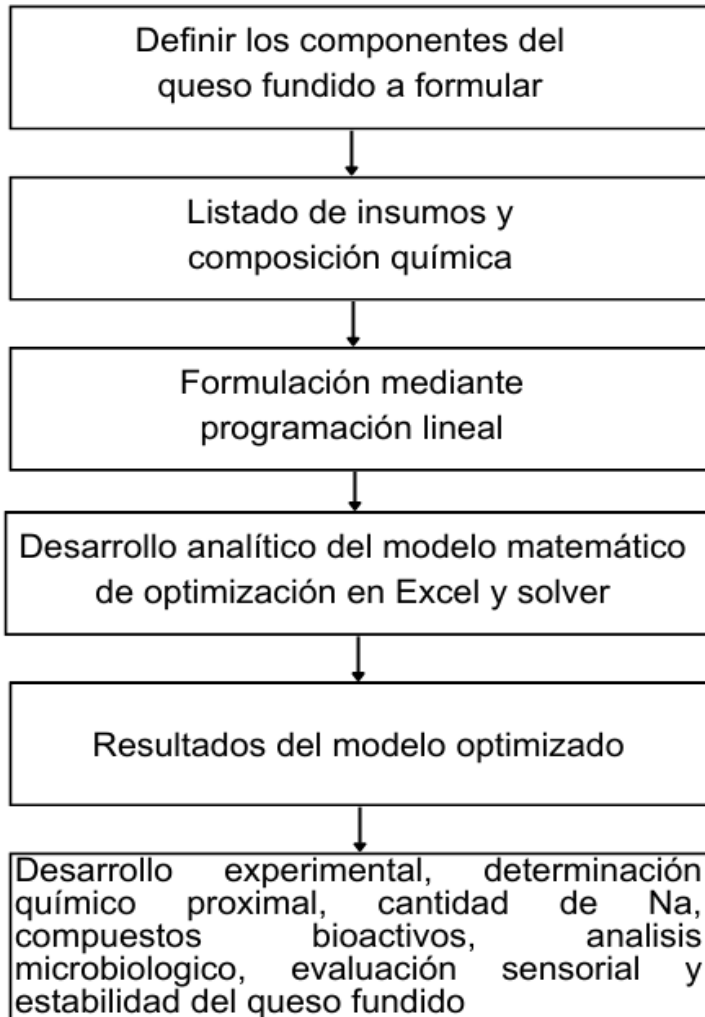


Figura 6

Metodología de formulación de queso fundido empleando programación lineal como herramienta de optimización



2.5. FORMULACIÓN USANDO PROGRAMACIÓN LINEAL

2.5.1. Función Objetivo a Optimizar

Minimizar el costo de la formulación del queso fundido untable

$$\text{Minimizar } Z = \sum_i^n C_i X_i \quad (5)$$

C_i : Costo de insumo i

X_i : Insumos i

$$\text{Minimizar } (Z) = 20X_1 + 15X_2 + 40X_3 + 28X_4 + 25X_5 + 0,0031X_6$$

2.5.2. Variables independientes

Las variables de decisión a determinar en la formulación por optimización se definieron de la siguiente manera:

X1: Cantidad de queso ácido (kg)

X2: Cantidad de queso fresco (kg)

X3: Cantidad de leche en polvo(kg)

X4: Cantidad de crema de leche (kg)

X5: Cantidad pasta de aceituna (kg)

X6: Cantidad de Agua (kg)

2.5.3. Composición química de insumos

En la Tabla 6, se muestra los insumos para la formulación del queso fundido, se utilizó los insumos (queso fresco, queso ácido, crema de leche y pasta de aceituna) y la composición de cada insumo se obtuvo de la Tabla de Composición de Alimentos Peruanos (Reyes et al., 2017), como también fueron validados en el laboratorio obteniendo estos resultados.

Tabla 5

Composición de los insumos para la elaboración del queso fundido (100 g)

Componentes	Q. ácido	Q. Fresco	Crema	Crema	Crema	Pasta aceituna
			de leche 36 %	de leche 34%	de leche 32%	
Materia Graso (MG) (g)	0,230	0,220	0,360	0,340		0,150
Extractos totales (EST)	0,600	0,420	0,417	0,394		--
MG/ET	0,383	0,524	0,863	0,863		--
Humedad (g)	0,400	0,580	0,583	0,606		--
N caseínico/N total	0,750	0,900	1			--
Pasta de aceituna	--	--	--			1

2.5.4. Componentes del queso fundido a formular

Se desea producir el queso fundido con la siguiente característica de acuerdo

Tabla 6

Restricción para la optimización de formulación del queso fundido

Componentes	Restricciones (%)	Normas
Materia Graso (MG)	$\geq 22,5 \leq 45$	Codex Alimentarius Commission –
Extractos totales (ET)	45	CODEX STAN 285-1978 (Quesos fundidos)
MG/ET	45 a 60	Codex Alimentarius Commission – Clasificación de grasa en extracto seco
Humedad	< 65	Codex Alimentarius Commission – Límite para estabilidad del producto
N caseínico/N total	> 60 < 80	International Dairy Federation; Fox et al. (2017)
Pasta de aceituna	15	Formulación experimental propia (no regulado por Codex)

2.5.5. Desarrollamos el modelo matemático para la formulación del queso fundido

Para confeccionar el modelo matemático de optimización se elaboró las ecuaciones matemáticas de la función objetivo en función de las variables definidas y restricciones (características químicas del producto desarrollarse), que a continuación se desarrolló como sigue:

a) Modelo matemático para formulación de queso fundido con 36 % grasa de crema de leche

Función objetivo:

$$\text{Min} = 20X_1 + 15X_2 + 40X_3 + 21X_4 + 25X_5 + 0,0031X_6$$

Restricciones:

– Cantidad total:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 = 100 \quad (6)$$

– Materia grasa:

$$0,23X_1 + 0,22X_2 + 0,122X_3 + 0,36X_4 + 0,15X_5 \geq 22,5$$

$$0,23X_1 + 0,22X_2 + 0,122X_3 + 0,36X_4 + 0,15X_5 \leq 45$$

– Solidos totales:

$$0,6X_1 + 0,42X_2 + 0,965X_3 + 0,417X_4 = 45$$

– Relación de materia grasa y extracto total (MG/ET):

$$0,383X_1 + 0,524X_2 + 0,126X_3 + 0,863X_4 \geq 45$$

$$0,383X_1 + 0,524X_2 + 0,126X_3 + 0,863X_4 \leq 60$$

– Humedad:

$$0,4X_1 + 0,58X_2 + 0,035X_3 + 0,583X_4 + X_6 < 65$$

– N caseinico/N total:

$$0,75X_1 + 0,9X_2 + X_3 + X_4 > 60$$

$$0,75X_1 + 0,9X_2 + X_3 + X_4 < 80$$

– Pasta de aceituna:

$$X_1; X_2; X_3; X_4; X_5 \geq 0$$

b) Modelo matemático para formulación de queso fundido con 34 % grasa de crema de leche

Función objetivo:

$$\mathbf{Min} = 20X_1 + 15X_2 + 40X_3 + 21X_4 + 25X_5 + 0,0031X_6$$

Restricciones:

– Cantidad total:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 = 100 \quad \mathbf{(6)}$$

– Materia grasa:

$$0,23X_1 + 0,22X_2 + 0,122X_3 + 0,34X_4 + 0,15X_5 \geq 22,5$$

$$0,23X_1 + 0,22X_2 + 0,122X_3 + 0,34X_4 + 0,15X_5 \leq 45$$

– Solidos totales:

$$0,6X_1 + 0,42X_2 + 0,965X_3 + 0,394X_4 = 45$$

- Relación de materia grasa y extracto total (MG/ET):

$$0,383X_1 + 0,524X_2 + 0,126X_3 + 0,863X_4 \geq 45$$

$$0,383X_1 + 0,524X_2 + 0,126X_3 + 0,863X_4 \leq 60$$

- Humedad:

$$0,4X_1 + 0,58X_2 + 0,035X_3 + 0,606X_4 + X_6 < 65$$

- N caseinico/N total:

$$0,75X_1 + 0,9X_2 + X_3 + X_4 > 60$$

$$0,75X_1 + 0,9X_2 + X_3 + X_4 < 80$$

- Pasta de aceituna: $X_5 = 15$

$$X_1; X_2; X_3; X_4; X_5 \geq 0$$

c) Modelo matemático para formulación de queso fundido con 32 % grasa de crema de leche

Función objetivo:

$$\mathbf{Min} = 20X_1 + 15X_2 + 40X_3 + 21X_4 + 25X_5 + 0,0031X_6$$

Restricciones:

- Cantidad total:

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 = 100 \quad \mathbf{(6)}$$

- Materia grasa:

$$0,23X_1 + 0,22X_2 + 0,122X_3 + 0,32X_4 + 0,15X_5 \geq 22,5$$

$$0,23X_1 + 0,22X_2 + 0,122X_3 + 0,32X_4 + 0,15X_5 \leq 45$$

- Solidos totales:

$$0,6X_1 + 0,42X_2 + 0,965X_3 + 0,371X_4 = 45$$

- Relación de materia grasa y extracto total (MG/ET):

$$0,383X_1 + 0,524X_2 + 0,126X_3 + 0,863X_4 \geq 45$$

$$0,383X_1 + 0,524X_2 + 0,126X_3 + 0,863X_4 \leq 60$$

- Humedad:

$$0,4X_1 + 0,58X_2 + 0,035X_3 + 0,629X_4 + X_6 < 65$$

– N caseínico/N total:

$$0,75X_1 + 0,9X_2 + X_3 + X_4 > 60$$

$$0,75X_1 + 0,9X_2 + X_3 + X_4 < 80$$

– Pasta de aceituna: $X_5 = 15$

$$X_1; X_2; X_3; X_4; X_5 \geq 0$$

2.5.6. Formulario en el Excel

Se estructuran las celdas correspondientes a los insumos con respectivos costos y sus componentes, tal como se observa en la Figura 7. En los espacios coloreados se mostrarán los resultados obtenidos.

Figura 7

Formulario de componentes y costos de insumos en Excel para la formulación del queso fundido

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		X1	X2	X3	X4	X5	X6		
2		Q. Acido	Q. Fresco	L. Polvo	Crema de leche	Pasta aceituna	Agua	Total	QUESO FUNDIDO (F1)
3	Requerido	52.05	10.01	0.00	22.94	15.00	0.00	100.00	
4									Restricciones
5	Total	1	1	1	1	1	1	100.000	100
6	Grasa	0.23	0.22	0.122	0.36	0.15	0	24.682	$\geq 22.5 \leq 45$
7	EST	0.6	0.42	0.965	0.417	0	0	45.000	45
8	MG/EST	0.383	0.524	0.126	0.863	0	0	45.000	45 a 60
9	Humedad	0.4	0.58	0.035	0.583	0	1	55.000	< 65
10	N caseinico/N total	0.75	0.9	1	1	0	0	70.987	> 60 < 80
11	Pasta de aceituna	0	0	0	0	1	0	15.000	15
12									
13	Costo u.	20	15	40	21	25	0.0031		
14	Costo total	1040.980	150.178	0	481.722	375	0.0000	2047.880	

3.5.7. Desarrollo en el Solver

En Solver aparece la siguiente ventana, como se muestra en la Figura 8, 9 y 10; se deben completar las celdas según lo indicado y, posteriormente, hacer clic en “Resolver”.

Figura 8

Ventana de Solver de mezcla con 36% de grasa de la crema de leche la para desarrollar la formulación del queso fundido

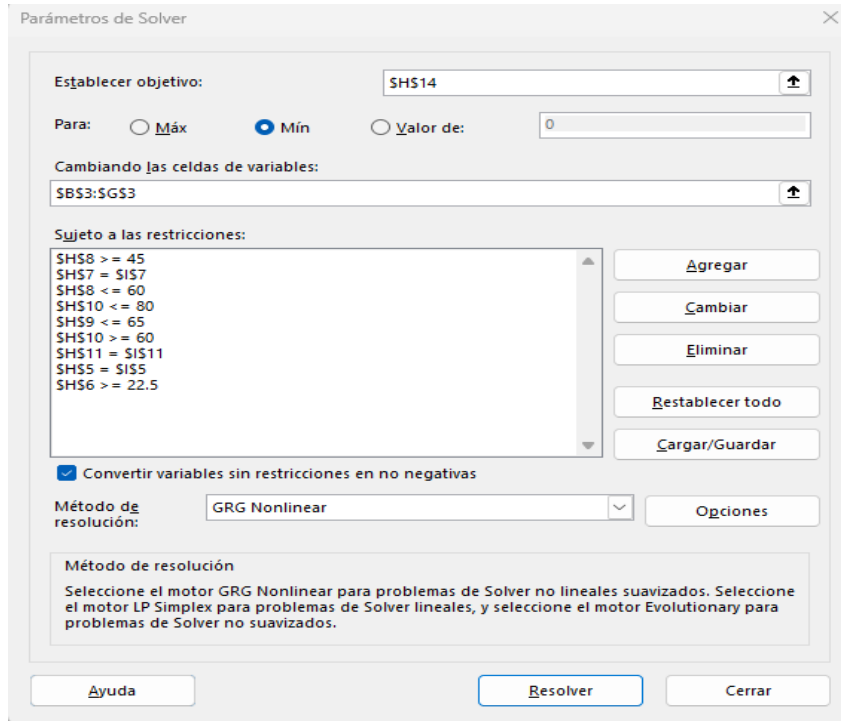


Figura 9

Ventana de Solver de mezcla con 36% de grasa de la crema de leche la para desarrollar la formulación del queso fundido

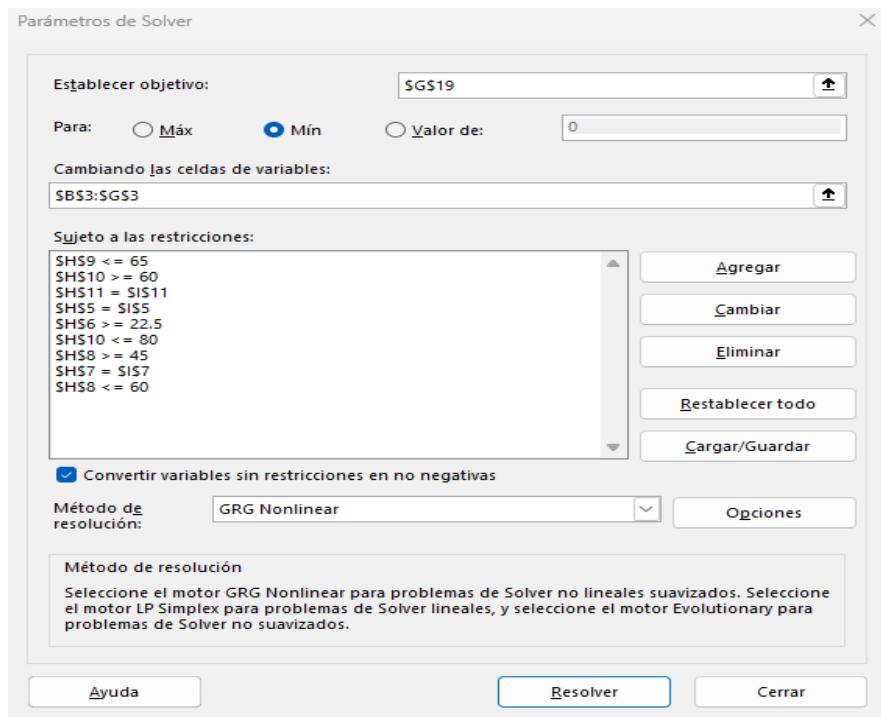
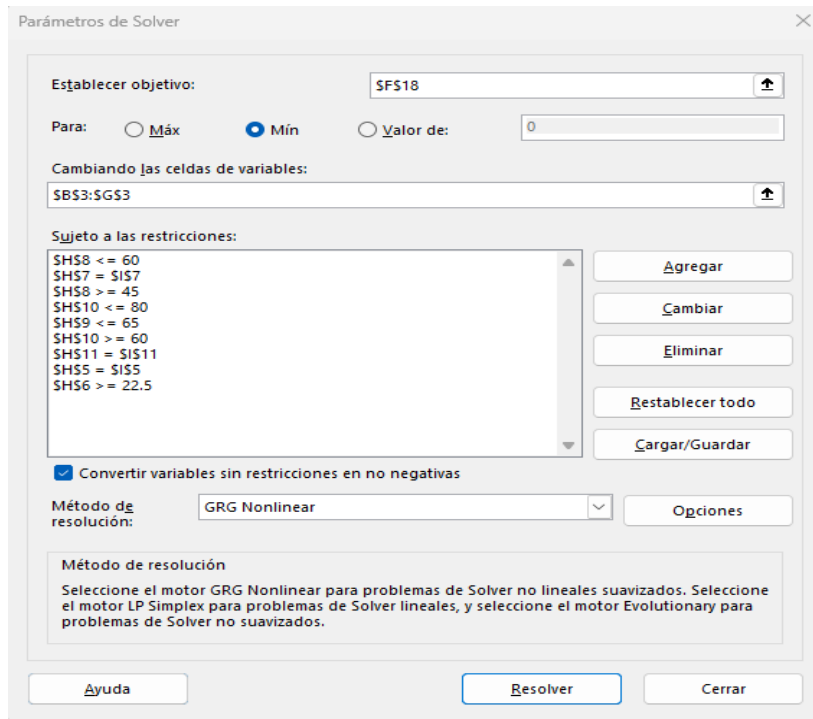


Figura 10

Ventana de Solver de mezcla con 36% de grasa de la crema de leche la para la formulación del queso fundido



2.6. ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO

A continuación, se presenta el diagrama de flujo Figura 12, el cual describe de manera secuencial las etapas del proceso de la elaboración del queso fresco, desde la recepción de la materia prima hasta el producto final, se presenta una descripción exhaustiva de cada etapa, detallando los parámetros, condiciones y fundamentos técnicos aplicados en cada fase:

- a) **Leche:** la leche utilizada en el proceso fue adquirida en la Escuela de Medicina veterinaria - UNSCH, recién ordeñada a las 7 am y se usó media hora después.
- b) **Filtración:** la leche fue filtrado en una tela fina, con la finalidad de separar algunas impurezas que pudiera haber en la leche.
- c) **Pasteurización:** La leche filtrada se calentó en una olla de acero inoxidable hasta alcanzar una temperatura entre 62 y 65 °C, manteniéndola durante 15 minutos. Se utilizó un termómetro digital de inmersión para controlar la temperatura y un cucharón de acero inoxidable para agitar continuamente y evitar que la leche se adhiera o forme nata. Este proceso permite reducir la carga microbiana sin alterar significativamente las propiedades nutricionales.

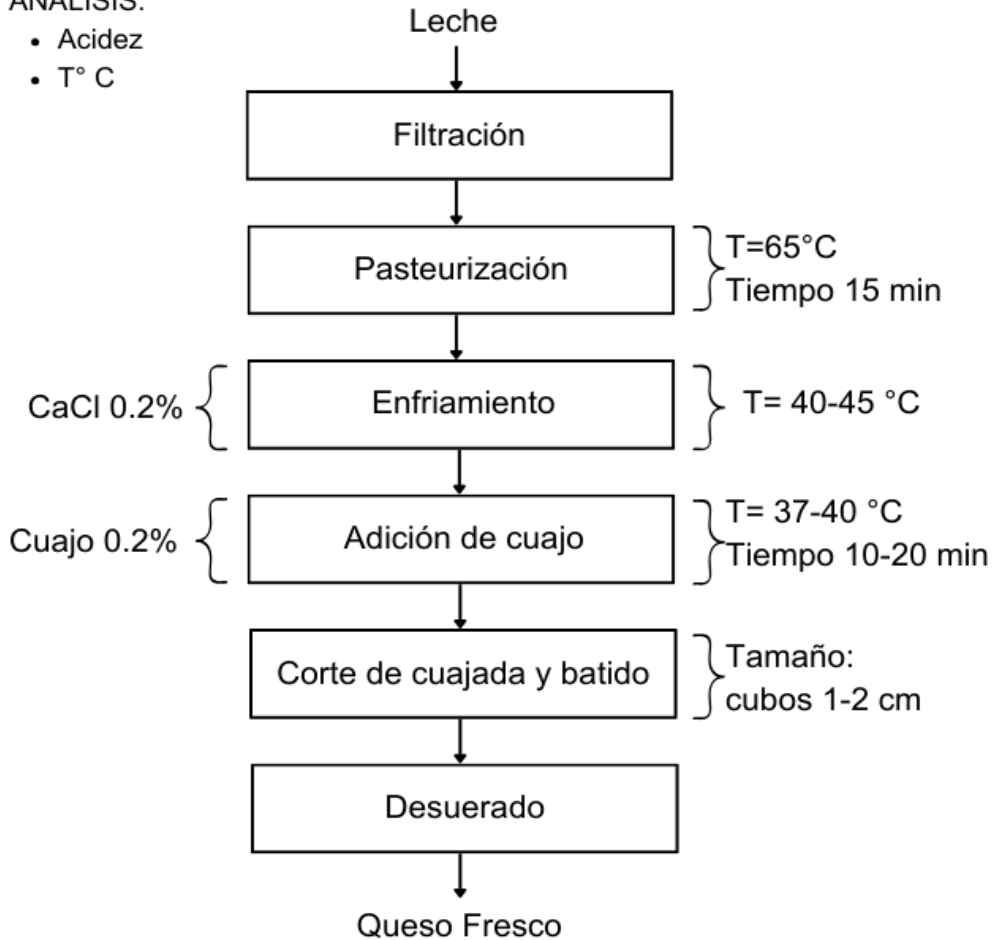
- d) Enfriamiento:** Después de la pasteurización, se dejó que la leche enfriara naturalmente o mediante baño María con agua fría hasta alcanzar una temperatura de 40 a 45 °C. En ese momento se adicionó cloruro de calcio (CaCl_2) al 0,2%. Esta sal ayuda a mejorar la firmeza del coágulo, especialmente si la leche ha sido pasteurizada.
- e) Adición del cuajo:** Con la leche a 38–40 °C, se agregó cuajo líquido o en polvo en una proporción de 2 g por cada 100 litros de leche, utilizando una balanza analítica, según su forma de presentación. Luego, se agitó suavemente con una varilla sanitaria durante 1 minuto para asegurar una distribución uniforme del cuajo. Se dejó reposar durante 10 a 20 minutos hasta formar una cuajada firme. Durante este periodo, se monitoreó el pH (idealmente entre 6.2 y 6.5 al inicio, bajando progresivamente) con tiras reactivas o potenciómetro.
- f) Corte de la cuajada y batido:** Una vez obtenido el coágulo, se cortó con un cuchillo largo de acero inoxidable, formando cubos de aproximadamente 1 a 2 cm. Este corte permite la salida del suero contenido en la cuajada. Luego, se dejó reposar la cuajada cortada durante 10 a 15 minutos para facilitar la liberación del suero y el endurecimiento superficial de los granos.
- g) Desuerado:** El suero liberado se retiró utilizando un cucharón y un colador sanitario, y posteriormente se trasladó la cuajada a canastillas perforadas (moldes para queso) forradas con tela filtrante (manta de cielo o muselina). Estas permiten un drenaje gradual del suero restante. Finalmente, se aplicó un prensado suave manual o con peso controlado (1–2 kg) durante un tiempo variable (entre 30 minutos y 1 hora), con el objetivo de compactar la cuajada y darle forma, textura y consistencia características del queso fresco.

Figura 11

Diagrama de flujo cualitativo en la elaboración del queso fresco

ANALISIS:

- Acidez
- T° C



2.7. ELABORACIÓN DE QUESO FRESCO ÁCIDO

A continuación, se presenta el diagrama de flujo Figura 11, el cual describe de manera secuencial las etapas del proceso de la elaboración del queso fresco ácido, desde la recepción de la materia prima hasta el producto final, de acuerdo el diagrama, se presenta una descripción exhaustiva de cada etapa, detallando los parámetros, condiciones y fundamentos técnicos aplicados en cada fase:

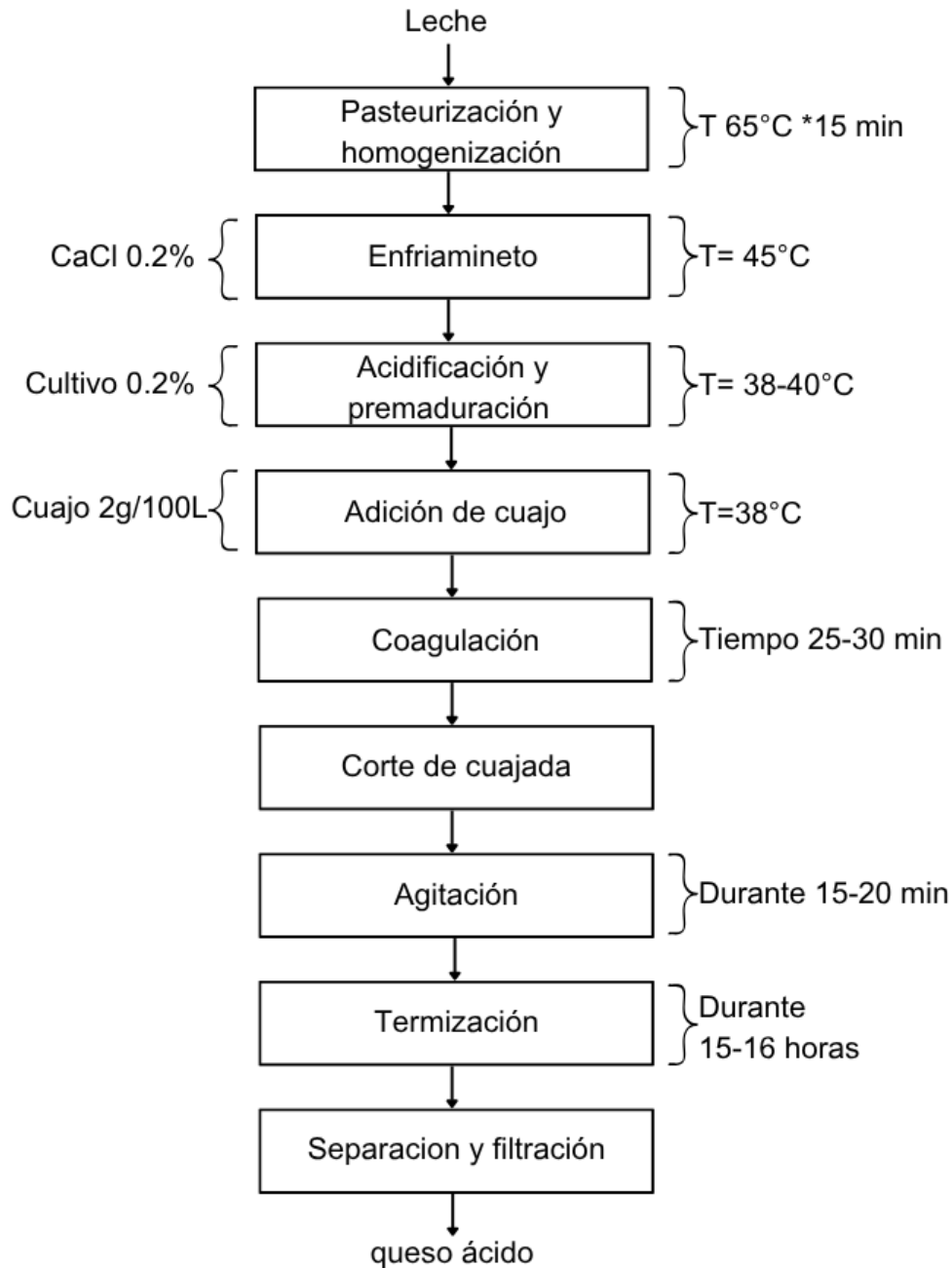
- Leche:** La leche de vaca fue adquirida de la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria - UNSCH. Esta leche fue ordeñada a las 7 am y usado media hora después de su adquisición.
- Pasteurización y homogenización:** Se vertió en una olla de acero inoxidable toda la leche filtrada, posteriormente se calentó a una temperatura de 65°C por 15

minutos en constante movimiento de un cucharón de acero inoxidable para evitar la formación de nata y asegurar una distribución uniforme del calor. Esta etapa tiene como finalidad destruir los microorganismos patógenos, sin afectar las propiedades nutricionales de la leche.

- c) **Enfriamiento:** Después de la pasteurización, la leche se enfría mediante baño maría con agua fría hasta alcanzar a una temperatura de 45°C, En esta temperatura se adiciona cloruro de calcio al 0.2% (0.2 g por 100 ml de leche) utilizando una pipeta graduada, lo que mejora la firmeza de la cuajada en etapas posteriores.
- d) **Acidificación y pre-maduración:** Se inoculan cultivos iniciadores de bacterias lácticas mesófilas o termófilas a una temperatura de 40 °C. Esta etapa dura 30 minutos, permitiendo que las bacterias conviertan la lactosa en ácido láctico, iniciando así la acidificación de la leche. Se utiliza un termómetro digital para controlar la temperatura y una varilla de agitación sanitaria para distribuir uniformemente los cultivos.
- e) **Adición de cuajo:** Con la temperatura aún a 40 °C, se añadió cuajo en polvo en una proporción de 2 g por cada 100 L de leche, utilizando una balanza analítica según la presentación. Se mezcla de manera homogénea durante 1 minuto.
- f) **Coagulación:** La leche se deja en reposo entre 25 a 30 minutos sin agitación, hasta formar una cuajada firme. Durante esta etapa, la caseína precipita formando una masa gelatinosa. Se mantiene la temperatura constante a 40 °C utilizando una bañera térmica controlada.
- g) **Corte de cuajada:** Una vez formada la cuajada, se realiza el corte utilizando una espátula de acero inoxidable, formando granos de tamaño uniforme aproximadamente de 1 a 2 cm, Esto permite la liberación del suero.
- h) **Agitación:** Después del corte, se agita suavemente durante 10 a 15 minutos con una espátula, para favorecer la salida del suero y evitar que los granos se unan. Esta agitación debe ser controlada para evitar la rotura excesiva de los granos.
- i) **Termización:** Luego de la agitación, se deja reposar para que los granos se asienten y continúen liberando suero, que dura entre 15 a 16 horas. En este tiempo, las bacterias lácticas siguen fermentando la lactosa, haciendo que el pH baje de 6.5 a 4.5, lo que favorece una textura firme y una acidez característica de un queso ácido.
- j) **Separación y filtración:** La cuajada es separado del suero, para hacer uso en el siguiente proceso de queso fundido.

Figura 12

Diagrama de flujo cualitativo en la elaboración del queso ácido.



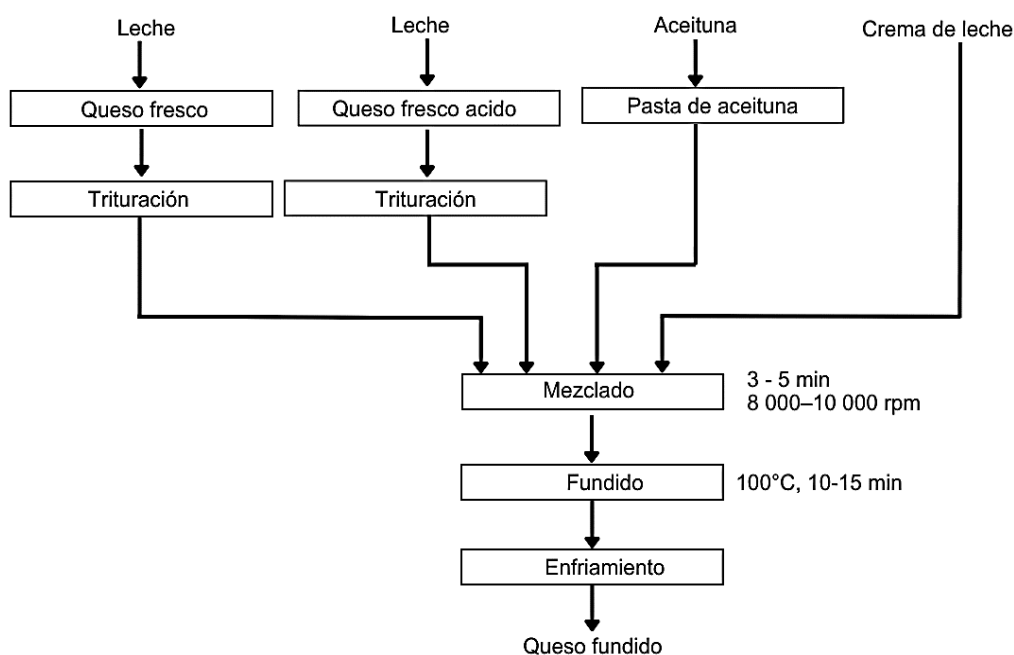
2.8. ELABORACIÓN DE QUESO FUNDIDO

A continuación, de la Figura 13 se muestra el diagrama de flujo de elaboración del queso fundido se describe el proceso del queso fundido; donde primeramente mezclamos el queso fresco y el queso ácido, obtenidos en los acápites 3.5.1 y 3.5.2, estos quesos fueron utilizados, junto con la crema de leche y la pasta de aceituna:

- a) **Trituración:** Se procedió a triturar los cortes de queso fresco, queso fresco ácido, con la ayuda de un molino de cuchillas, hasta obtener partículas uniformes. Esta disminución de tamaño ayuda la eficiencia del mezclado, esta permitió una distribución homogénea de los ingredientes y facilita el proceso de fundido posterior.
- b) **Mezclado:** Los quesos triturados fueron mezclados con la pasta de aceituna en una olla de acero inoxidable, bajo agitación manual continua. Esta etapa busca una primera integración del alimento proteico-grasa con ello se asegura una dispersión preliminar de los ingredientes sólidos antes del tratamiento térmico. La mezcla obtenida se sometió a un proceso mecánica usando una licuadora, operando a una velocidad aproximada de 8 000–10 000 rpm, durante un tiempo de 3 a 5 minutos; esta permitió reducir las partículas para asegurar una distribución uniforme de los componentes y una textura consistente.
- c) **Fundido:** La crema se fundió a una temperatura de 100°C durante un tiempo de 10 minutos bajo agitación constante, para ello se usó una olla de presión doméstica.
- d) **Enfriamiento:** Una vez finalizado el fundido, la mezcla fue enfriada rápidamente hasta una temperatura de 22 °C, mediante un baño maría con agua fría. Este descenso térmico es crucial para evitar sinéresis o separación de fases, estabilizar la emulsión formada. preparar el producto para el envasado en caliente o refrigerado.

Figura 13

Diagrama de flujo cualitativo en la elaboración del queso fundido.



2.9. MÉTODOS DE ANÁLISIS

2.9.1. Análisis de acidez

Según Fox et al. (2017) para la determinación de acidez del queso se realizó los siguientes procedimientos estandarizado. Primero, se tomó una muestra representativa de queso y se trituró hasta obtener una textura homogénea. Luego, se pesó una cantidad exacta de la muestra de 10 g y se disolvió en agua destilada caliente. La solución resultante se filtró para eliminar partículas sólidas. A continuación, se añadieron unas gotas de fenolftaleína como indicador de pH. Finalmente, se tituló la solución con hidróxido de sodio (NaOH) 0,1 N hasta observar un cambio de color de incoloro a rosa pálido, lo que indicó el punto de equivalencia. Este proceso permitió determinar la acidez del queso de manera precisa. La fórmula para calcular la acidez es:

$$\text{Acidez (\%)} = \frac{V \times N \times 0,09}{m} \times 100 \quad (7)$$

Donde:

- V = Volumen de NaOH gastado (en mL).
- N = Normalidad del NaOH.
- 0.09 = Peso equivalente del ácido láctico.
- m = Masa de la muestra de queso (en g).

2.9.2. Análisis del queso fundido

a) Compuestos fenólicos

La concentración de fenoles totales se midió con el método de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton y Rossi (1965). Un volumen de 20 µL de los extractos se mezcló con 1580 µL de agua y 100 µL de una solución de Folin-Ciocalteu sin dilución previa. La mezcla se dejó en reposo por 5 min. Posteriormente, se adicionaron 300 µL de una solución de carbonato de sodio al 20%. Después de 2 h de reacción se midió la absorbancia a 765 nm. Se efectuaron curvas de calibración con ácido gálico a concentraciones entre 50 a 500 mg/L.

Se realizaron ensayos de fenoles totales en el queso fundido por triplicado para cada lote. Los fenoles totales se midieron mediante espectrofotometría utilizando una reacción redox colorimétrica con el reactivo de Folin-Ciocalteu, según el método de Slinkard y Singleton, con ácido gálico como estándar.

b) Actividad antioxidante

Según Brand-Williams et al. (1995) para esta determinación se utiliza el método DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazil). En el laboratorio, se preparó la muestra del queso fundido y pesando 1 g. Se extrajeron los compuestos antioxidantes con metanol, etanol o agua, agitando 1-2 horas y centrifugado a 10,000 rpm por 10 minutos. El sobrenadante se filtró y se almacenó a 4°C. Para el ensayo, se preparó una solución de DPPH 0.1 mM en metanol o etanol, ajustando su absorbancia a 0.6-0.8 a 517 nm. Luego, se mezcló 1 mL de DPPH con 1 mL del extracto, se dejó reposar 30 minutos en oscuridad y se midió la absorbancia a 517 nm. Se usó un blanco con solvente en lugar del extracto. Este método permitió determinar la actividad antioxidante de las aceitunas.

c) Antocianinas en la aceituna

Según Giusti y Wrolstad (2001), para determinar las antocianinas utiliza el método de pH diferencial. En el laboratorio, se determinaron las antocianinas en aceitunas de la siguiente manera. Primero, se preparó la muestra y se pesó 1 g. Luego, se extrajeron las antocianinas con etanol acidificado (etanol al 95% con 1% de HCl), agitando 1-2 horas y centrifugado a 10,000 rpm por 10 minutos. El líquido obtenido se filtró y guardó a 4°C.

Se prepararon dos soluciones tampón: una de pH 1,0 (con KCl y HCl) y otra de pH 4,5 (con acetato de sodio y ácido acético). Después, se mezcló 1 mL del extracto con 9 mL de cada tampón. La absorbancia se midió a 520 nm (para antocianinas) y 700 nm (para corregir turbidez) usando un espectrofotómetro. Finalmente, se calculó la absorbancia corregida para determinar la concentración de antocianinas. Con ello se determinó la concentración de antocianinas (mg/L)

$$A = (A_{520} - A_{700})_{pH1.0} - (A_{520} - A_{700})_{pH4.5} \quad (8)$$

La fórmula para concentración de antocianinas totales (AT) es:

Como datos del método tenemos:

- L = 1 cm
- Factor de dilución = 1:9
- $\epsilon = 26900 \text{ L/mol}\cdot\text{cm}$ (para cianidina 3-glucósido, más abundante en aceituna)
- PM = 449,4 g/mol (para cianidina 3-glucósido)
- Luego de realizar las operaciones matemáticas.

2.9.3. Determinación de proteína

Se realizó según el método AOAC 991.20. Método Kjeldahl, el factor de conversión fue 6,38. Los resultados se expresan como porcentaje. Para la digestión de proteína se pesaron 1g de queso fresco, 1g de queso fresco ácido, 1g de queso fundido, para cada proceso se realizó dos repeticiones. Luego se colocaron las muestras en el tubo digestor, se agregó a cada tubo 10 ml de ácido sulfúrico concentrado y 5g de catalizador (sulfato de selenio o sulfato de cobre), se calienta hasta obtener una solución transparente. Se neutraliza la solución con NaOH y se destila el amoníaco liberado. Luego se recogió el amoníaco en una solución acida y posteriormente titular con ácido estándar. Para determinar la cantidad de nitrógeno destilado mediante titulación. Se calcula el contenido de nitrógeno y convertir a proteína.

$$\text{Proteína (\%)} = \text{Nitrógeno (\%)} \times 6,38 \quad (9)$$

2.9.4. Determinación de grasa

Se realizó según el método Gerber – Van Gulik (Hernández, 2024). Se pesaron $3 \text{ g} \pm 0,001 \text{ g}$ de queso, los cuales se molieron y se colocaron en un butirómetro y se añadieron 15 ml de ácido sulfúrico, en el caso de suero, se agregaron 10 ml de suero al butirómetro junto con el ácido sulfúrico con una densidad de 1,118g/ml. Calentando la mezcla en un baño de agua a 65°C hasta su completa digestión con agitaciones. Posteriormente, se agregó 1 ml de alcohol isomílico. La mezcla se calentó nuevamente durante 5 minutos, se centrifugó a 1200 rpm por 5 minutos y se dejó en baño de agua por 5 minutos. Finalmente, se realizó la lectura del porcentaje de grasa ajustando la base de la columna al cero. Este procedimiento permitió determinar de manera precisa y reproducible el contenido de grasa en la muestra de queso.

$$\text{Grasa (\%)} = \left(\frac{\text{Peso del vaso con grasa} - \text{Peso del vaso vacío}}{\text{Peso muestra}} \right) \times 100 \quad (10)$$

$$\text{Grasa(\%)} = \text{Lectura en el butirómetro} \quad (11)$$

2.9.5. Determinación de humedad

Se realizó según el método AOAC 934.01. Se pesaron aproximadamente 5g de queso en un crisol que había sido previamente secado y tarado. La muestra se secó en un horno de aire caliente a una temperatura de $100 - 105^{\circ}\text{C}$ durante un periodo de 3 a 4 horas. Una vez finalizado el secado, la muestra se enfrió en un desecador y se pesó

nuevamente. Finalmente, se calculó el contenido de humedad utilizando la fórmula correspondiente.

$$\text{Humedad (\%)} = \left(\frac{\text{Peso inicial} - \text{Peso final}}{\text{Peso final}} \right) \times 100 \quad (12)$$

2.9.6. Determinación de cenizas

Se realizó según el método AOAC 923.03. Se pesaron aproximadamente 5g de queso en un crisol que había sido previamente secado y tarado. La muestra se quemó inicialmente en un mechero para evitar pérdidas por ebullición. Posteriormente, se realizó la calcinación en una mufla a una temperatura de 500 – 550°C hasta obtener cenizas de color blanco o gris claro. Las cenizas se enfriaron en un desecador y se pesaron. Finalmente, se calculó el contenido de cenizas utilizando la fórmula correspondiente.

$$\text{Ceniza (\%)} = \left(\frac{\text{Peso de ceniza}}{\text{Peso inicial}} \right) \times 100 \quad (13)$$

2.9.7. Prueba de sodio del queso fundido

Método de Titulación con Nitrato de Plata (Método de Mohr) según Harris (2016), se determinó el contenido de cloruros en queso fundido. Primero, se homogeneizó el queso y se pesaron 5 g, disolviéndose en 50 mL de agua destilada con agitación y, si fue necesario, calentando ligeramente. Luego, se añadió 1 mL de solución de cromato de potasio (K_2CrO_4) al 5% como indicador. Se tituló la muestra con nitrato de plata ($AgNO_3$) 0,1 M desde una bureta, agitando constantemente, hasta que apareció un precipitado rojo ladrillo persistente, indicando el punto final de la reacción. Finalmente, se registró el volumen de nitrato de plata gastado para calcular la concentración de cloruros.

Cálculo contenido de sodio:

$$\text{Masa de Na} = \text{Masa de NaCl} \times \left(\frac{\text{Masa molar de Na (22,99 g/mol)}}{\text{Masa molar de NaCl (58,44 } \frac{\text{g}}{\text{mol}})} \right) \quad (14)$$

El contenido de sodio se expresa en miligramos de sodio por 100 gramos de queso fundido (mg Na/100 g).

2.9.8. Determinación de análisis microbiológicos

El análisis microbiológico de las muestras de queso fundido se llevó a cabo siguiendo los protocolos estandarizados descritos en el método de ensayo (FAO, 1992).

Para la preparación de la muestra, se pesaron asépticamente 25 g de queso fundido y se homogeneizaron con 225 mL de agua peptonada tamponada estéril (dilución 1:10). A partir de esta suspensión inicial, se realizaron las diluciones decimales seriadas necesarias para el recuento de los siguientes grupos microbianos:

a) Recuento de coliformes

Se procedió mediante la técnica de recuento en placa por vertido utilizando Agar Bilis Rojo Violeta (VRBA). Se inocularon 1 mL de las diluciones correspondientes en placas de Petri estériles y se vertió el medio fundido mantenido a 45 °C. Una vez solidificado, se agregó una sobre capa del mismo medio para generar condiciones de anaerobiosis parcial. Las placas se incubaron invertidas a 37 °C durante 24 a 48 horas. Se contaron las colonias de color rojo púrpuras rodeadas de una zona de precipitación de ácidos biliares, expresando los resultados como Unidades Formadoras de Colonias por gramo (UFC/g).

b) Recuento de *Staphilococcus aureus*

La determinación se realizó mediante siembra en superficie en Agar Baird-Parker, suplementado con emulsión de yema de huevo y telurito. Se distribuyó 0,1 mL de la muestra diluida sobre la superficie del agar seco. Las placas se incubaron a 37 °C durante 24 a 48 horas. Se consideraron como presuntivas las colonias negras, brillantes y convexas, rodeadas de un halo claro (actividad lipolítica). Para la confirmación, se seleccionaron colonias representativas y se sometieron a la prueba de coagulasa, considerándose positivas aquellas capaces de coagular el plasma de conejo.

c) Recuento de mohos y levaduras

Se utilizó la técnica de siembra en placa con Agar Papa Dextrosa (PDA) acidificado (o Agar Oxitetraciclina Glucosa Extracto de Levadura - OGYA, según disponibilidad del método específico 01-03). Las placas inoculadas se incubaron a 22-25 °C durante 5 días. Transcurrido este tiempo, se procedió al recuento diferencial de

las colonias con características morfológicas de hongos filamentosos (mohos) y colonias cremosas/pastosas (levaduras), reportando el resultado en UFC/g.

2.9.9. Evaluación sensorial (apariencia, color, aroma, sabor, textura y aceptación general)

En la evaluación sensorial se llevó a cabo de acuerdo con el método escalas hedónicas (Rogers, 2010), con algunas modificaciones. En el laboratorio, se realizó una evaluación sensorial del queso fundido. Primero, se seleccionaron muestras representativas de diferentes etapas de producción o almacenamiento, asegurando su correcta identificación. Las muestras se sirvieron a temperatura ambiente (20-25°C) en paletas de helado cada uno rotulado, se utilizaron vasos desechables transparentes, servilletas y formularios para la evaluación; a cada participante se le ofrecieron muestras de queso fundido de 8 -10 g en paleta. Se conformó un panel de 50 personas, de ambos sexos y con edades mayores de 18 años, seleccionadas al azar.

Los evaluadores probaron pequeñas porciones de queso fundido, evaluando la intensidad del sabor, la presencia de sabores extraños y la persistencia en boca, utilizando una escala hedónica de 5 puntos. También se evaluó el olor, considerando la intensidad del aroma y la presencia de olores desagradables. Finalmente, se observó la apariencia del queso fundido, analizando el color, la textura superficial y la homogeneidad. Todas las calificaciones se registraron en hojas de registro para su posterior análisis.

2.9.10. Estabilidad oxidativa con OXITECS del queso fundido

La estabilidad oxidativa del queso fundido se evaluó utilizando un reactor de prueba de oxidación (Velp® Scientifica, Usmate, Italia) (Romeo et al., 2020). Fueron pesados 10,0 g de queso fundido y se distribuyeron homogéneamente en dos cámaras de titanio herméticamente selladas. Posteriormente, se burbujeó O₂ en la cámara hasta una presión de 6 bar y la temperatura del reactor se ajustó a 90°C. La presión de oxígeno se monitorizó mediante el software OXISOFT™ (Velp® Scientifica, Usmate, Italia) y el consumo de O₂ (%) del AO durante la oxidación lipídica se calculó en diferentes momentos como:

$$O_2(\%)_{consumido} = \left(1 - \frac{OP_t}{OP_0}\right) * 100 \quad (15)$$

Dónde: OP_t y OP₀ son la presión de oxígeno en un tiempo t y al inicio, respectivamente.

Las curvas cinéticas de consumo de O₂ en función del tiempo se ajustaron a los modelos lineales (Ecuación (15)) y sigmoideal (Ecuación (16)) en todo el rango de los datos cinéticos de las fases de iniciación y propagación del consumo de O₂. Las ecuaciones se adaptaron de Farhoosh (2020) y (Farhoosh, 2021a). Se calcularon diferentes parámetros cinéticos de la oxidación de lípidos (ecuaciones (17), (18), (19), (20), (21), (22), (23)).

$$\text{Consumo } O_2 = k_{IP}(t) + \text{consumo } O_{20} \quad (16)$$

$$\text{Consumo } O_2 = \frac{k_c}{\exp[k_c(C-t)]+k_d} \quad (17)$$

$$\text{Consumo } O_2 \text{ maximo} = \frac{k_c}{k_d} \quad (18)$$

$$R_{max} = \frac{k_c^2}{4k_d} \quad (19)$$

$$R_n = \frac{R_{max}}{\text{Consumo } O_2 \text{ max}} \quad (20)$$

$$IP = \frac{k_c(2-k_c C + \ln k_d) - 4(\text{consumo } O_{20} k_d)}{4k_{IP}k_d - k_c^2} \quad (21)$$

$$O_i = \frac{IP}{k_{IP}} \quad (22)$$

$$\text{Consumo } O_{2IP} = k_{IP}(IP) + \text{consumo } O_{20} \quad (23)$$

$$t_p = \frac{4k_d R_{max} - k_c R_n(2 - k_c C + \ln k_d)}{\text{Consumo } O_2 \text{ max}} - IP \quad (24)$$

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. FORMULACIÓN DEL QUESO FUNDIDO CON PROGRAMACIÓN LINEAL

Se presentan los resultados obtenidos de la formulación del queso fundido mediante el uso de programación lineal, aplicada como una herramienta para optimizar la combinación de los ingredientes. Este método permitió determinar proporciones adecuadas de los insumos, cumpliendo con los requisitos tecnológicos, nutricionales y económicos establecidos para el producto. Teniendo en cuenta la información de composición de los insumos está en la (Tabla 6)

Según la Figura 14, la formulación óptima del queso fundido se obtiene mediante la mezcla de insumos: 52,05 % de queso ácido; 10,01 % de queso fresco; 22,94 % de crema de leche y 15 % de pasta de aceituna, sin necesidad de adición leche en polvo ni agua, alcanzando un total de 100 kg de mezcla. El modelo asegura que se cumplen todas las restricciones: la materia grasa es 24,22 % (dentro del rango 22,5 – 45 %), los extractos totales (sólidos totales) y la relación MG/ET se ajustan al límite permitido (45 %), la humedad es de 55 % (menor al máximo de 65), la relación N caseínico/N total es 70,99 % (dentro de 60 – 80 %) y la pasta de aceituna cumple el valor requerido de 15 kg. Finalmente, el costo mínimo alcanzado de los insumos es S/ 2047,88 para la producción de 100 kg de queso fundido.

Figura 14

Resultado de mezcla con 36% de grasa de crema de leche la para desarrollar la formulación del queso fundido por programación lineal

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		X1	X2	X3	X4	X5	X6		
2		Q. Acido	Q. Fresco	L. Polvo	Crema de leche	Pasta aceituna	Agua	Total	QUESO FUNDIDO (F1)
3	Requerido	52.05	10.01	0.00	22.94	15.00	0.00	100.00	
4									Restricciones
5	Total	1	1	1	1	1	1	100.000	100
6	Grasa	0.23	0.22	0.122	0.36	0.15	0	24.682	≥ 22.5 ≤ 45
7	EST	0.6	0.42	0.965	0.417	0	0	45.000	45
8	MG/EST	0.383	0.524	0.126	0.863	0	0	45.000	45 a 60
9	Humedad	0.4	0.58	0.035	0.583	0	1	55.000	< 65
10	N caseinico/N total	0.75	0.9	1	1	0	0	70.987	> 60 < 80
11	Pasta de aceituna	0	0	0	0	1	0	15.000	15
12									
13	Costo u.	20	15	40	21	25	0.0031		
14	Costo total	1040.980	150.178	0	481.722	375	0.0000	2047.880	

Figura 15

Resultado de mezcla con 34% de grasa de crema de leche la para desarrollar la formulación del queso fundido por programación lineal

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		X1	X2	X3	X4	X5	X6		
2		Q. Acido	Q. Fresco	L. Polvo	Crema de leche	Pasta aceituna	Agua	Total	QUESO FUNDIDO (F2)
3	Requerido	55.17	5.57	0.00	24.26	15.00	0.00	100.00	
4									Restricciones
5	Total	1	1	1	1	1	1	100.000	100
6	Grasa	0.23	0.22	0.122	0.34	0.15	0	24.413	≥ 22.5 ≤ 45
7	EST	0.6	0.42	0.965	0.394	0	0	45.000	45
8	MG/EST	0.383	0.524	0.126	0.863	0	0	45.000	45 a 60
9	Humedad	0.4	0.58	0.035	0.606	0	1	55.000	< 65
10	N caseinico/N total	0.75	0.9	1	1	0	0	70.650	> 60 < 80
11	Pasta de aceituna	0	0	0	0	1	0	15.000	15
12									
13	Costo u.	20	15	40	21	25	0.0031		
14	Costo total	1103.414	83.586	0	509.395	375	0.0000	2071.395	

Según la Figura 15, la formulación óptima del queso fundido se obtiene mediante la mezcla de insumos: 55,17 % de queso ácido; 5,57 % de queso fresco; 24,26 % de crema de leche y 15 % de pasta de aceituna, sin necesidad de adición leche en polvo ni agua, alcanzando un total de 100 kg de mezcla. El modelo asegura que se cumplen todas las restricciones: la materia grasa es 24,41 % (dentro del rango 22,5 – 45 %), los extractos totales (sólidos totales) y la relación MG/ET se ajustan al límite permitido (45

%), la humedad es de 55 % (menor al máximo de 65), la relación N caseínico/N total es 70,65 % (dentro de 60 – 80 %) y la pasta de aceituna cumple el valor requerido de 15 kg. Finalmente, el costo mínimo alcanzado de los insumos es S/ 2071,395 para la producción de 100 kg de queso fundido.

Figura 16

Resultado de mezcla con 32% de grasa de crema de leche la para desarrollar la formulación del queso fundido por programación lineal

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1		X1	X2	X3	X4	X5	x6		
2		Q. Acido	Q. Fresco	L. Polvo	Crema de leche	Pasta aceituna	Agua	Total	QUESO FUNDIDO (F3)
3	Requerido	58.67	0.59	0.00	25.74	15.00	0.00	100.00	
4									Restricciones
5	Total	1	1	1	1	1	1	100.000	100
6	Grasa	0.23	0.22	0.122	0.32	0.15	0	24.111	≥ 22,5 ≤ 45
7	EST	0.6	0.42	0.965	0.371	0	0	45.000	45
8	MG/EST	0.383	0.524	0.126	0.863	0	0	45.000	45 a 60
9	Humedad	0.4	0.58	0.035	0.629	0	1	55.000	< 65
10	N caseinico/N total	0.75	0.9	1	1	0	0	70.273	> 60 < 80
11	Pasta de aceituna	0	0	0	0	1	0	15.000	15
12									
13	Costo u.	20	15	40	21	25	0.0031		
14	Costo total	1173.468	8.815	0	540.518	375.000025	0.0000	2097.801	

Según la Figura 16, la formulación óptima del queso fundido se obtiene mediante la mezcla de insumos: 58,67 % de queso ácido; 0,59 % de queso fresco; 25,74 % de crema de leche y 15 % de pasta de aceituna, sin necesidad de adición leche en polvo ni agua, alcanzando un total de 100 kg de mezcla. El modelo asegura que se cumplen todas las restricciones: la materia grasa es 24,11 % (dentro del rango 22,5 – 45 %), los extractos totales (sólidos totales) y la relación MG/ET se ajustan al límite permitido (45 %), la humedad es de 55 % (menor al máximo de 65), la relación N caseínico/N total es 70,27 % (dentro de 60 – 80 %) y la pasta de aceituna cumple el valor requerido de 15 kg. Finalmente, el costo mínimo de los insumos alcanzado es S/ 2097,80 para la producción de 100 kg de queso fundido.

3.2. COMPOSICIÓN QUÍMICO PROXIMAL DEL QUESO FUNDIDO

Los resultados de la composición químico proximal evidenciaron diferencias entre las tres formulaciones de queso fundido, asociadas principalmente a la variación en el contenido de crema de leche empleada en la formulación. Estas diferencias confirmaron que la modificación del nivel de grasa influyó directamente en la distribución de los principales componentes del producto final, como se muestra en la Tabla 7.

Tabla 7*Composición químico proximal de las tres formulaciones*

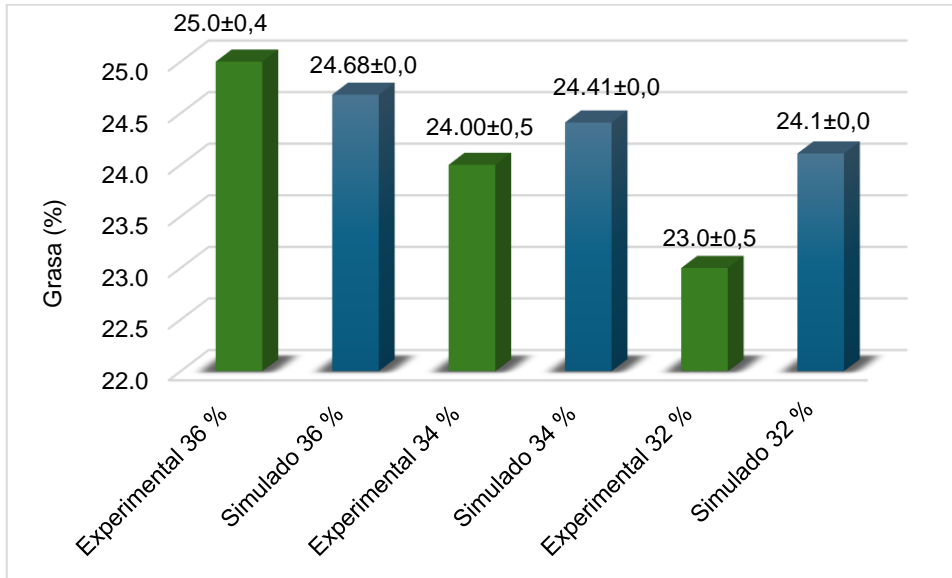
Componentes	Formulaciones		
	Con 36% de crema de leche	Con 34% de crema de leche	Con 32% de crema de leche
	(F1)	(F2)	(F3)
Proteína (%)	9,60 ± 0,20	10,10 ± 0,18	10,60 ± 0,22
Grasa (%)	25,0 ± 0,4	24,0 ± 0,5	23,0 ± 0,5
Humedad (%)	54,6 ± 0,6	55,2 ± 0,5	55,8 ± 0,6
Cenizas (%)	3,02 ± 0,05	2,95 ± 0,06	2,88 ± 0,06
Carbohidratos (%)	7,78 ± 0,0	7,75 ± 0,0	7,72 ± 0,0

El contenido de proteína mostró un incremento progresivo desde 9,60 % en la formulación con 36 % de crema de leche (F1) hasta 10,60 % en la formulación con 32 % de crema de leche (F3). Este comportamiento se explicó por el efecto de dilución de la fracción proteica a mayores niveles de grasa, ya que al reducirse la proporción de crema de leche se incrementó la participación relativa de los quesos base (queso ácido y queso fresco), principales fuentes de caseínas. Este resultado concuerda con lo reportado por Guinee et al. (2004) y Fox et al. (2017), quienes señalaron que en quesos fundidos la relación proteína/grasa es determinante para la estructura y estabilidad del producto, observándose mayores contenidos proteicos en formulaciones con menor fracción lipídica.

En la Figura 17 muestra una comparación del contenido de grasa (%) de un producto final, tanto experimental y simulado, entre las formulaciones diferenciadas se debe al porcentaje de grasa en crema de leche 25.0 % (F1), 24,0 % (F2) y 23.0 % (F3). Se verifica una clara relación positiva del producto, tanto en experimental y simulado. Con los resultados podemos afirmar que el método de programación lineal tiene buen acierto, especialmente en las formulaciones (F1 Y F2), donde la diferencia absoluta entre el valor simulado y el experimental es mínima (0.32%) lo que valida su uso como herramienta de optimización de costos. Otra forma de acercarse es determinar composición de cada insumo, pero es costosa.

Figura 17

Resultado del contenido de grasa (%) con las diferentes formulaciones experimental y simulado

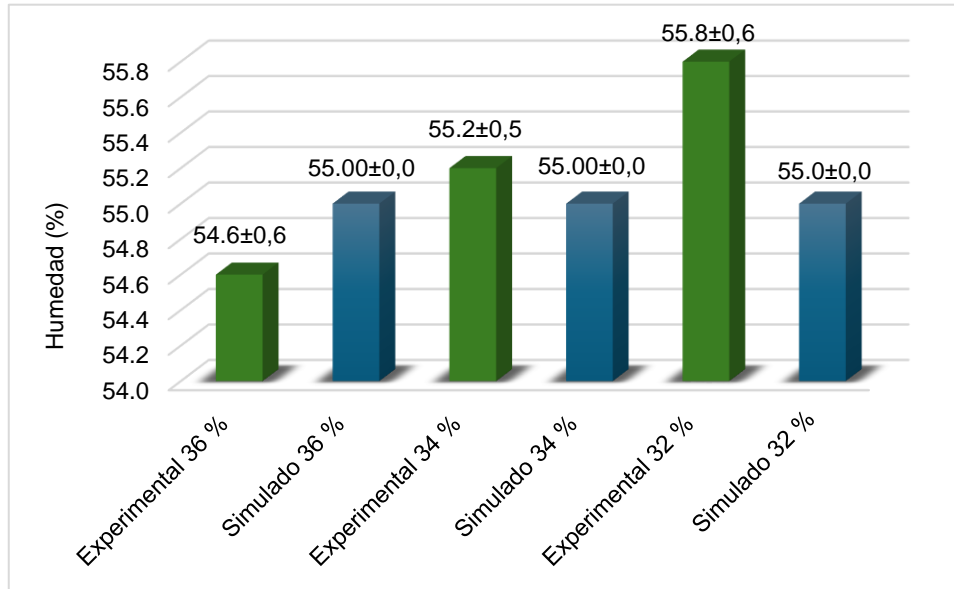


En cuanto al contenido de grasa, se observó una disminución progresiva de 25,0 % a 23,0 % conforme se redujo el porcentaje de crema de leche en la formulación, lo que evidencia una correspondencia directa entre la formulación teórica y los valores experimentales obtenidos. Estos valores se encontraron dentro del rango reportado para quesos fundidos tipo untable, según Kapoor y Metzger (2008), quienes indican que contenidos de grasa entre 20 % y 30 % permiten obtener productos con adecuada textura y aceptabilidad.

En la Figura 18 muestra una comparación del contenido de humedad (%) en el producto final, tanto experimental y simulado, entre las formulaciones diferenciadas se debe al porcentaje de grasa en crema de leche 54,60 % (F1), 55,2 % (F2) y 55,8 % (F3). Se observa los valores que varían ligeramente entre 54,6% ± 0.6 y 55,8 ± 0.6, los valores simulados se mantienen constantes e idénticos en 55,0% para las tres formulaciones. Esta variación en la simulación indica, el modelo de programación lineal no logra capturar la dependencia de la humedad, pero dentro de las restricciones se colocó que la humedad está dentro a menores de 65% de humedad.

Figura 18

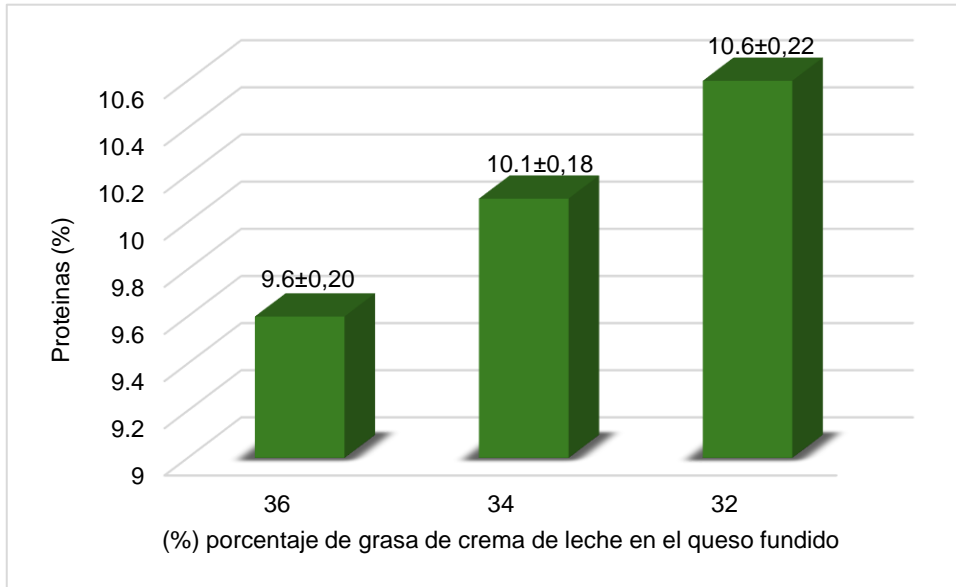
Resultado del contenido humedad (%) con las diferentes formulaciones experimental y simulado



El contenido de humedad presentó un ligero incremento desde 54,6 % en F1 hasta 55,8 % en F3, lo cual se atribuyó a la reducción del contenido graso, ya que la fase lipídica fue parcialmente reemplazada por agua en la matriz del producto. Este comportamiento ha sido descrito por Walstra et al. (2005), quienes señalan que la disminución de grasa en productos lácteos suele ir acompañada de un aumento de la humedad, con el fin de mantener la funcionalidad y estabilidad del sistema. Además, los valores se encuentran dentro del rango permitido por el Codex Alimentarius para quesos fundidos para untar, que indica humedades entre 56 y 72 %, aunque la formulación elaborada muestra niveles menores debido a las características específicas del proceso y la ausencia de sales fundentes, lo cual también fue observado por Carić y Kaláb (1999). Los valores obtenidos se mantuvieron dentro de los rangos característicos de quesos fundidos, lo que evitó problemas de sinéresis o separación de fases.

Figura 19

Resultados de la cantidad de proteína (%) en diferentes formulaciones de queso fundido

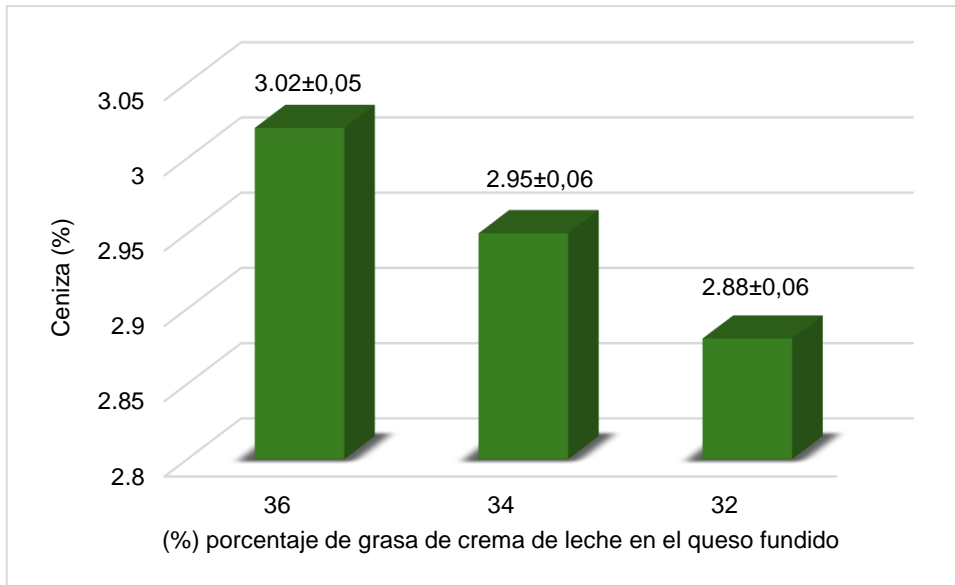


La Figura 19, muestra la cantidad de proteína (%) obtenida experimentalmente en las tres formulaciones del queso fundido, diferenciadas por el porcentaje de grasa en la crema de leche utilizada F1 (36%), F2 (34%), F3 (32%). La formulación con mayor porcentaje de grasa el contenido de proteína es el bajo 9,6% en cambio la formulación menor porcentaje de grasa el contenido de proteína es el más alto 10,6%.

La Figura 20 presenta la cantidad de ceniza (%) obtenida experimentalmente en las formulaciones del queso fundido, donde la variable principal fue el porcentaje de grasa en la crema de leche. Se observa una relación directa entre la concentración de la formulación y el contenido del mineral, la formulación con mayor porcentaje de grasa F1 (36%) registra el valor más alto de ceniza 3,02%, mientras que la formulación con menor grasa F3 (32%) presenta el valor más bajo 2,88%.

Figura 20

Resultado de la cantidad de ceniza (%) en diferentes formulaciones del queso fundido

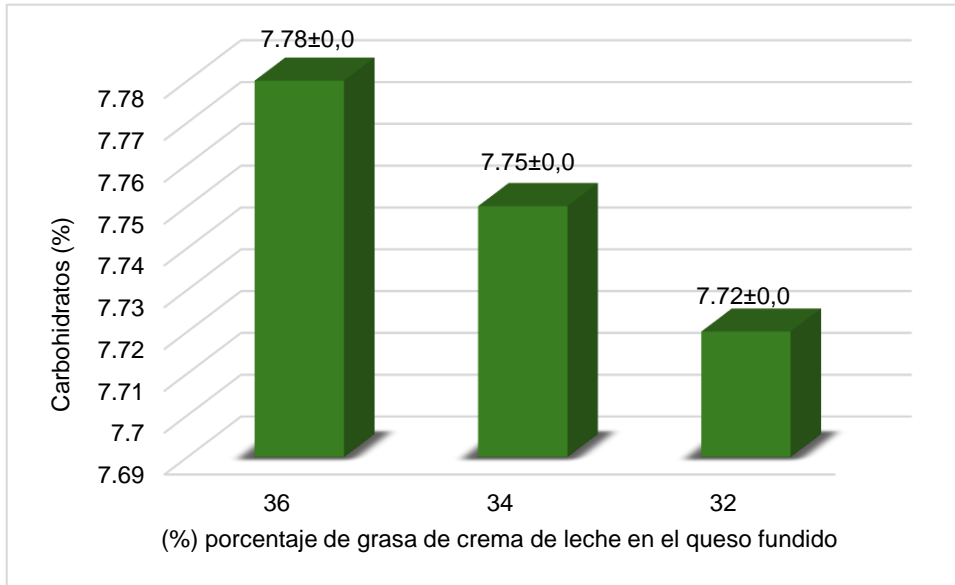


Respecto al contenido de cenizas, se observó una leve disminución de 3,02 % a 2,88 % al reducir el nivel de crema de leche. Este resultado se explicó por la menor incorporación de sales minerales asociadas a la fase grasa y a la reducción del contenido de sodio en la formulación. Estudios previos indican que la reducción de ingredientes ricos en sales contribuye a disminuir el contenido de cenizas en quesos fundidos (Cruz et al., 2011), lo cual es coherente con el enfoque de reducción de sodio planteado en el presente estudio.

El contenido de carbohidratos de acuerdo a la Figura 21; aumentó ligeramente en las tres formulaciones de queso fundido a medida que se redujo la grasa, pasando de 23,18 % en F1 a 23,42 % en F3.

Figura 21

Resultado de la cantidad de carbohidratos (%) en diferentes formulaciones del queso fundido



El contenido de carbohidratos se mantuvo constante en las tres formulaciones (7,78 %–7,72 %), lo que se atribuyó a que los ingredientes aportantes de carbohidratos (principalmente lactosa residual y aditivos funcionales) no variaron significativamente entre los tratamientos. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Fox et al. (2017), quienes señalan que en quesos fundidos las variaciones en grasa no influyen de manera significativa en el contenido de carbohidratos cuando la formulación base se mantiene constante.

3.3. CANTIDAD DE SODIO DEL QUESO FUNDIDO

Los resultados obtenidos para el contenido de sodio en las diferentes formulaciones de queso fundido evidenciaron una disminución progresiva del Na conforme se redujo el porcentaje de grasa en la formulación, como se muestra en la Tabla 8. La formulación con 36 % de grasa presentó el mayor contenido de sodio (1,3321 ± 0,002 g/100 g), mientras que la formulación con 32 % de grasa mostró el menor valor (1,1327 ± 0,002 g/100 g), lo que indica una relación directa entre el nivel de grasa y el contenido de sodio del producto final.

Tabla 8

Cantidad (Na) en diferentes formulaciones del queso fundido

Formulación (% grasa)	Na (g/100 g)
36%	1,3321±0,002
34%	1,2755±0,025
32%	1,1327±0,002

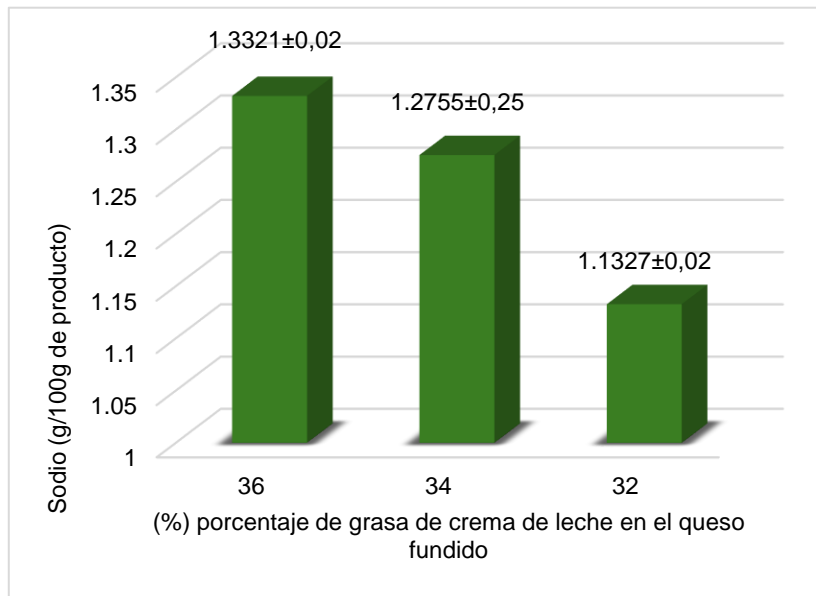
Este comportamiento se debió principalmente por la reducción proporcional de ingredientes con mayor aporte de sodio, como la crema de leche y los quesos base, al disminuir el contenido graso en la formulación. Asimismo, la ausencia de sales fundentes en el proceso de elaboración contribuyó significativamente a mantener niveles reducidos de sodio en todas las formulaciones, diferenciando al producto obtenido de los quesos fundidos convencionales, los cuales presentan contenidos de sodio más elevados debido al uso de fosfatos y citratos sódicos (Guinee et al., 2004; Kapoor y Metzger, 2008).

Los resultados en la Figura 22 se observa que el contenido de sodio (Na) en las tres formulaciones de queso fundido varió entre 1,1327 ± 0,002 g/100 g (32 % de grasa), 1,2755 ± 0,025 g/100 g (32 % de grasa) y 1,3321 ± 0,002 g/100 g (36 % de grasa).

Desde el punto de vista tecnológico, la reducción del sodio suele representar un desafío en quesos fundidos, debido a su rol en la solubilización de las caseínas y en la estabilidad de la emulsión grasa - proteína. Sin embargo, en el presente estudio, la disminución del sodio no generó defectos estructurales ni sensoriales apreciables, lo cual se atribuyó al empleo de queso ácido, cuyo bajo contenido de calcio favoreció la desagregación de la micela caseínica, reduciendo la dependencia del sodio como agente funcional. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Cruz et al. (2011) y Ramírez et al. (2017), quienes señalan que la reducción de sodio es viable cuando se controla adecuadamente el pH y la composición mineral del sistema.

Figura 22

Resultado de cantidad de Na (g/100g de queso fundido) en las diferentes formulaciones del queso fundido.



Desde una perspectiva nutricional, los valores obtenidos confirman que las formulaciones desarrolladas pueden considerarse bajas en sodio en comparación con quesos fundidos comerciales, alineándose con las recomendaciones de organismos internacionales orientadas a la reducción del consumo de sodio para la prevención de enfermedades cardiovasculares (OMS, 2012). Estudios previos han demostrado que la reducción progresiva del sodio en productos lácteos no afecta negativamente la aceptación del consumidor cuando se mantiene el equilibrio sensorial y tecnológico del producto (Heymann y Lawless, 2013).

3.4. COMPUESTOS BIOACTIVOS (FENÓLICOS, ANTIOXIDANTES Y ACTIVIDAD ANTIOXIDANTE)

En la evaluación de los compuestos bioactivos presentes en las formulaciones de queso fundido permitió determinar el aporte funcional de la pasta de aceituna dentro del alimento lácteo. Estos componentes principalmente polifenoles, antocianinas y antioxidantes, están asociados a beneficios nutricionales y a una mayor estabilidad frente a la oxidación lipídica, por lo que su comportamiento en el producto final resulta

crítico para describir su calidad funcional. Dado que los compuestos fenólicos presentan afinidad variable según el contenido graso del sistema alimentario, se analizó cómo los diferentes porcentajes de crema de leche influyeron en su retención y actividad antioxidante.

3.4.1. Compuestos fenólicos y antocianinas

Los resultados mostraron que el contenido de polifenoles totales y antocianinas en el queso fundido disminuyó progresivamente conforme se redujo el porcentaje de grasa en la formulación, como se muestra en la Tabla 9. El queso fundido con 36 % de grasa presentó el mayor contenido de polifenoles totales (497 ± 2 mg GAE/100 g) y antocianinas ($1,24 \pm 0,04$ mg/100 g), mientras que la formulación con 32 % de grasa registró los valores más bajos, con 428 ± 2 mg GAE/100 g de polifenoles totales y $1,07 \pm 0,02$ mg/100 g de antocianinas.

Tabla 9

Contenido de fenoles en queso fundido con diferente porcentaje de grasa

Muestra	Polifenoles totales (mg GAE/100 g de queso)	Antocianinas (mg/100 g)
Queso fundido con 36% de grasa	497 ± 2	$1,24 \pm 0,04$
Queso fundido con 34% de grasa	453 ± 3	$1,13 \pm 0.03$
Queso fundido con 32% de grasa	428 ± 2	$1,07 \pm 0,02$

Nota: GAE: Equivalente al ácido gálico

Este comportamiento se explicó por la mayor afinidad de los compuestos fenólicos por la fase lipídica del alimento. Diversos estudios señalan que muchos compuestos fenólicos, especialmente aquellos presentes en la aceituna, poseen carácter parcialmente lipofílico, lo que favorece su solubilización y retención en matrices con mayor contenido de grasa (Boskou, 2006; Covas et al., 2006). En este contexto, el mayor contenido graso del queso fundido con 36 % de grasa permitió una mayor retención de polifenoles y antocianinas dentro de la matriz del producto.

Desde el punto de vista tecnológico, la matriz grasa actuó como un sistema protector de los compuestos fenólicos frente a procesos de degradación térmica y oxidativa durante la elaboración del queso fundido. Según Visioli y Galli (1998), la presencia de lípidos puede reducir la exposición de los compuestos fenólicos al oxígeno y a temperaturas elevadas, lo que contribuye a preservar su estabilidad. Este efecto explicaría los mayores valores observados en las formulaciones con mayor porcentaje de grasa.

Asimismo, la disminución gradual del contenido de antocianinas con la reducción de grasa puede atribuirse a la menor capacidad del sistema para estabilizar estos compuestos, los cuales son sensibles al pH, a la temperatura y a la oxidación. Estudios previos han reportado que las antocianinas presentan mayor estabilidad cuando se encuentran asociadas a matrices lipídicas o proteicas, que limitan su degradación durante el procesamiento (Giusti y Wrolstad, 2003).

Los valores obtenidos en el presente estudio se encontraron dentro de los rangos reportados para productos lácteos enriquecidos con ingredientes de origen vegetal ricos en compuestos fenólicos. Investigaciones realizadas por Romero et al. (2004) y Boskou (2006) indican que la incorporación de derivados de aceituna en alimentos procesados incrementa significativamente el contenido de polifenoles, mejorando el perfil funcional del producto.

3.4.2. Actividad antioxidante

Los resultados de la actividad antioxidante, determinada mediante el método DPPH a una concentración de extracto de 30 000 µg/mL, evidenciaron diferencias claras entre las tres formulaciones de queso fundido, como se muestra en la Tabla 10. La formulación con 36 % de grasa presentó la mayor actividad antioxidante ($67,40 \pm 0,30$ %), seguida por la formulación con 34 % de grasa ($64,25 \pm 0,35$ %) y la formulación con 32 % de grasa ($60,30 \pm 0,10$ %). Esta tendencia indicó que la actividad antioxidante del producto disminuyó conforme se redujo el contenido de grasa en la formulación.

Tabla 10

Actividad antioxidante de las tres formulaciones del queso fundido Método DPPH a diferentes concentraciones de extracto

Muestras	Concentración (ug/ml)
	30000
Queso fundido con 36% de grasa	67,40 ± 0,30
Queso fundido con 34% de grasa	64,25 ± 0,35
Queso fundido con 32% de grasa	60,30 ± 0,10

La disminución progresiva de la actividad antioxidante al reducir el contenido de grasa sugiere que, si bien es posible formular quesos fundidos con menor contenido de grasa, esta reducción puede afectar la funcionalidad antioxidante del producto. Sin embargo, aun la formulación con 32 % de grasa presentó una actividad antioxidante considerable, lo que evidencia que la pasta de aceituna aportó compuestos bioactivos suficientes para conferir propiedades antioxidantes al queso fundido.

Este comportamiento se explicó por la relación directa entre el contenido de compuestos fenólicos y la capacidad antioxidante del queso fundido. Tal como se evidenció en la determinación de polifenoles totales y antocianinas, las formulaciones con mayor contenido de grasa presentaron mayores concentraciones de compuestos bioactivos, los cuales son responsables de la capacidad de captación de radicales libres medidas por el método DPPH. Estudios previos han demostrado una correlación positiva entre el contenido de polifenoles y la actividad antioxidante en alimentos funcionales (Brand-Williams et al., 1995; Visioli y Galli, 1998).

La mayor actividad antioxidante observada en la formulación con 36 % de grasa puede atribuirse a una mayor retención y estabilidad de los compuestos fenólicos en la matriz lipídica del queso. Según Boskou (2006) y Covas et al. (2006), la fase grasa favorece la solubilización de compuestos fenólicos parcialmente lipofílicos, lo que incrementa su disponibilidad para actuar como donadores de hidrógeno frente al radical DPPH. Además, la matriz grasa puede actuar como barrera frente a la oxidación, preservando la actividad antioxidante durante el procesamiento térmico.

Los valores de actividad antioxidante obtenidos se encontraron dentro de los rangos reportados para productos lácteos enriquecidos con ingredientes de origen vegetal ricos en antioxidantes. Investigaciones realizadas por Romero et al. (2004) y Giusti y Wrolstad (2003) señalan que la incorporación de derivados de aceituna o extractos fenólicos en matrices lácteas incrementa significativamente la capacidad antioxidante, contribuyendo a la estabilidad oxidativa del producto final.

3.5. CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DEL QUESO FUNDIDO

Los resultados del análisis microbiológico evidenciaron que todas las formulaciones de queso fundido (36 %, 34 % y 32 % de crema de leche) presentaron recuentos de coliformes menores a 3 NMP/g, *Staphylococcus aureus* inferiores a 10 UFC/g y mohos y levaduras por debajo de 10 UFC/g, como se muestra en la Tabla 11. Estos valores se encontraron dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la RM N°591-2008 MINSA para productos lácteos procesados, lo que confirmó la inocuidad microbiológica de los quesos fundidos elaborados, independientemente del porcentaje de grasa empleado.

Tabla 11

Resultado de análisis microbiológico con diferentes formulaciones del queso fundido

N°	Análisis	Unidades	RESULTADOS		
			Con 36% de crema de leche (F1)	Con 34% de crema de leche (F2)	Con 32% de crema de leche (F3)
1	Coliformes	NMP/g	< 3	< 3	< 3
2	<i>Staphylococcus aureus</i>	UFC/g	< 10	< 10	< 10
3	Mohos y levaduras	UFC/g	< 10	< 10	< 10

Estos resultados se explicaron por la eficacia del proceso térmico aplicado durante la elaboración del queso fundido, el cual incluyó calentamiento y agitación a temperaturas suficientes para reducir significativamente la carga microbiana inicial. Según Walstra et al. (2005) y Fox et al. (2017), el proceso de fundido genera condiciones

adversas para el crecimiento microbiano, principalmente por la combinación de temperatura elevada, reducción de actividad de agua y modificación de la estructura proteica, lo que contribuye a la estabilidad microbiológica del producto final.

La ausencia de los microorganismos entre las formulaciones indicó que la variación en el contenido de grasa no influyó en la calidad microbiológica del queso fundido. Este comportamiento concuerda con lo reportado por Kim et al. (2018), quienes señalaron que el contenido de grasa no constituye un factor determinante en la supervivencia microbiana cuando el producto es sometido a un adecuado tratamiento térmico y se mantienen condiciones higiénico y sanitarias controladas durante el procesamiento.

Asimismo, la ausencia de *Staphylococcus aureus* en niveles detectables fue particularmente relevante desde el punto de vista de la seguridad alimentaria, ya que este microorganismo es comúnmente asociado a deficiencias en las prácticas de manipulación. Los resultados obtenidos sugirieron que se aplicaron adecuadamente las Buenas Prácticas de Manufactura durante la elaboración del producto, tal como lo indican Arteaga et al. (2020), quienes destacan que el control higiénico del proceso es fundamental para garantizar la inocuidad de los quesos procesados.

Por otro lado, los bajos recuentos de mohos y levaduras indicaron una adecuada estabilidad microbiológica del producto frente a microorganismos alterantes, lo cual puede atribuirse tanto al tratamiento térmico como al pH del queso fundido y a la presencia de compuestos fenólicos provenientes de la pasta de aceituna. Estudios previos han reportado que los compuestos fenólicos presentan actividad antimicrobiana frente a hongos y levaduras, lo que podría haber contribuido de manera complementaria a la estabilidad microbiológica del producto (Boskou, 2006).

3.6. CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DEL QUESO FUNDIDO

Los resultados de la evaluación sensorial del queso fundido elaborado con diferentes porcentajes de grasa de crema de leche y pasta de aceituna. La valoración se realizó mediante un panel de catadores que calificó atributos como apariencia, color,

olor, sabor y textura, los cuales son determinantes para la aceptación general del producto por parte del consumidor. Estos análisis permiten comprender cómo la formulación influye en la percepción sensorial y la preferencia hacia cada una de las muestras.

3.6.1. Para el atributo de apariencia

En la tabla 12 presentamos los resultados del ANVA de la prueba sensorial de la evaluación de la apariencia del queso fundido, realizados por los jueces.

Tabla 12

Análisis de varianza para la apariencia del queso fundido.

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Jueces	20,629	34	0,607	2,201	0,003
Formulaciones	0,590	2	0,295	1,071	0,348
Error	18,743	68	0,276		
Total	39,962	104			

En la tabla 12, el atributo apariencia del queso fundido mostró diferencias estadísticamente significativas entre los jueces ($p < 0,05$), mientras que no se evidenciaron diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas ($p > 0,05$).

Tabla 13

Comparación de Tukey para la apariencia del queso fundido

Formulaciones	N	Subconjunto
		1
1	35	2,9143
2	35	3,0571
3	35	3,0857

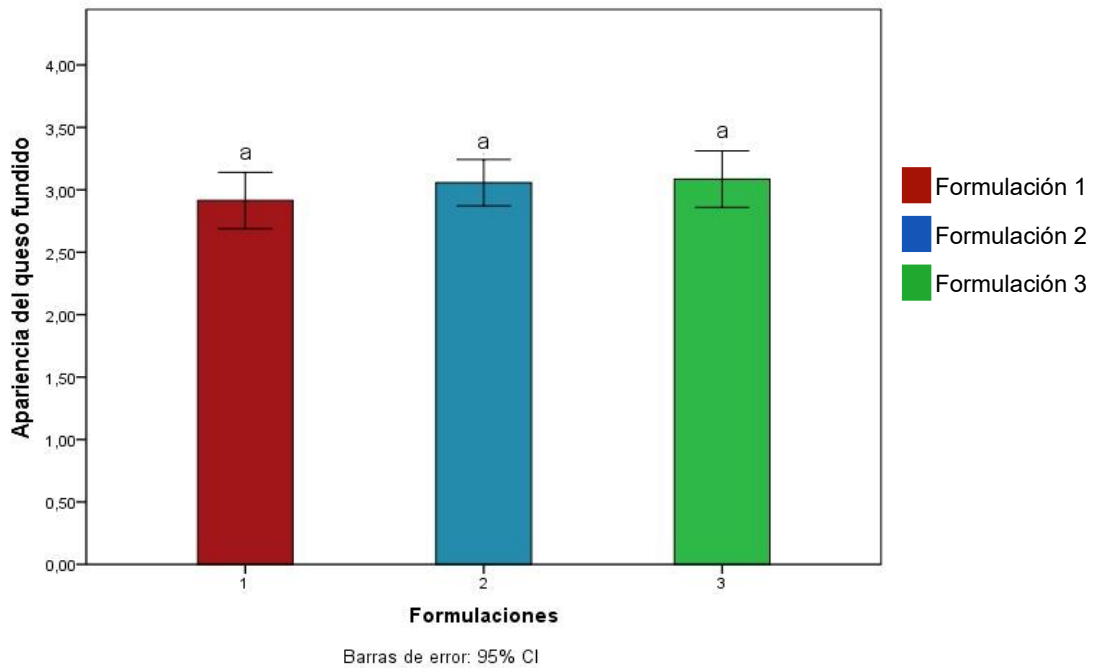
Nota: Las letras (a, b y c) en la misma columna indican que no hay diferencias significativas entre las formulaciones ($p > 0,05$).

En la tabla 13, la comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para el atributo apariencia mostró que las tres formulaciones de queso fundido se

agruparon dentro de un mismo subconjunto homogéneo, lo que indicó que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre ellas ($p > 0,05$).

Figura 23

Comparación para el atributo de apariencia



En la Figura 23 se observa gráficamente la comparación de Tukey de la apariencia del queso fundido con pasta de aceituna con diferentes formulaciones de grasa. La formulación 3 es el más deseable con el respecto de apariencia, aunque no hay diferencias significativas con respecto a las demás formulaciones.

3.6.2. Para el atributo de color

En la tabla 14 presentamos los resultados del ANVA de la prueba sensorial de la evaluación del color del queso fundido, realizados por los jueces.

Tabla 14

Análisis de varianza para el color del queso fundido

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Jueces	20,629	34	0,607	1,695	0,033

Formulaciones	0,990	2	0,495	1,383	0,258
Error	24,343	68	0,358		
Total	45,962	104			

En la tabla 14, el atributo color del queso fundido evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los jueces ($p < 0,05$), mientras que no se observaron diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas ($p > 0,05$).

Tabla 15

Comparación de Tukey para el color del queso fundido

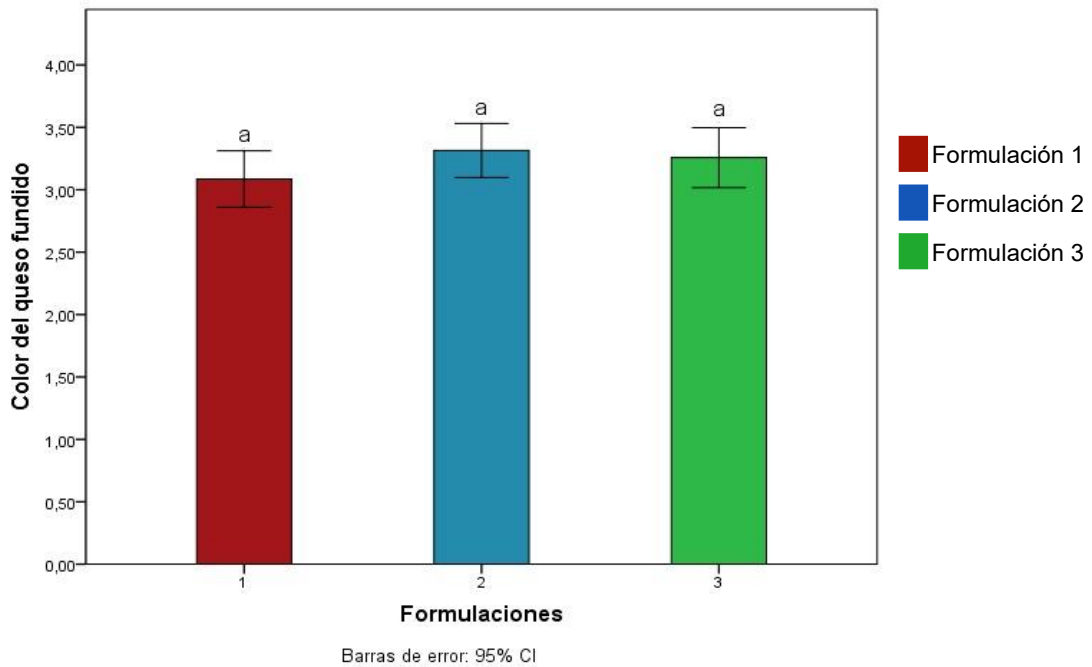
Formulaciones	N	Subconjunto
		1
1	35	3,0857
3	35	3,2571
2	35	3,3143

Nota: Las letras (a, b y c) en la misma columna indican que no hay diferencias significativas entre las formulaciones ($p > 0,05$).

La tabla 15, La comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para el atributo color mostró que las tres formulaciones de queso fundido se agruparon dentro de un mismo subconjunto homogéneo, lo que indicó que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre ellas ($p > 0,05$).

Figura 24

Comparación para el atributo de color



En la Figura 24 se observa gráficamente la comparación de Tukey de color del queso fundido con pasta de aceituna con diferentes formulaciones de grasa. La formulación 3 es el más deseable con el respecto al color, aunque no hay diferencias significativas con respecto a las demás formulaciones.

3.6.3. Para el atributo de aroma

En la tabla 16 presentamos los resultados del ANVA de la prueba sensorial de la evaluación de aroma del queso fundido, realizados por los jueces.

Tabla 16

Análisis de varianza para el aroma del queso fundido

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Jueces	51,848	34	1,525	3,492	0,000
Formulaciones	0,305	2	0,152	0,349	0,707
Error	29,695	68	0,437		
Total	81,848	104			

En la tabla 16, el atributo aroma del queso fundido evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los jueces ($p < 0,05$), mientras que no se observaron diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas ($p > 0,05$).

Tabla 17

Comparación de Tukey para el aroma del queso fundido

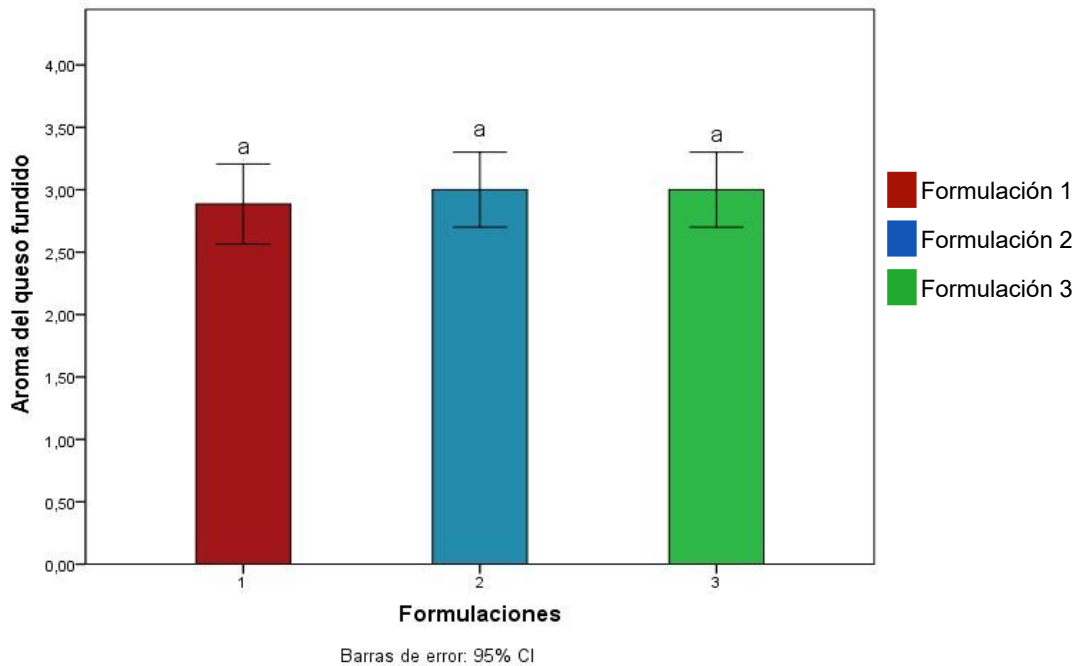
Formulaciones	N	Subconjunto
		1
1	35	2,8857
2	35	3,0000
3	35	3,0000

Nota: Las letras (a, b y c) en la misma columna indican que no hay diferencias significativas entre las formulaciones ($p > 0,05$).

En la tabla 17, la comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para el atributo aroma mostró que las tres formulaciones de queso fundido se agruparon dentro de un mismo subconjunto homogéneo, lo que indicó que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre ellas ($p > 0,05$).

Figura 25

Comparación para el atributo de aroma



En la Figura 25 se observa gráficamente la comparación de Tukey de aroma del queso fundido con pasta de aceituna con diferentes formulaciones de grasa. La

formulación 2 y 3 es el más deseable con el respecto a aroma, aunque no hay diferencias significativas con respecto a las demás formulaciones.

3.6.4. Para el atributo de sabor

En la tabla 18 presentamos los resultados del ANVA de la prueba sensorial de la evaluación del sabor del queso fundido, realizados por los jueces.

Tabla 18

Análisis de varianza para el sabor del queso fundido

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Jueces	50,000	34	1,471	2,593	0,000
Formulaciones	1,429	2	0,714	1,259	0,290
Error	38,571	68	0,567		
Total	90,000	104			

En la tabla 18, el atributo sabor del queso fundido evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los jueces ($p < 0,05$), mientras que no se observaron diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas ($p > 0,05$).

Tabla 19

Comparación de Tukey para el sabor del queso fundido

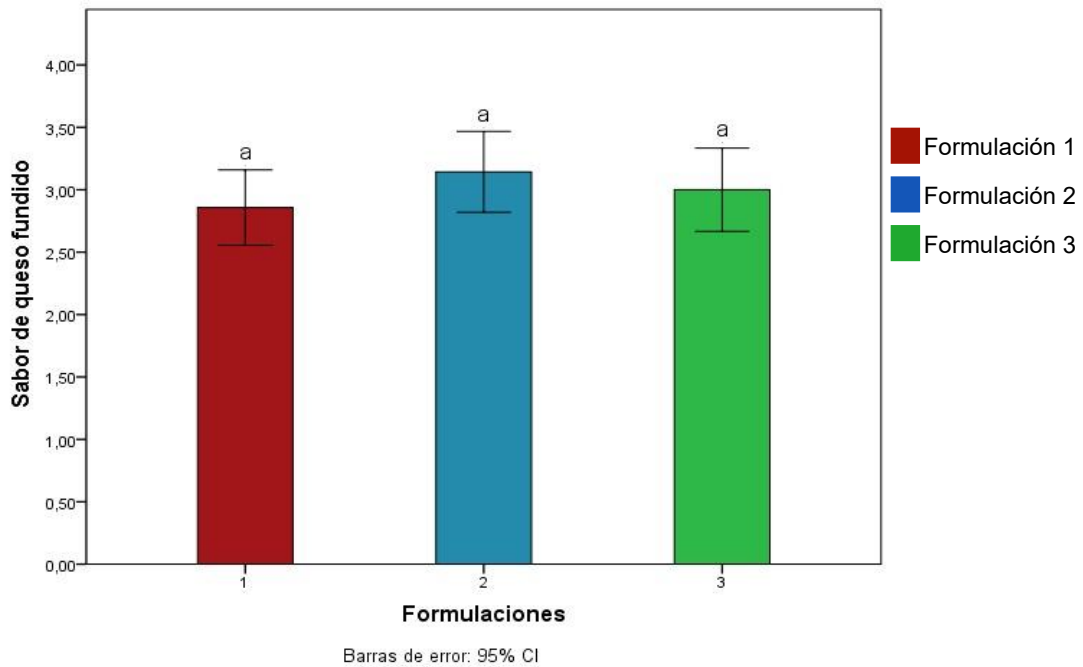
Formulaciones	N	Subconjunto
		1
1	35	2,8571
3	35	3,0000
2	35	3,1429

Nota: Las letras (a, b y c) en la misma columna indican que no hay diferencias significativas entre las formulaciones ($p > 0,05$).

En la tabla 19, la comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para el atributo sabor mostró que las tres formulaciones de queso fundido se agruparon dentro de un mismo subconjunto homogéneo, lo que indicó que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre ellas ($p > 0,05$).

Figura 26

Comparación para el atributo de sabor



En la Figura 26 se observa gráficamente la comparación de Tukey de sabor del queso fundido con pasta de aceituna con diferentes formulaciones de grasa. La formulación 2 y 3 es el más deseable con el respecto a textura, aunque no hay diferencias significativas con respecto a las demás formulaciones.

3.6.5. Para el atributo de textura

En la tabla 20 presentamos los resultados del ANVA de la prueba sensorial de la evaluación de la apariencia del queso fundido, realizados por los jueces.

Tabla 20

Análisis de varianza para la textura del queso fundido

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Jueces	33,429	34	0,983	3,154	0,000
Formulaciones	0,133	2	0,067	0,214	0,808
Error	21,200	68	0,312		
Total	54,762	104			

En la tabla 18, el atributo textura del queso fundido evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los jueces ($p < 0,05$), mientras que no se observaron diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas ($p > 0,05$).

Tabla 21

Comparación de Tukey para la textura del queso fundido

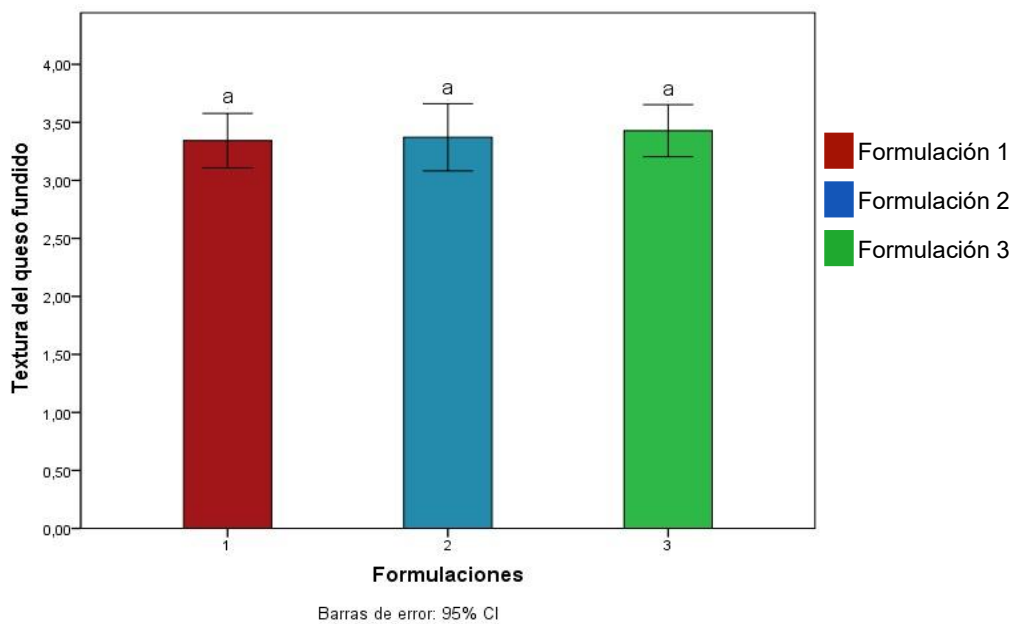
Formulaciones	N	Subconjunto
		1
1	35	3,3429
2	35	3,3714
3	35	3,4286

Nota: Las letras (a, b y c) en la misma columna indican que no hay diferencias significativas entre las formulaciones ($p > 0,05$).

En la tabla 21, la comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para el atributo textura mostró que las tres formulaciones de queso fundido se agruparon dentro de un mismo subconjunto homogéneo, lo que indicó que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre ellas ($p > 0,05$).

Figura 27

Comparación para el atributo de textura



En la Figura 27 se observa gráficamente la comparación de Tukey de textura del queso fundido con pasta de aceituna con diferentes formulaciones de grasa. La

formulación 2 y 3 es el más deseable con el respecto a sabor, aunque no hay diferencias significativas con respecto a las demás formulaciones.

3.6.6. Aceptación general

En la tabla 22 presentamos los resultados del ANVA de la prueba sensorial de la evaluación de aceptación general del queso fundido, realizados por los jueces.

Tabla 22

Análisis de varianza para la aceptación general del queso fundido

Origen	Suma de cuadrados	GL	Media cuadrática	F	Sig.
Jueces	34,057	34	1,002	2,438	0,001
Formulaciones	1,390	2	0,695	1,692	0,192
Error	27,943	68	0,411		
Total	63,390	104			

En la tabla 18, la aceptación general del queso fundido evidenció diferencias estadísticamente significativas entre los jueces ($p < 0,05$), mientras que no se observaron diferencias significativas entre las formulaciones evaluadas ($p > 0,05$).

Tabla 23

Comparación de Tukey para la aceptación general del queso fundido

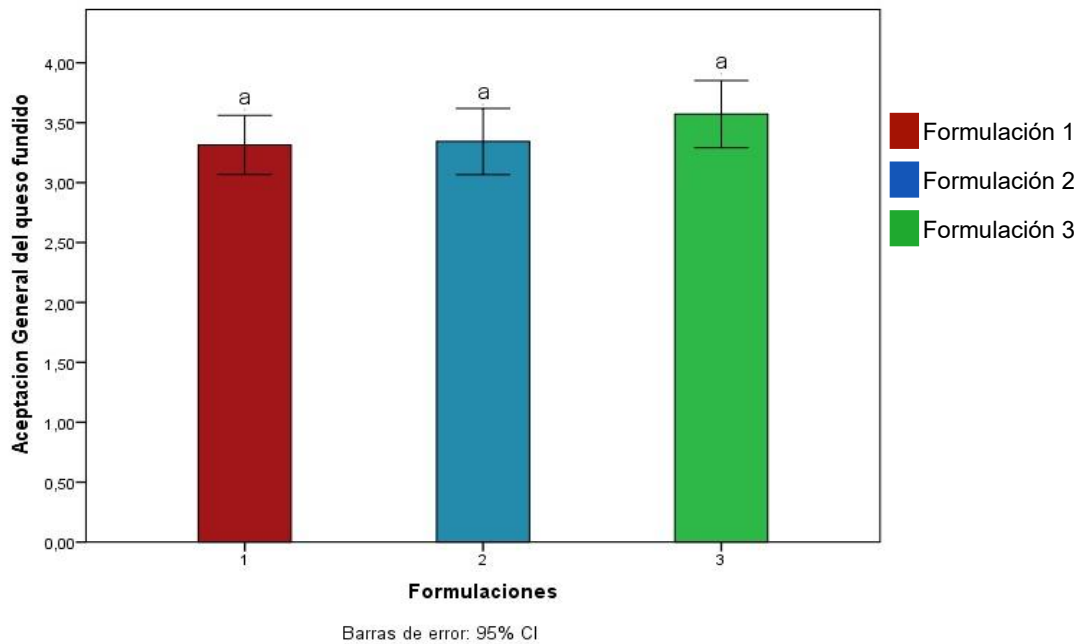
Formulaciones	N	Subconjunto
		1
1	35	3,3143
2	35	3,3429
3	35	3,5714

Nota: Las letras (a, b y c) en la misma columna indican que no hay diferencias significativas entre las formulaciones ($p > 0,05$).

En la tabla 23, la comparación múltiple de medias mediante la prueba de Tukey para la aceptación general mostró que las tres formulaciones de queso fundido se agruparon dentro de un mismo subconjunto homogéneo, lo que indicó que no existieron diferencias estadísticamente significativas entre ellas ($p > 0,05$).

Figura 28

Comparación para el atributo de aceptación general



En la Figura 28 se observa gráficamente la comparación de Tukey de aceptación general del queso fundido con pasta de aceituna con diferentes formulaciones de grasa. La formulación 2 y 3 es el más deseable con el respecto aceptación general, aunque no hay diferencias significativas con respecto a las demás formulaciones.

Todas las formulaciones presentaron una apariencia homogénea y un color uniforme, lo cual se atribuyó a un adecuado proceso de fundido y mezcla que permitió una correcta dispersión de la fase grasa, las proteínas lácteas y los pigmentos naturales aportados por la pasta de aceituna. Este resultado concuerda con lo reportado por Guinee et al. (2004) y Kapoor y Metzger (2008), quienes señalan que reducciones moderadas de grasa no generan cambios perceptibles en los atributos visuales de quesos fundidos cuando se mantiene el equilibrio composicional.

La reducción del contenido de grasa no generó cambios significativos en el aroma ni en el sabor, lo que indica que los compuestos responsables se mantuvieron estables entre las formulaciones. Esto concuerda con estudios que señalan que reducciones moderadas de grasa pueden compensarse mediante una formulación adecuada, y que la adición de pasta de aceituna contribuye a homogenizar el perfil sensorial y a enmascarar posibles diferencias por la reducción de grasa y sodio (Lawless y Heymann, 2010; Guinee et al., 2004). Además, la incorporación de pasta de aceituna pudo haber contribuido a homogenizar el perfil sensorial, aportando notas

características que enmascararon posibles diferencias derivadas de la reducción de grasa y sodio.

La textura, no presentó diferencias significativas entre las formulaciones, que indicó que la reducción de grasa no comprometió la untabilidad, cohesividad ni firmeza del queso fundido. Es debido por la adecuada interacción entre las proteínas lácteas y la fase grasa, así como por el uso de queso ácido, el cual favoreció la desestructuración de las micelas de caseína y permitió la formación de una matriz continua y estable, incluso en ausencia de sales fundentes. Walstra et al. (2005) señalan que este tipo de estructura es determinante para mantener una textura adecuada en quesos fundidos con reformulación nutricional.

La aceptación general no presentó diferencias significativas entre las formulaciones, lo que indicó que los jueces percibieron sensorialmente aceptable independientemente del porcentaje de grasa. Este resultado evidenció que la reducción progresiva de grasa y sodio no afectó negativamente la percepción global del producto, lo cual es consistente con estudios previos que reportan una buena aceptación de productos lácteos reformulados cuando se mantienen los atributos sensoriales (Heymann y Lawless, 2013).

3.7. ESTABILIDAD OXIDATIVA

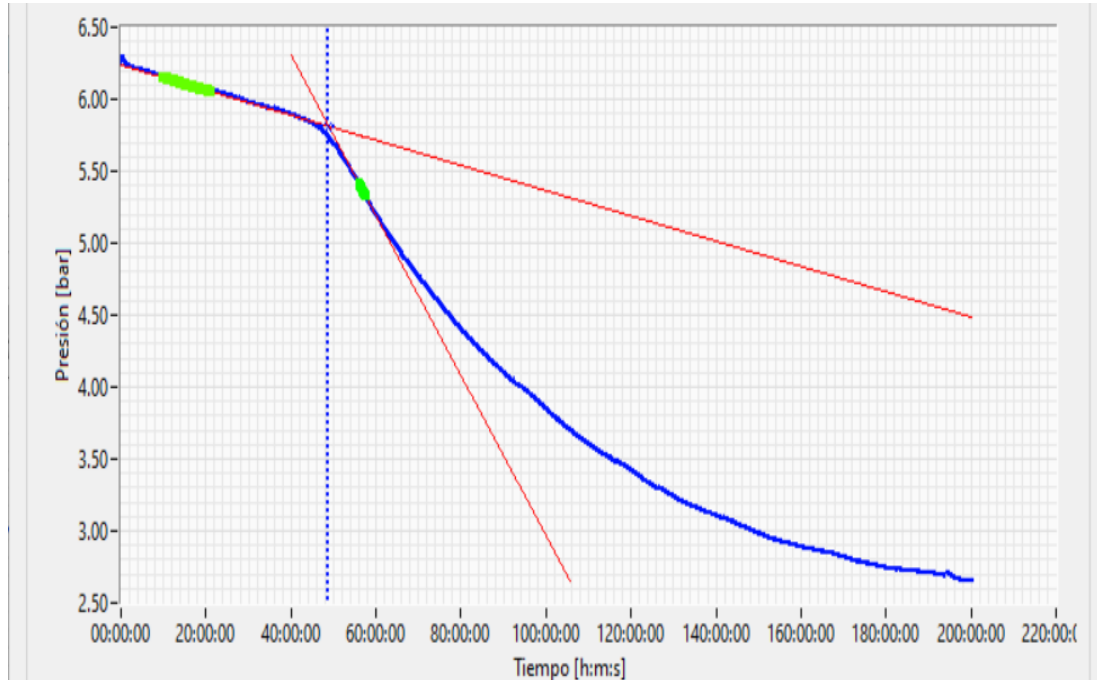
En la estabilidad oxidativa del queso fundido con y sin pasta de aceituna se evaluó mediante el sistema Oxitest, analizando el período de inducción (IP) y el tiempo de propagación (t_p), con el fin de comparar el efecto de la pasta de aceituna y la temperatura sobre la oxidación lipídica.

3.7.1. Queso fundido sin pasta de aceituna de acuerdo con el grafico de IP de 100°C, presión 6 Bar

En la figura 29 se observa el periodo de inducción en función del tiempo de reacción.

Figura 29

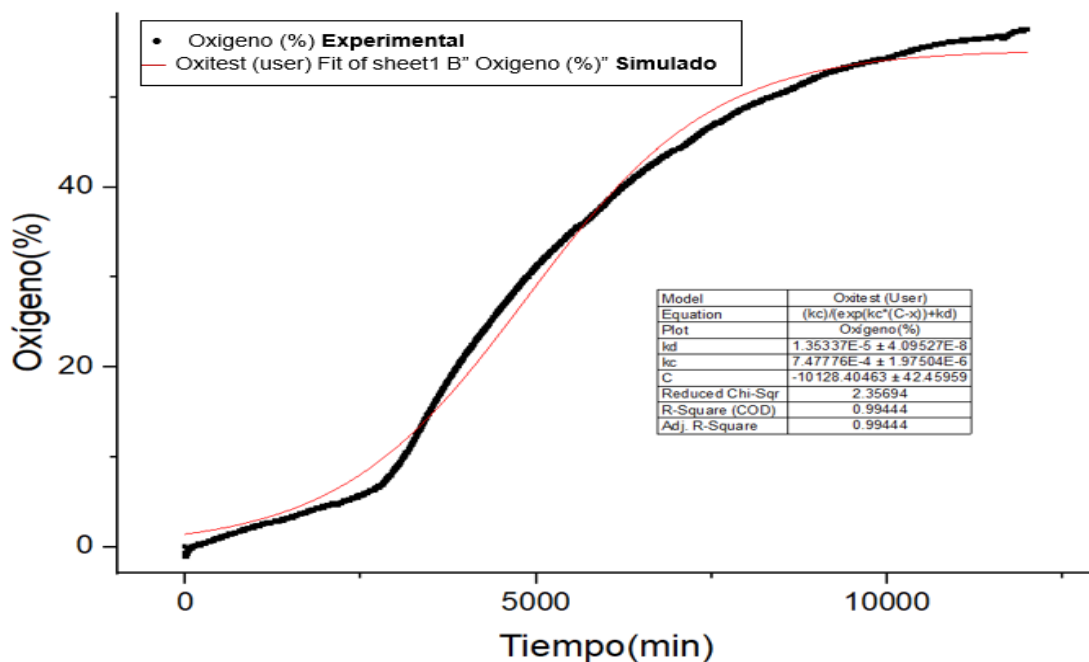
Periodo de Inducción experimental en función del tiempo durante las pruebas aceleradas a Presión de 6 bar y temperatura de 100°C



En la Figura 30 se observa el consumo de oxígeno (%) experimental y simulado en función del tiempo durante las pruebas aceleradas a presión de 6 bar y temperatura de 100°C para queso fundido sin pasta de aceituna.

Figura 30

Curvas cinéticas del consumo de oxígeno (%) experimental y simulado en función del tiempo durante las pruebas aceleradas a Presión de 6 bar y temperatura de 100°C para queso fundido sin pasta de aceituna.



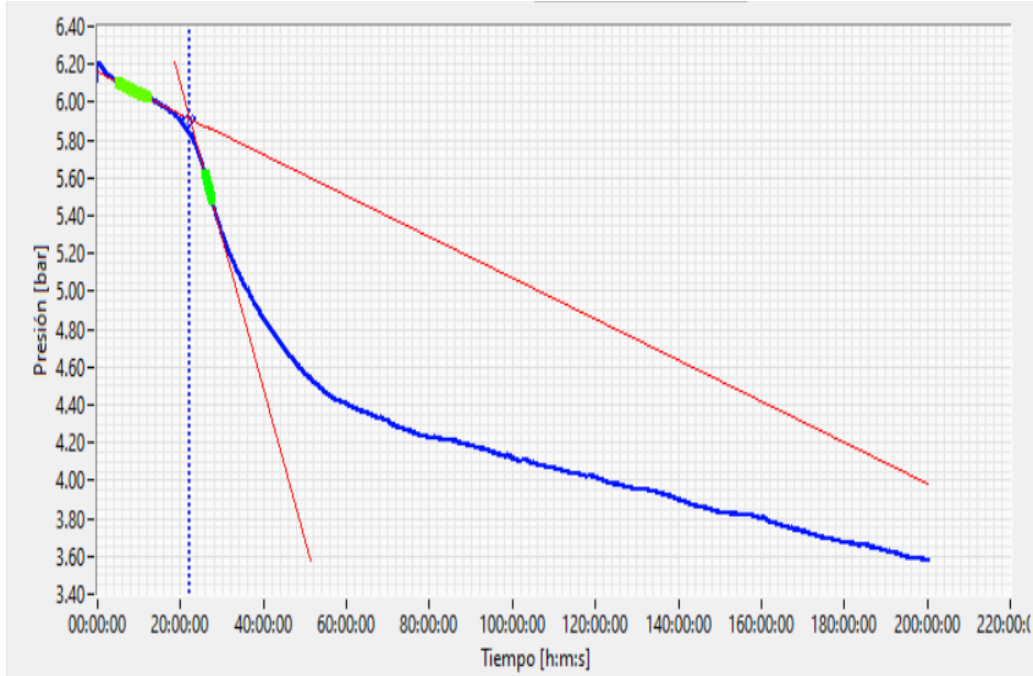
En la Figura 30 podemos observar las tres zonas de oxidación lipídica; zona de iniciación, propagación y terminación, conforme a lo presentado en la teoría por (Farhoosh, 2021b). Los datos experimentales (•) se ajustaron a los modelos lineal y sigmoideal durante la fase de iniciación y en todo el intervalo (—), respectivamente con un R^2 estadístico de 0.99444.

3.7.2. Queso fundido con pasta de aceituna de acuerdo con el gráfico de IP de 80°C, presión 6 Bar

En la Figura 31 se observa el periodo de inducción en función del tiempo de reacción.

Figura 31

Periodo de Inducción experimental en función del tiempo durante las pruebas aceleradas a Presión de 6 bar y temperatura de 80°C.

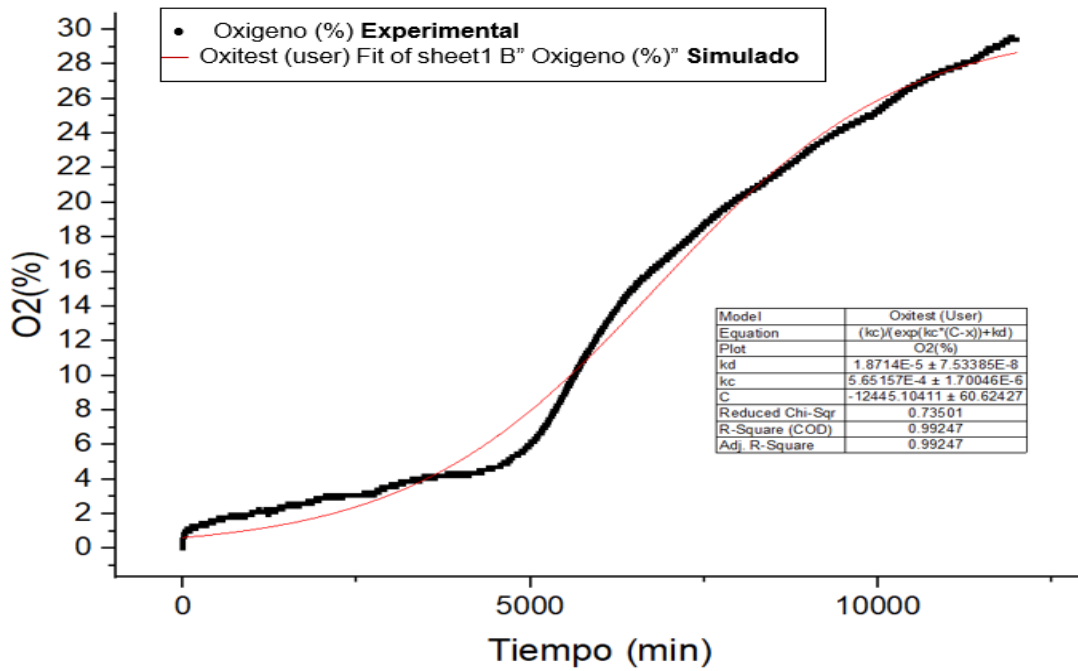


En la Figura 32 se observa el consumo de oxígeno (%) experimental y simulado en función del tiempo durante las pruebas aceleradas a presión de 6 bar y temperatura de 100°C para queso fundido sin pasta de aceituna.

En la Figura 32 se observa la curva de consumo de oxígeno (%) durante el proceso de oxidación lipídica del queso fundido con pasta de aceituna la formulación 2 (F2) 34% de grasa de crema de leche con 6 bar de presión a 80°C de temperatura. En ello podemos observar las tres zonas de oxidación lipídica; zona de iniciación, propagación y terminación, conforme a lo presentado en la teoría por (Farhoosh, 2021b). Los datos experimentales (•) se ajustaron a los modelos lineal y sigmoide durante la fase de iniciación y en todo el intervalo (—), respectivamente con un R^2 estadístico de 0.99202.

Figura 32

Curvas cinéticas del consumo de oxígeno (%) experimental y simulado en función del tiempo durante las pruebas aceleradas a Presión de 6 bar y temperatura de 80°C para queso fundido con pasta de aceituna para (F2)

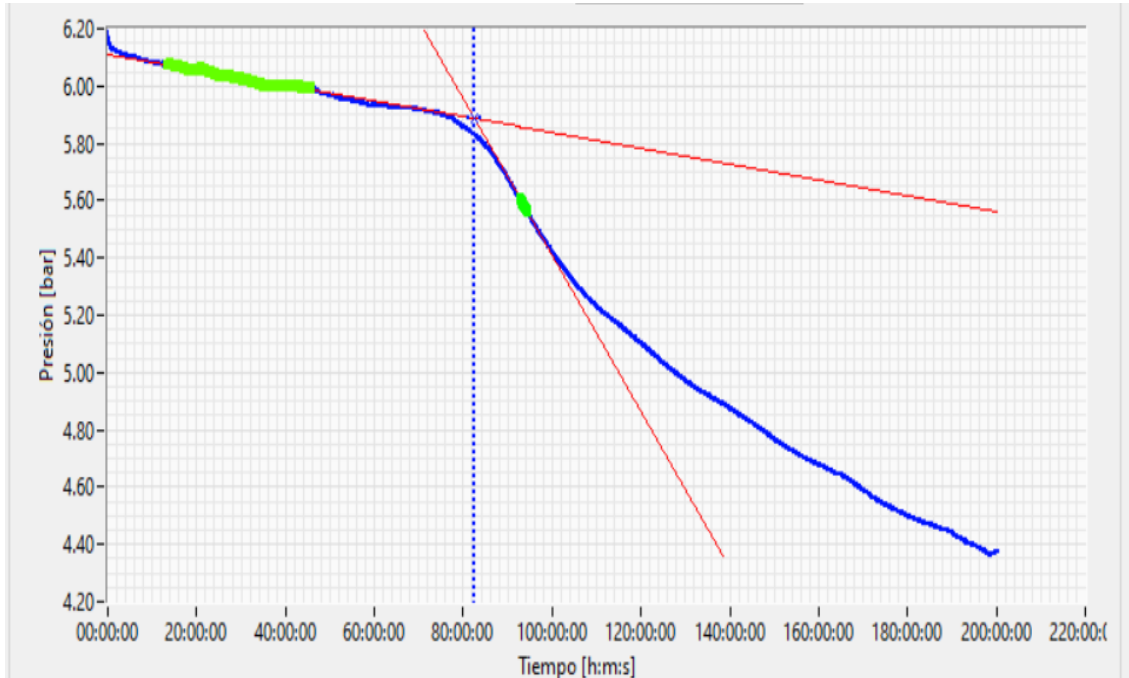


3.7.3. Queso fundido con pasta de aceituna de acuerdo con el gráfico de IP de 100°C, presión 6 Bar

En la figura 33 se observa el periodo de inducción en función del tiempo de reacción.

Figura 33

Periodo de Inducción experimental en función del tiempo durante las pruebas aceleradas a Presión de 6 bar y temperatura de 100°C.



La oxidación lipídica en el queso fundido se evaluó en condiciones aceleradas mediante el sistema Oxitest. El consumo de oxígeno en todas las muestras de queso fundido siguió una curva sigmoidea con fases de iniciación, propagación y terminación (Fig. 34). Se ha observado un comportamiento similar en aceite de canola, sésamo, pescado, girasol, soja, maíz, aceituna y salvado de arroz a 60 °C Farhoosh (2020) y Farhoosh (2021). En este trabajo, los datos experimentales del Oxitest se transformaron y relativizaron para ajustarse al modelo sigmoide y estimar los parámetros cinéticos de la oxidación lipídica.

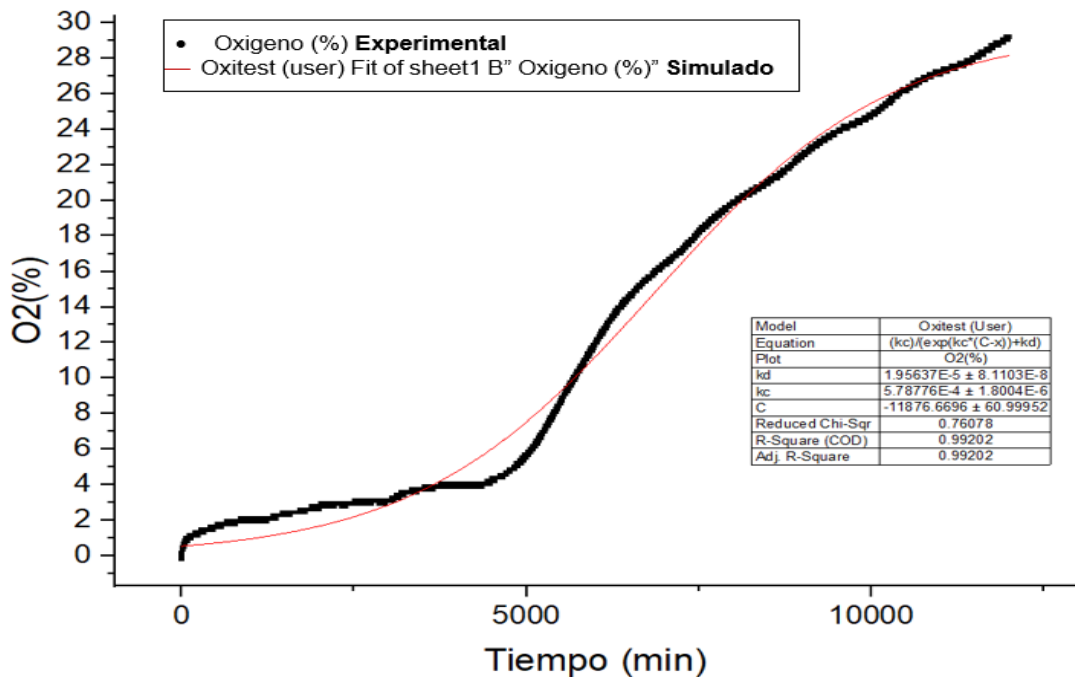
3.7.4. Parámetros cinéticos de oxidación lipídica

En la Figura 34 se observa la curva de consumo de oxígeno (%) durante el proceso de oxidación lipídica del queso fundido con pasta de aceituna la formulación (F2) 34% de grasa de crema de leche con 6 bar de presión a 100°C de temperatura. En ello podemos observar las tres zonas de oxidación lipídica; zona de iniciación, propagación y terminación, conforme a lo presentado en la teoría por (Farhoosh, 2021b). Los datos experimentales (•) se ajustaron a los modelos lineal y sigmoideal

durante la fase de iniciación y en todo el intervalo (—), respectivamente con un R^2 estadístico de 0.99247.

Figura 34

Curvas cinéticas del consumo de oxígeno (%) experimental y simulado obtenidas en el sistema Oxitest durante la oxidación lipídica de la grasa del queso fundido con pasta de aceitunas a pruebas aceleradas a Presión de 6 bar y temperatura de 100°C para (F2)



1) Fase de iniciación se la oxidación de lípidos

El periodo inducción (IP) es un indicador para determinar la vida útil sensorial y la resistencia inicial a la degradación oxidativa. Los resultados en la tabla 24, muestran que el queso fundido con pasta de aceituna a 80°C presentó el IP más alto 76.6 h (3.1 días) superando significativamente al obtenido a 100°C, donde el IP se redujo a 46 h (1.92 días) y 20.83 h (0.87 día). Asimismo, este valor resultó superior reportado para diversos aceites vegetales evaluados a 60°C por (Farhoosh, 2021), como el aceite de oliva (29.5 h) y el de soja (10.2 h), lo que evidencia una mayor estabilidad oxidativa a 80°C incluso bajo condiciones aceleradas.

Esta mayor estabilidad se refleja también en el índice de oxidabilidad (Oi). El queso con pasta de aceituna alcanzó un Oi (5.75×10^6) valor notablemente superior a la

formulación sin pasta de aceituna Oi (1.15×10^6) dado que Oi (relación de IP/KIP) mide la resistencia a la formación de hidroperóxidos. Así, el aceite con un alto contenido de ácidos grasos saturados presenta un valor de Oi superior al del aceite rico en ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados (Farhoosh, 2020). La adición de pasta de aceituna confiere en la protección a temperaturas moderadas de 80°C , esto se debe a la presencia de compuestos fenólicos que actúan como antioxidantes, las antocianinas de la aceituna aumentaron la captación de oxígeno, actuando como prooxidantes por fotosensibilización (Kim et al., 2012). Sin embargo, a 100°C , el efecto térmico acelera la constante de iniciación (KIP) (8.00×10^4) a (3.70×10^3) % de $\text{O}_2 \text{ min}^{-1}$ como se muestra en la tabla 24, indicando que la energía de activación para la formación de radicales es superada rápidamente por el calor aplicado.

2) Fase de propagación de la peroxidación lipídica

En la fase de propagación, la duración de (t_p) fue mayor para el queso con pasta de aceituna a 100°C 151.020 h (6.29 días) en comparación con el queso sin pasta de aceituna 79.63 h (3.3 días) como se muestra en la tabla 24, por tanto, aunque la iniciación es más rápida a altas temperaturas, la presencia de componentes de la aceituna (polifenoles y compuestos antioxidantes) logra estabilizar o neutralizar los radicales libres recién formados, lo que retarda la velocidad con la que la oxidación se extiende por toda la matriz grasa, logrando así duplicar el tiempo de propagación. El comportamiento de la velocidad máxima de oxidación (R_{max}) y la constante de formación de peróxidos (K_c) que se muestra Figura 30, 32 y 34. Se observó que K_c es significativamente mayor que la constante de descomposición (K_d) en todos los tratamientos. Esto indica que la tasa de absorción de oxígeno y formación de compuestos primarios de oxidación predomina sobre su degradación en compuestos secundarios, un fenómeno consistente de aceites vegetales bajo estrés térmico (Farhoosh, 2020)

Tabla 24

Parámetros de oxidación resultantes de las funciones lineales y sigmoideas ajustadas a las curvas cinéticas de consumo de oxígeno obtenidas en el sistema Oxitest durante la oxidación lipídica de las grasas del queso fundido

Parámetros de oxidación	Queso fundido sin pasta de aceituna		Queso fundido con pasta de aceituna	
	Presión 6 Bar y Temperatura de 100°C	Presión 6 Bar y Temperatura de 100°C	Presión 6 Bar y Temperatura de 80°C	Presión 6 Bar y Temperatura de 100°C
Fase de iniciación				
IP (min)	2760		4600	1250
k _{IP} (% de O ₂ consumido min ⁻¹)	2,40E-03		8,00E-04	3,70E-03
O _i (% de O ₂ consumido ⁻¹ min ²)	1,15E+06		5,75E+06	3,38E+05
O ₂ consumido IP (%)	6,3313		4,8536	3,2784
Fase de propagación				
t _p (min)	4777,75		5756,06	9061,25
R _{max} (% de O ₂ consumido min ⁻¹)	1,03E-02		4,27E-03	4,28E-03
O ₂ consumido max (%)	5,53E+01		3,02E+01	2,96E+01
R _n (min ⁻¹)	0,000186944		0,000141289	0,000144694
k _c (min ⁻¹)	7,47776E-4 ± 1,97504E-6		5,65157E-4 ± 1,70046E-6	5,78776E-4 ± 1,8004E-6
K _d (% de O ₂ consumido ⁻¹ /min)	1,35337E-5 ± 4,09527E-8		1,8714E-5 ± 7,53385E-8	1,95637E-5 ± 8,1103E-8
C	-10128,40463 ± 42,45959		-12445,10411 ± 60,62427	-11876,6696 ± 60,99952
Reduced Chi-Sqr	2,35694		0,73501	0,76078
R-Square (COD)	0,99444		0,99247	0,99202
Adj. R-Square	0,99444		0,99247	0,99202

CONCLUSIONES

- Se desarrolló un queso fundido bajo en sodio, estable y de buena calidad. La pasta de aceituna mejoró su valor nutricional y su capacidad antioxidante. El producto presentó mayor resistencia a la oxidación y mejor vida útil. Es una alternativa innovadora con potencial en la industria alimentaria.
- Se obtuvo una formulación adecuada de queso fundido mediante el uso de programación lineal, logrando tres tratamientos con contenidos de grasa de 36 %, 34 % y 32 %, que cumplieron con las restricciones de composición químico proximal y viabilidad tecnológica, destacando la mezcla con 34 % de grasa compuesta por 55,17 % de queso ácido, 5,57 % de queso fresco; 24,26 % de crema de leche y 15 % de pasta de aceituna, sin comprometer la estabilidad estructural del producto.
- La composición químico proximal se determinó la relación inversamente proporcional entre el contenido de grasa y los niveles de proteína y humedad. La formulación F3 (32% de grasa) destacó por presentar los valores más altos de proteína $10,60 \pm 0,22$ y de humedad $55,8 \pm 0,6$, mientras que los niveles de cenizas $2,88 \pm 0,6$ a $3,02 \pm 0,05$ y carbohidratos $7,72 \pm 0,0$ se mantuvieron con variaciones mínimas entre las muestras. Paralelamente, el contenido de sodio se conservó en niveles bajos que van de 1,13 a 1,33 g/100g, lo que demuestra factible elaborar un queso fundido reducido en sodio sin comprometer la estabilidad fisicoquímica.
- La incorporación de pasta de aceituna incrementó el contenido de compuestos bioactivos, alcanzándose valores máximos de 497 mg GAE/100 g de polifenoles totales, 1,24 mg/100 g de antocianinas y 67,40 % de actividad antioxidante en la formulación con mayor contenido de grasa, evidenciando un incremento significativo del valor funcional del producto.
- Los análisis microbiológicos mostraron resultados inferiores a los límites de detección para coliformes (< 3 NMP/g), *Staphylococcus aureus* (< 10 UFC/g) y mohos y levaduras (< 10 UFC/g) en todas las formulaciones, cumpliendo con los criterios establecidos por la RM N° 591-2008-MINSA y garantizando la inocuidad del producto.
- La evaluación sensorial evidenció que no existieron diferencias estadísticamente significativas ($p > 0,05$) entre las formulaciones para los atributos de apariencia, color, aroma, sabor, textura y aceptación general a 3,3 – 3,5 en escala hedónica, indicando que la reducción de grasa y sodio no afectó la percepción sensorial ni la aceptabilidad del queso fundido.

- La evaluación de la estabilidad oxidativa mediante el sistema Oxitest mostró que las formulaciones con pasta de aceituna presentaron períodos de inducción fue mayor a 80 °C (**76,6 h ≈ 3,1 días**) y disminuyó a 100 °C (**46 h ≈ 1,9 días** y **20,83 h ≈ 0,87 días**), evidenciando que temperaturas más altas aceleran la oxidación. El índice de oxidabilidad también fue superior en el queso con aceituna (**$5,75 \times 10^6$**), mostrando mayor resistencia al deterioro. En la fase de propagación, el tiempo aumentó hasta **151,02 h (≈ 6,3 días)** frente a **79,63 h (≈ 3,3 días)** sin aceituna. Esto indica que los antioxidantes naturales de la aceituna ayudan a retrasar la oxidación. Sin embargo, el calor elevado acelera la formación de compuestos oxidativos. En conjunto, la pasta de aceituna prolonga la estabilidad del producto. Por tanto, contribuye a mejorar su vida útil y calidad.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda estimar el tiempo de estabilidad para las condiciones ambientales usando el modelo matemático de Arrhenius.
- Evaluar el uso de otras fuentes naturales de antioxidantes (hierbas, especias o aceites vegetales) para comparar su efecto con la pasta de aceituna.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abedini, A., Salimi, M., Mazaheri, Y., Sadighara, P., Alizadeh Sani, M., Assadpour, E., & Jafari, S. M. (2023). Assessment of cheese frauds, and relevant detection methods: A systematic review. *Food Chemistry: X*, 19, 100825. <https://doi.org/10.1016/j.fochx.2023.100825>
- Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA). (2021). Outbreak Investigation of *Listeria monocytogenes* – Hispanic-style Fresh and Soft Cheeses (February 2021). FDA. <https://www.fda.gov/food/outbreaks-foodborne-illness/outbreak-investigation-listeria-monocytogenes-hispanic-style-fresh-and-soft-cheeses-february-2021>
- Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA). (2024, agosto 15). *La FDA anuncia un logro importante en sus esfuerzos para reducir el sodio y publica una guía preliminar con el objetivo de niveles más bajos para determinados alimentos*. FDA. FDA. <https://www.fda.gov/news-events/press-announcements/la-fda-anuncia-un-logro-importante-en-sus-esfuerzos-para-reducir-el-sodio-y-publica-una-guia>
- Amalfitano, N., Patel, N., Haddi, M.-L., Benabid, H., Pazzola, M., Vacca, G. M., Tagliapietra, F., Schiavon, S., & Bittante, G. (2024). Detailed mineral profile of milk, whey, and cheese from cows, buffaloes, goats, ewes, and dromedary camels, and efficiency of recovery of minerals in their cheese. *Journal of Dairy Science*, 107(11), 8887-8907. <https://doi.org/10.3168/jds.2023-24624>
- Anaya, G. P. T., & Salinas, C. E. A. (2020). *Aprovechamiento del suero de queso fresco en la elaboración de queso crema untable enriquecido con sólidos proteicos* [Tesis de maestría, Universidad Nacional del Callao]. <https://repositorio.unac.edu.pe/handle/20.500.12952/5639>
- Arora, J. S. (2004). *Introduction to Optimum Design*. Elsevier.

- Arteaga, M. M. R., Hernández, H. H. L., & Peñate, Q. C. D. (2020). Elaboración de un queso procesado tipo untable obtenido a partir de queso costeño. *Información tecnológica*, 31(2), 187-194. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000200187>
- Bardales, Y. A. F. (2019). *Determinación del periodo de vida útil en queso crema elaborado a partir de leche de cabra por el método de pruebas aceleradas* [Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura]. <https://repositorio.unp.edu.pe/handle/UNP/1766>
- Beauchamp, G. K., Keast, R. S. J., Morel, D., Lin, J., Pika, J., Han, Q., Lee, C.-H., Smith, A. B., & Breslin, P. A. S. (2005). Ibuprofen-like activity in extra-virgin olive oil. *Nature*, 437(7055), 45-46. <https://doi.org/10.1038/437045a>
- Boskou, D. (2006). *Olive Oil: Chemistry and Technology, Second Edition* (2.^a ed.). AOCS Publishing. <https://doi.org/10.4324/9781003040217>
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT - Food Science and Technology*, 28(1), 25-30. [https://doi.org/10.1016/S0023-6438\(95\)80008-5](https://doi.org/10.1016/S0023-6438(95)80008-5)
- Brody, A. L. (2014). Packaging of Foods. En C. A. Batt & M. L. Tortorello (Eds.), *Encyclopedia of Food Microbiology (Second Edition)* (pp. 1017-1027). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384730-0.00244-5>
- Carić, M., & Kaláb, M. (1999). Processed Cheese Products. En P. F. Fox (Ed.), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Volume 2: Major Cheese Groups* (pp. 467-505). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2800-5_15
- Carrizosa, E., & Romero, D. M. (2013). Supervised classification and mathematical optimization. *Computers & Operations Research*, 40(1), 150-165. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2012.05.015>

- Chipantiza, H. Q. P. (2024). *Modelo de programación lineal para la optimización de fórmulas de mezclas alimenticias en la industria Sweet Kiss*.
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/43106>
- CODEX STAN. (1978). *Norma general para queso fundido o queso fundido para untar o extender de una variedad denominada*.
<https://www.santafe.gov.ar/index.php/web/content/download/68280/331021/file/descargar.pdf>
- Covas, M.-I., Nyssönen, K., Poulsen, H. E., Kaikkonen, J., Zunft, H.-J. F., Kiesewetter, H., Gaddi, A., de la Torre, R., Mursu, J., Bäumlér, H., Nascetti, S., Salonen, J. T., Fitó, M., Virtanen, J., Marrugat, J., & for the EUROLIVE Study Group. (2006). The Effect of Polyphenols in Olive Oil on Heart Disease Risk Factors. *Annals of Internal Medicine*, 145(5), 333-341. <https://doi.org/10.7326/0003-4819-145-5-200609050-00006>
- Creamer, L. K. (1985). Water absorption by renneted casein micelles. *Milchwissenschaft*, 40(10), 589-591.
- Cruz, A. G., Faria, J. A. F., Pollonio, M. A. R., Bolini, H. M. A., Celeghini, R. M. S., Granato, D., & Shah, N. P. (2011). Cheeses with reduced sodium content: Effects on functionality, public health benefits and sensory properties. *Trends in Food Science & Technology*, 22(6), 276-291. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2011.02.003>
- Da Silva, R. R., de Oliveira, B. C. R., Soutelino, M. E. M., & de Oliveira Silva, A. C. (2025). Fresh Cheeses. En A. Gomes da Cruz, T. Colombo Pimentel, E. A. Esmerino, & S. Verruck (Eds.), *Dairy Foods Processing* (pp. 81-99). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-4144-6_6
- Dagleish, D. G., & Law, A. J. R. (1988). pH-Induced dissociation of bovine casein micelles. I. Analysis of liberated caseins. *Journal of Dairy Research*, 55(4), 529-538. <https://doi.org/10.1017/S0022029900033306>

- Dantzig, G. B. (2002). Linear Programming. *Operations Research*, 50(1), 42-47.
<https://doi.org/10.1287/opre.50.1.42.17798>
- Dias, A. L. B., Arroio Sergio, C. S., Santos, P., Barbero, G. F., Rezende, C. A., & Martínez, J. (2016). Effect of ultrasound on the supercritical CO₂ extraction of bioactive compounds from dedo de moça pepper (*Capsicum baccatum* L. var. *Pendulum*). *Ultrasonics Sonochemistry*, 31, 284-294.
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.01.013>
- El-Bakry, M., & Mehta, B. M. (2022). Chapter 1—Overview of processed cheese and its products. En M. El-Bakry & B. M. Mehta (Eds.), *Processed Cheese Science and Technology* (pp. 1-28). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821445-9.00006-6>
- Farhoosh, R. (2020). A reconsidered approach providing kinetic parameters and rate constants to analyze the oxidative stability of bulk lipid systems. *Food Chemistry*, 327, 127088. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127088>
- Farhoosh, R. (2021a). Critical kinetic parameters and rate constants representing lipid peroxidation as affected by temperature. *Food Chemistry*, 340, 128137. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128137>
- Farhoosh, R. (2021b). Critical kinetic parameters and rate constants representing lipid peroxidation as affected by temperature. *Food Chemistry*, 340, 128137. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128137>
- Farkye, N. Y. (2004). Acid- and acid/rennet-curd cheeses part B: Cottage cheese. En P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. M. Cogan, & T. P. Guinee (Eds.), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (Vol. 2, pp. 329-341). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S1874-558X\(04\)80050-2](https://doi.org/10.1016/S1874-558X(04)80050-2)

- Fox, P. F. (Ed.). (1994). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Springer US.
<https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2800-5>
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2017a). Biochemistry of Cheese Ripening. En P. F. Fox, T. P. Guinee, T. M. Cogan, & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Fundamentals of Cheese Science* (pp. 391-442). Springer US.
https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_12
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2017b). Fresh Cheese Products: Principals of Manufacture and Overview of Different Varieties. En P. F. Fox, T. P. Guinee, T. M. Cogan, & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Fundamentals of Cheese Science* (pp. 543-588). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_16
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2017c). *Fundamentals of Cheese Science*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9>
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2017d). *Fundamentals of Cheese Science*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9>
- Fox, P. F., & McSweeney, P. L. H. (2007). *Advanced Dairy Chemistry Volume 2: Lipids*. Springer Science & Business Media.
- Gadallah, A. H., Hafez, R. S., Fahim, K. M., & Ahmed, L. I. (2024). Application of rosemary *oil* nano-emulsion as antimicrobial and antioxidant natural alternative in pasteurized cream and Karish cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 422, 110823. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2024.110823>
- Giusti, M. M., & Wrolstad, R. E. (2001). Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, 00(1), F1.2.1-F1.2.13.
<https://doi.org/10.1002/0471142913.faf0102s00>

- Guinee, T. P. (2011). Effects of Natural Cheese Characteristics and Processing Conditions on Rheology and Texture: The Functionality of Cheese Components in the Manufacture of Processed Cheese. En *Processed Cheese and Analogues* (pp. 81-109). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781444341850.ch3>
- Guinee, T. P., Carić, M., & Kaláb, M. (2004). Pasteurized processed cheese and substitute/imitation cheese products. En P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. M. Cogan, & T. P. Guinee (Eds.), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (Vol. 2, pp. 349-394). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S1874-558X\(04\)80052-6](https://doi.org/10.1016/S1874-558X(04)80052-6)
- Guinee, T. P., Pudja, P. D., & Farkye, N. Y. (1993). Fresh Acid-Curd Cheese Varieties. En P. F. Fox (Ed.), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Volume 2 Major Cheese Groups* (pp. 363-419). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-2648-3_13
- Hammam, A. R. A., Kapoor, R., & Metzger, L. E. (2023). Manufacture of process cheese products without emulsifying salts using acid curd and micellar casein concentrate. *Journal of Dairy Science*, 106(1), 117-131. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22379>
- Harris, D. C. (2016). *Quantitative Chemical Analysis Harris*. <http://archive.org/details/QuantitativeChemicalAnalysisHarris>
- Hernández, P. E. O. (2024). *Elaboración de quesos tipo panela con leche bovina adicionando harina de metzal*. <http://200.57.56.70:8080/xmlui/handle/231104/6017>
- Heymann, H., & Lawless, H. T. (2013). *Sensory Evaluation of Food: Principles and Practices*. Springer Science & Business Media.

- Hooydonk, A. C. M. van. (1986). PH-induced physico-chemical changes of casein micelles in milk and their effect on renneting. *Verslag / Nederlands Instituut Voor Zuivelonderzoek*.
<https://agris.fao.org/search/en/providers/122535/records/65ddef1f0f3e94b9e5c798c2>
- Kapoor, R., & Metzger, L. E. (2008). *Process Cheese: Scientific and Technological Aspects—A Review*. <https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1541-4337.2008.00040.x>
- Karyakina, E. E., Vokhmyanina, D. V., Sizova, N. V., Sabitov, A. N., Borisova, A. V., Sazontova, T. G., Arkhipenko, Y. V., Tkachuk, V. A., Zolotov, Y. A., & Karyakin, A. A. (2009). Kinetic approach for evaluation of total antioxidant activity. *Talanta*, *80*(2), 749-753. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2009.07.059>
- Kim, N. H., Lee, N. Y., Kim, M. G., Kim, H. W., Cho, T. J., Joo, I. S., Heo, E. J., & Rhee, M. S. (2018). Microbiological criteria and ecology of commercially available processed cheeses according to the product specification and physicochemical characteristics. *Food Research International*, *106*, 468-474. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.01.014>
- Kim, T. S., Decker, E. A., & Lee, J. (2012). Effects of chlorophyll photosensitisation on the oxidative stability in oil-in-water emulsions. *Food Chemistry, Advances in Potato Chemistry, Nutrition and Technology*, *133*(4), 1449-1455. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.02.033>
- Kristensen, D., Hansen, E., Arndal, A., Trinderup, R. A., & Skibsted, L. H. (2001). Influence of light and temperature on the colour and oxidative stability of processed cheese. *International Dairy Journal*, *11*(10), 837-843. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00105-4](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00105-4)

- Lanza, B. (2012). Nutritional and Sensory Quality of Table Olives. En *Olive Germplasm—The Olive Cultivation, Table Olive and Olive Oil Industry in Italy*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/51723>
- Lucey, J. A. (2011). Cheese | Acid- and Acid/Heat Coagulated Cheese. En J. W. Fuquay (Ed.), *Encyclopedia of Dairy Sciences (Second Edition)* (pp. 698-705). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00083-2>
- Lucey, J. A. (2022). Acid- and Acid/Heat Coagulated Cheese. En P. L. H. McSweeney & J. P. McNamara (Eds.), *Encyclopedia of Dairy Sciences (Third Edition)* (pp. 6-14). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-818766-1.00073-8>
- Lucey, J. A., Johnson, M. E., & Horne, D. S. (2003). Invited Review: Perspectives on the Basis of the Rheology and Texture Properties of Cheese. *Journal of Dairy Science*, 86(9), 2725-2743. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73869-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73869-7)
- Lucey, J. A., & Singh, H. (2003). Acid Coagulation of Milk. En P. F. Fox & P. L. H. McSweeney (Eds.), *Advanced Dairy Chemistry—1 Proteins: Part A / Part B* (pp. 1001-1025). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8602-3_28
- Luján, V. E. T., Gutiérrez, N. M., Carballo, D. C. E., Leal, M. Y. R., Salmerón, I., Pérez, S. B. V., & Martínez, S. M. (2023). Co-crystallization of lactose-flavonoids using Panela cheese whey. *Journal of Food Engineering*, 357, 111598. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111598>
- McSweeney, P. L. H., Guinee, T. P., Fox, P. F., & Cogan, T. M. (2004). *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology, Volume 1*. <https://shop.elsevier.com/books/cheese-chemistry-physics-and-microbiology-volume-1/fox/978-0-12-263652-3>
- Minchán, G. E. I. (2023). *Elaboración y caracterización físico-químico y organoléptica del queso crema edulcorado con estevia (Stevia rebaudiana bertonii) en la*

localidad de Cajamarca [Tesis de grado, Universidad Nacional de Cajamarca].
<http://hdl.handle.net/20.500.14074/6394>

Mizuno, R., & Lucey, J. A. (2005). Effects of Emulsifying Salts on the Turbidity and Calcium-Phosphate–Protein Interactions in Casein Micelles. *Journal of Dairy Science*, 88(9), 3070-3078. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72988-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72988-X)

Nascimento, L. G. L., da Silva, R. R., Odelli, D., Descamps, A., Trivelli, X., Casanova, F., Marie, R., Martins, E., de Carvalho, A. F., Delaplace, G., & de Sá Peixoto Junior, P. P. (2025). Impact of protein ratio and thermal treatment on the aggregation and rheological properties of high-concentrated milk and pea protein suspensions. *Food Research International*, 206, 116024. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2025.116024>

Normas Técnicas Colombianas (NTC, 4225). (1997). *Productos lácteos. Queso fundido*. <https://tienda.icontec.org/gp-productos-lacteos-queso-fundido-ntc4225-1997.html>

Normas Técnicas Peruanas (NTP 202.195). (2019). *NTP QUESO FRESCO- NORMA TÉCNICA PERUANA NTP 202.195 2019*. <https://www.collegesidekick.com/study-docs/2909949>

Organismo y Oficina Regional para las Américas de la Organización Mundial de la Salud (OPS/OMS). (2024). *Avances en la Reducción de Sal en las Américas— OPS/OMS | Organización Panamericana de la Salud*. <https://www.paho.org/es/eventos/avances-reduccion-sal-americas>

Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1992). *Manual of food quality control, 4. rev. 1: Microbiological analysis*. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/t0610e>

- Owen, R. W., Giacosa, A., Hull, W. E., Haubner, R., Würtele, G., Spiegelhalder, B., & Bartsch, H. (2000). Olive-oil consumption and health: The possible role of antioxidants. *The Lancet Oncology*, 1(2), 107-112. [https://doi.org/10.1016/S1470-2045\(00\)00015-2](https://doi.org/10.1016/S1470-2045(00)00015-2)
- Pastorino, A. J., Ricks, N. P., Hansen, C. L., & McMahon, D. J. (2003). Effect of Calcium and Water Injection on Structure-Function Relationships of Cheese. *Journal of Dairy Science*, 86(1), 105-113. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73589-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73589-9)
- Ramírez-Navas, J. S., Aguirre-Londoño, J., Aristizabal-Ferreira, V. A., Castro-Narváez, S., Ramírez-Navas, J. S., Aguirre-Londoño, J., Aristizabal-Ferreira, V. A., & Castro-Narváez, S. (2017). La sal en el queso: Diversas interacciones. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 303-316. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21909>
- Reyes, M. M. G., Gómez-Sánchez Prieto, I., & Espinoza Barrientos, C. M. (2017). *Tablas peruanas de composición de alimentos*. Instituto Nacional de Salud. <https://hdl.handle.net/20.500.14196/1034>
- Rogers, L. L. (2010). 4—Sensory methods for quality control. En D. Kilcast (Ed.), *Sensory Analysis for Food and Beverage Quality Control* (pp. 51-74). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845699512.2.51>
- Romeo, R., De Bruno, A., Imeneo, V., Piscopo, A., & Poiana, M. (2020). Impact of Stability of Enriched Oil with Phenolic Extract from Olive Mill Wastewaters. *Foods*, 9(7), 856. <https://doi.org/10.3390/foods9070856>
- Romero, C., Brenes, M., Yousfi, K., García, P., García, A., & Garrido, A. (2004). Effect of Cultivar and Processing Method on the Contents of Polyphenols in Table Olives. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(3), 479-484. <https://doi.org/10.1021/jf030525l>

- Rosero Noguera, R., Posada, S. L., & Ortiz, D. M. (2011). Programación lineal aplicada a la formulación de raciones para rumiantes. *CES Medicina Veterinaria y Zootecnia*, 6(2), 53-60.
- Sheibani, E., Dabbagh Moghaddam, A., Sharifan, A., & Afshari, Z. (2018). Linear programming: An alternative approach for developing formulations for emergency food products. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(4), 1444-1452. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8612>
- Shirashoji, N., Jaeggi, J. J., & Lucey, J. A. (2006). Effect of Trisodium Citrate Concentration and Cooking Time on the Physicochemical Properties of Pasteurized Process Cheese. *Journal of Dairy Science*, 89(1), 15-28. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72065-3](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72065-3)
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144-158. <https://doi.org/10.5344/ajev.1965.16.3.144>
- Tzanetaki, E. L. (2007). 21 - Soft-ripened and fresh cheeses: Feta, Quark, Halloumi and related varieties. En B. C. Weimer (Ed.), *Improving the Flavour of Cheese* (pp. 474-493). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1533/9781845693053.4.474>
- Visioli, F., & Galli, C. (1998). Olive Oil Phenols and Their Potential Effects on Human Health. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(10), 4292-4296. <https://doi.org/10.1021/jf980049c>
- Walstra, P., Walstra, P., Wouters, J. T. M., & Geurts, T. J. (2005). *Dairy Science and Technology* (2.^a ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420028010>
- Wang, N., Chen, S. Q., Tang, Y. J., Chen, Q. Z., Wang, J. H., Bai, Y. F., Zhou, Y. L., Xu, H. H., Li, W. L., Chen, J., Cui, J. H., Wang, Y. C., Zhang, Y. L., & Yu, Y. (2025). Identification of the key genes in Sanhe cattle for health and milk composition

traits based on the WGCNA. *Journal of Dairy Science*.
<https://doi.org/10.3168/jds.2024-25842>

Weragama, D., Weerasingha, V., Jayasumana, L., Adikari, J., Vidanarachchi, J. K., & Priyashantha, H. (2021). The physicochemical, microbiological, and organoleptic properties and antioxidant activities of cream cheeses fortified with dried curry leaves (*Murraya koenigii* L.) powder. *Food Science & Nutrition*, 9(10), 5774-5784.
<https://doi.org/10.1002/fsn3.2551>

Zacarchenco, P. B., Spadoti, L. M., Alves, A. T. S. e., da Cruz, A. G., Ferreira, N. R. C., & Verruck, S. (2025). Processed Cheese. En A. Gomes da Cruz, T. Colombo Pimentel, E. A. Esmerino, & S. Verruck (Eds.), *Dairy Foods Processing* (pp. 65-80). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-0716-4144-6_5

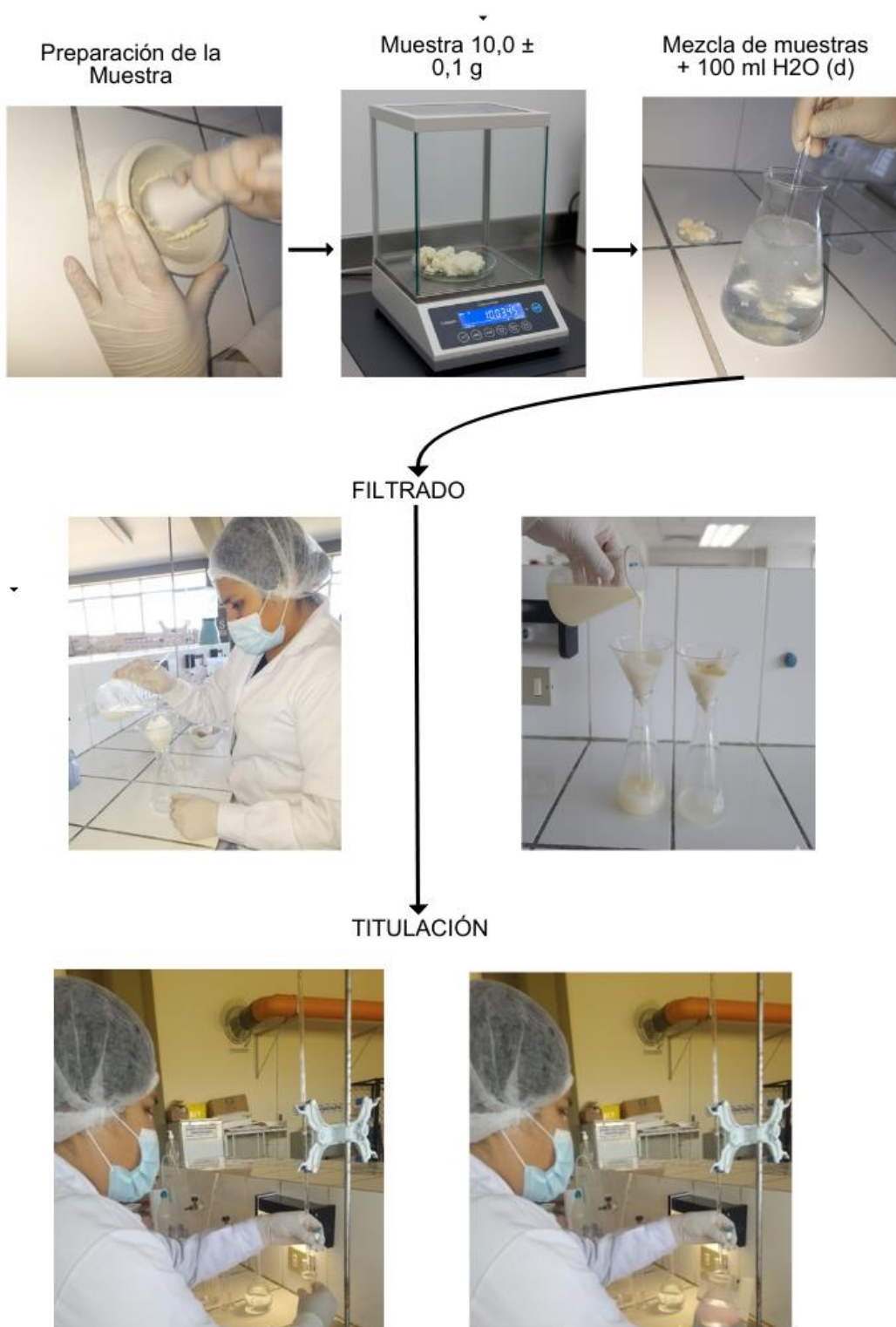
Zahrah, S., Dewi, Y. S. K., & Hartanti, L. (2023). Supplementation of Antioxidant Liang Tea Extracts on Goat Milk Cream Cheese. *Industria: Jurnal Teknologi Dan Manajemen Agroindustri*, 12(2), 169-179.
<https://doi.org/10.21776/ub.industria.2023.012.02.6>

Zhao, X., Liu, J., Li, L. Q., & Zhao, Z. (2011). *Formulation optimization of processed cheese by linear programming*.
<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20113368674>

Zheng, A.-R., Wei, C.-K., Wang, M.-S., Ju, N., & Fan, M. (2024). Characterization of the key flavor compounds in cream cheese by GC-MS, GC-IMS, sensory analysis and multivariable statistics. *Current Research in Food Science*, 8, 100772.
<https://doi.org/10.1016/j.crfs.2024.100772>

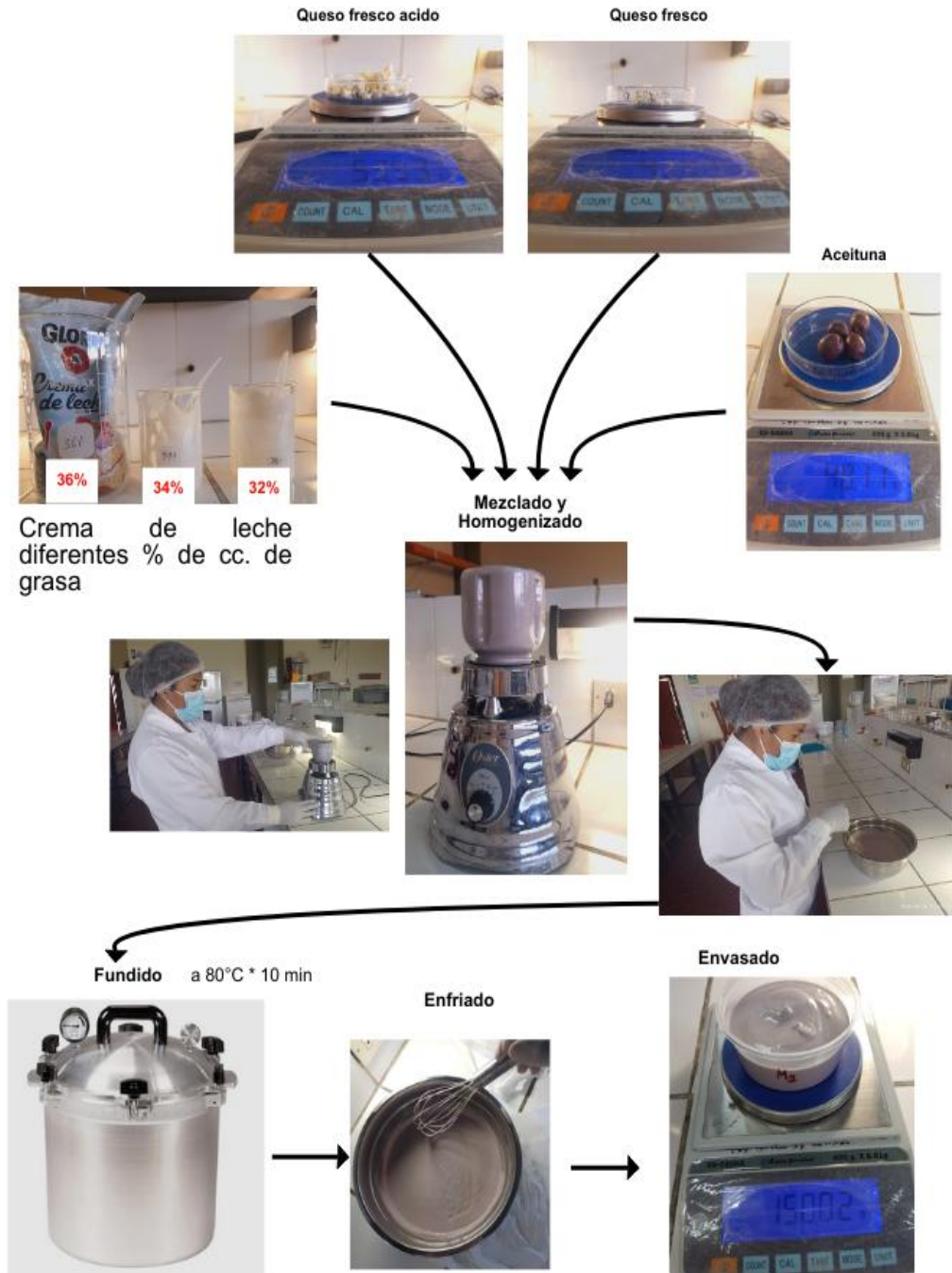
ANEXOS

Anexo 1. *Determinación de Acidez del queso fresco y queso fresco ácido*

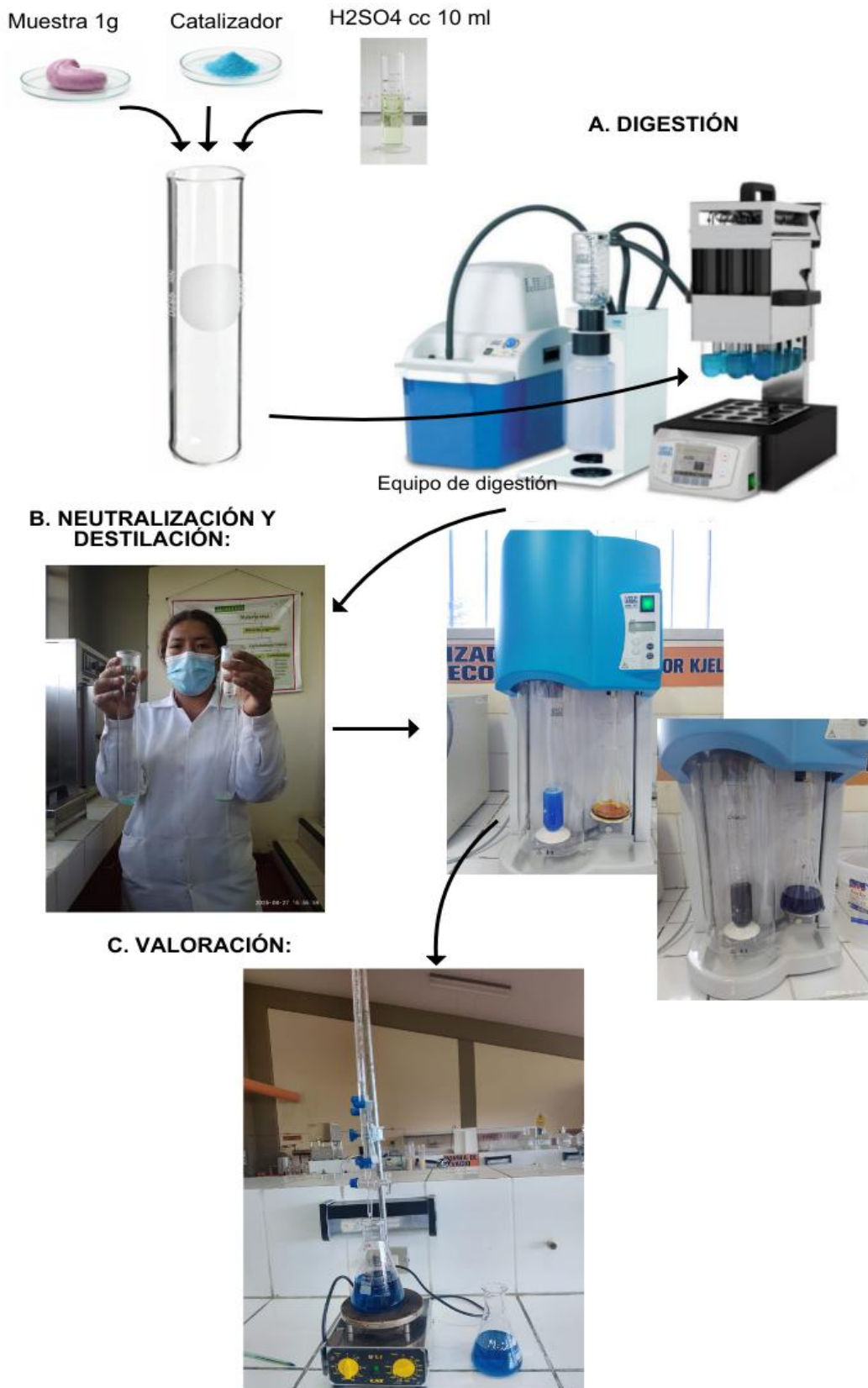


Anexo 2 *Elaboración de queso fundido*

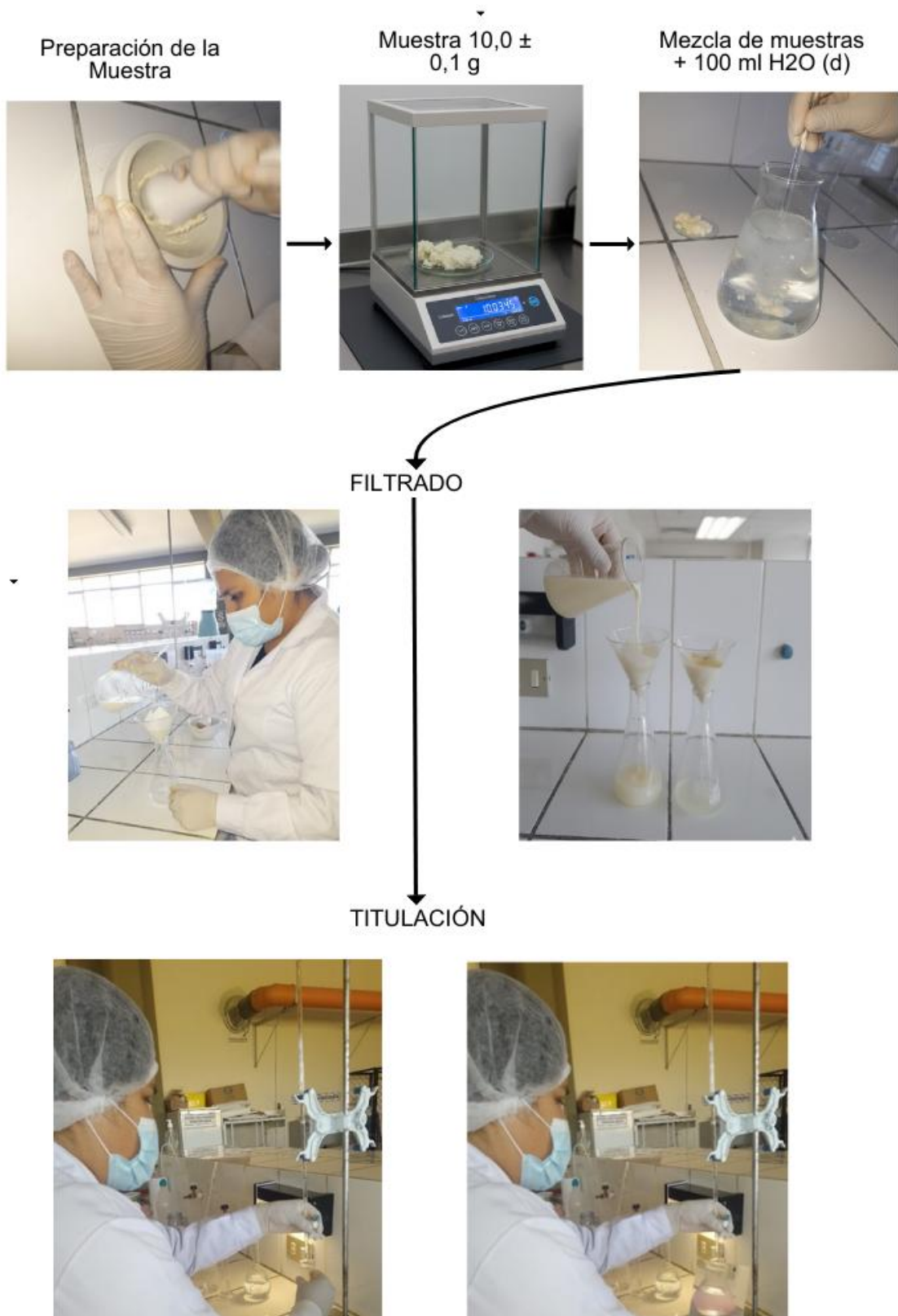
PREPARACION DE INSUMOS



Anexo 3 *Determinación de proteína*



Anexo 4 *Determinación de la acidez del queso*





LABORATORIO BIOTEKNIA
Análisis de alimentos y bebidas

INFORME DE ENSAYO N° 126-2025

SOLICITANTE : Estefania Yanzénc HUARCAYA LINARES
 DNI : 70392053
 PRODUCTO : QUESO FUNDIDO
 F. PRODUCCIÓN : 28.AGO.2025
 F. VENCIMIENTO : 28.SET.2025 (5°C)
 MUESTRA : 01 pote x 100 g
 F. DE SOLICITUD : 04.SET.2025
 F. MUESTREO : 05.SET.2025
 F. ANALISIS : 05.SET.2025

Análisis Microbiológico (Formulación 1 – F1)

N°	Ensayo	Resultado	Límite por g/ml	
			m	M
01	Coliformes (NMP/g)	< 3	10	10 ²
02	<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	< 10	10	10 ²
03	Mohos y levaduras (UFC/g)	< 10	10	10 ²

Análisis Microbiológico (Formulación 2 – F2)

N°	Ensayo	Resultado	Límite por g/ml	
			m	M
01	Coliformes (NMP/g)	< 3	10	10 ²
02	<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	< 10	10	10 ²
03	Mohos y levaduras (UFC/g)	< 10	10	10 ²

Análisis Microbiológico (Formulación 3 – F3)

N°	Ensayo	Resultado	Límite por g/ml	
			m	M
01	Coliformes (NMP/g)	< 3	10	10 ²
02	<i>Staphylococcus aureus</i> (UFC/g)	< 10	10	10 ²
03	Mohos y levaduras (UFC/g)	< 10	10	10 ²

Métodos de Ensayo. - 01-03.- FAO (1981). Manuales para el control de calidad de los alimentos. 4. Análisis microbiológico.

Conclusión. - Las muestras de "Quesos fundido F1, F2 Y F3", si cumplen con los requisitos microbiológicos establecidos en la Resolución Ministerial N° 591-2008/MINSA "Norma Sanitaria que establece los criterios microbiológicos de calidad sanitaria e inocuidad para los alimentos y bebidas de consumo humano. I. LECHE Y PRODUCTOS LÁCTEOS. I.10. Quesos procesados (fundidos: laminados, rayados, en pasta, en polvo).

Nota. - El presente informe se refiere a la muestra analizada, proporcionada por la solicitante.

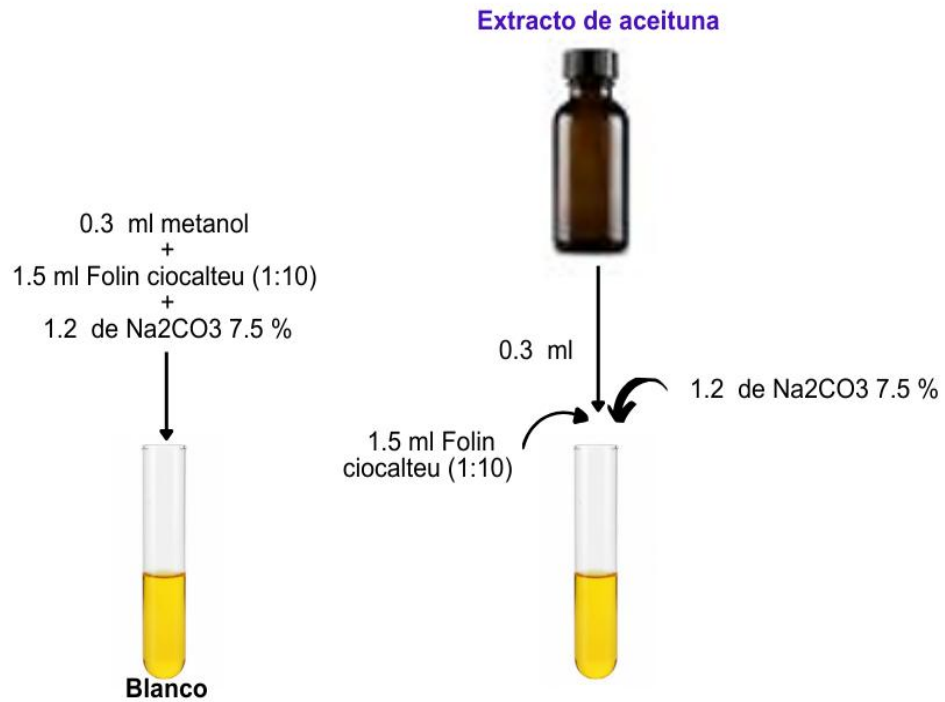
Ayacucho, 10 de setiembre del 2025.



BIOTEKNIA SAC
Laboratorio de Ensayo
Análisis de alimentos y bebidas
Graciela Cuba Torre
Biga, Graciela Cuba Torre
CBP N° 3263
SUB-GERENTE

Urb. José Ortiz Vergara, ENACE, Mz. C – Lote 26, Ayacucho.
 (subiendo por la Av. Independencia, dos cuadras antes del Puente ENACE)
 Atención: Lunes a sábado, 8-1 p.m. y 3-7 p.m. Tel. 066-315186 Cel. 966607080

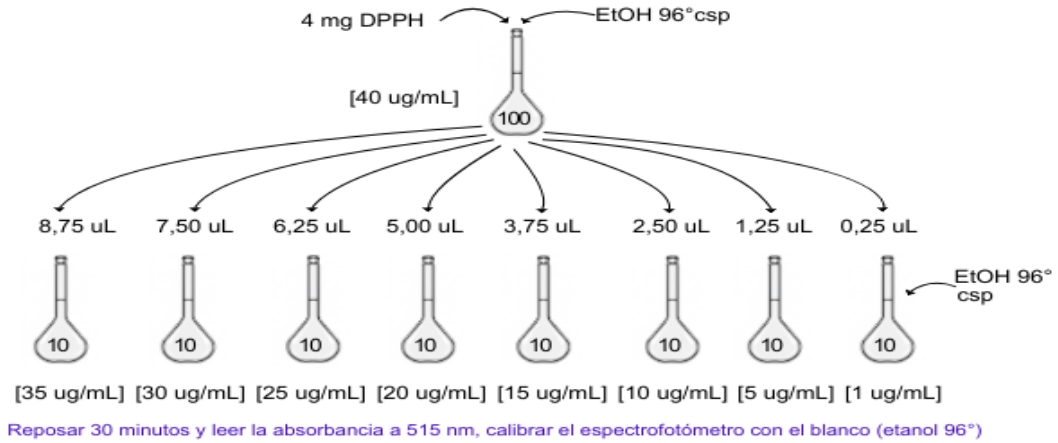
Anexo 6 *Determinación de fenoles totales*



Reposar 30 min. en oscuridad y leer la absorbancia a 765 nm (espectrofotómetro UV-Visible Thermo Scientific™ GENESYS™ 150), calibrando el espectrofotómetro con el blanco.

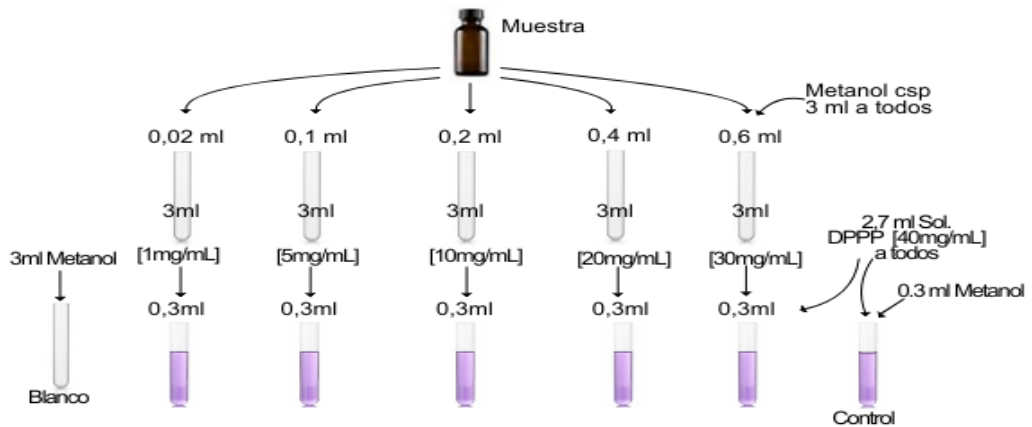
Anexo 7 Determinación de la actividad antioxidante por DPPH

1. Preparación de la curva de calibración de DPPH

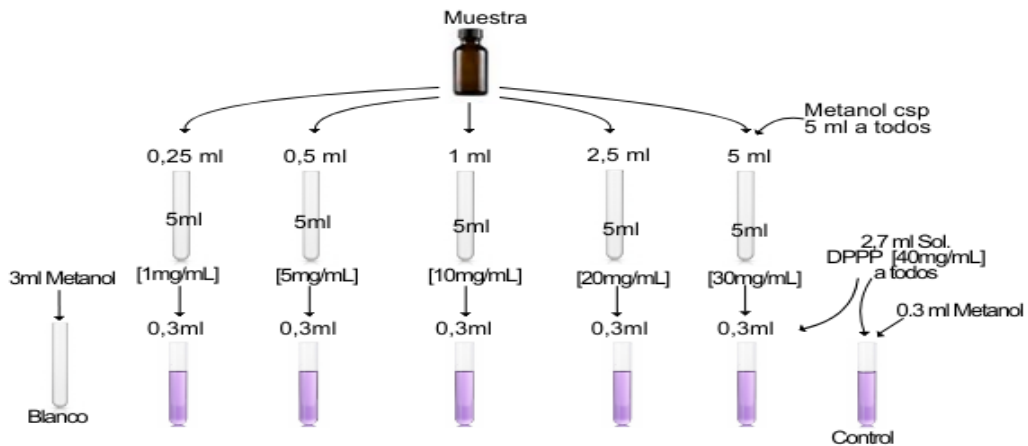


2. Determinación de la actividad antioxidante de la muestra

2.1. Para extracto metanólico de aceituna



2.2. Para muestras EXTRACTO 01, 02 y 03




Anexo 8 Determinación de antocianinas por ph-diferencial

1.Preparación de buffers de PH 1 y PH 4.5

Ajustar a PH 4.5 con HCl (C)

8g de CH₃COONa

300 ml H₂O (d)




Buffer PH 4.5

Agitar

Ajustar a PH 1 con HCl (C)

0.4g de KCl

300 ml H₂O (d)



Buffer PH 1

Agitar

2.Procesamiento de muestra

2.1.Para PH 4.5

0,5 ml de Metanol

4,5ml buffer

Blanco

0,5 ml

pH 4,5

Agitación breve en vortex y reposar por 15 min en oscuridad



Leer a 520 y 700 nm y registrar las absorbancias

2.2.Para PH 1

0,5 ml de Metanol

4,5ml buffer

Blanco

0,5 ml

pH 1,0

Agitación breve en vortex y reposar por 15 min en oscuridad



Leer a 520 y 700 nm y registrar las absorbancias

Anexo 9 Determinación de grasa método de Gerber modificado



Anexo 10 Acidificación del queso fresco ácido con la metodología Arduino

EQUIPOS Y COMPONENTES



- Plataforma Arduino
- Electrodo de pH
- Módulo amplificador de señal de pH
- Sistema de adquisición y registro de datos
- Software de control y visualización Arduino

1. Configuración del sistema

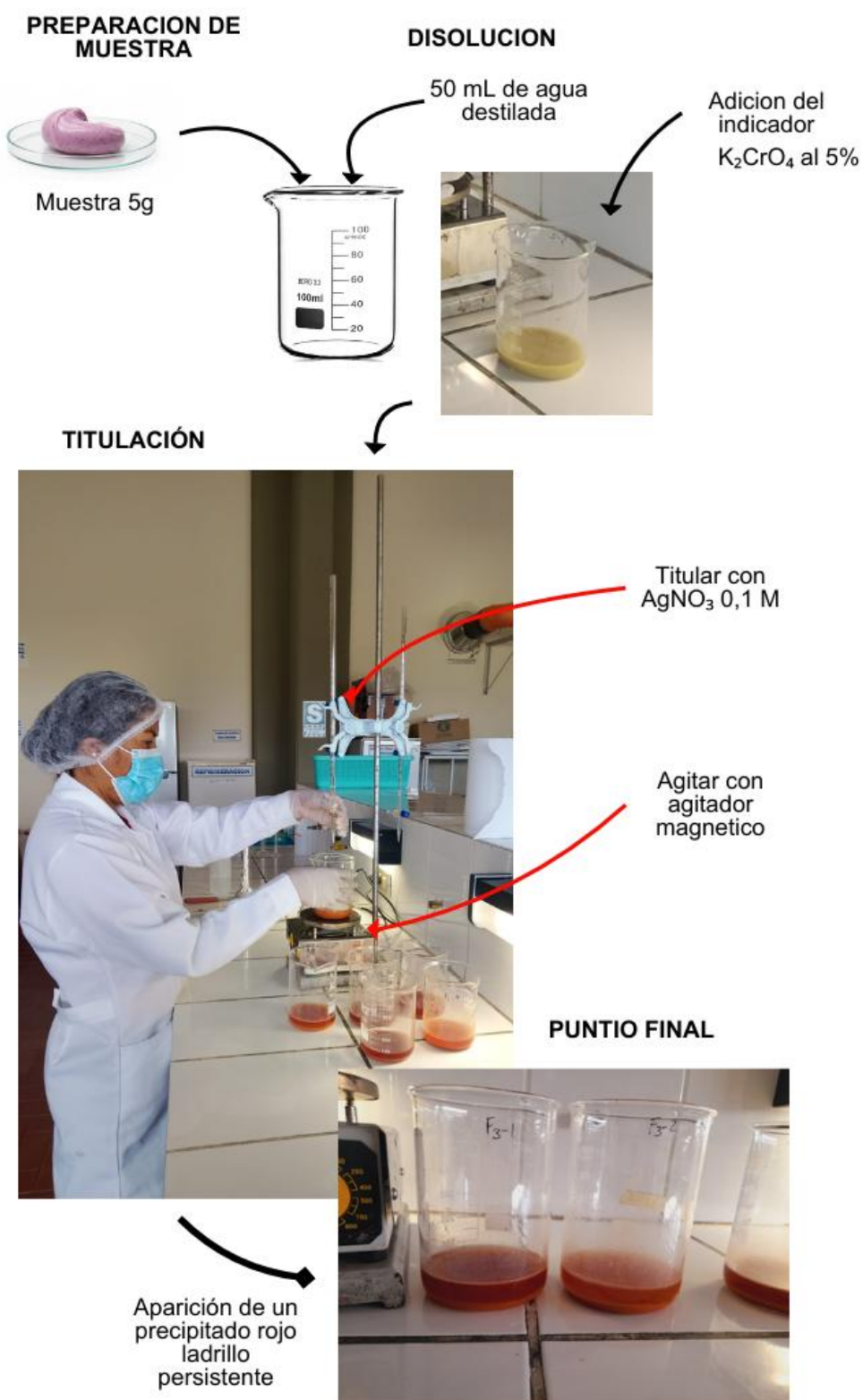
- Acoplar el electrodo de pH al módulo amplificador.
- Conectar el sistema a la plataforma Arduino.
- Registrar mediciones de pH de forma continua y en tiempo real durante la fermentación.



2. Registro y control



Anexo 11 Determinación de Na



Anexo 12 Determinación de cenizas

Pesado de crisol **P1** → Pesado de crisol + muestra 5 g **P2** → Llevar la muestra a la mufla a 400°C por 4 h aprox

Cuadernos de apuntes

FORMULACIÓN	REPETICIÓN	PESO DE CRISOL (P1)	PESO DE CRISOL+ MUESTRA (P2)	PESO FINAL (P3)	CENIZA(g): (P2-P3)	CENIZA (%)
F1	M1					
	M2					
	M3					
F2	M1					
	M2					
	M3					
F3	M1					
	M2					
	M3					

Todo peso en balanza analítica

Peso final del crisol **P3**

Anexo 13 Determinación de humedad

Pesado de placa petri **P1** → Pesado de muestra 15 g **P2** → Llevar la muestra a la estufa 100°C por 5 h aprox

Cuadernos de apuntes

FORMULACIÓN	REPETICIÓN	PESO DE PLACA DE PETRI (P1)	PESO DE PLACA DE PETRI+ MUESTRA (P2)	PESO FINAL (P3)	AGUA ELIMINADA: (P2-P3)	HUMEDAD (%)
F1	M1					
	M2					
	M3					
F2	M1					
	M2					
	M3					
F3	M1					
	M2					
	M3					

Todo peso en balanza analítica

Peso final de la placa **P3**

Anexo 14 Ficha de evaluación sensorial

FICHA DE EVALUACIÓN SENSORIAL

Evaluación sensorial de Queso fundido (Con diferente cc Grasa 36%, 34% y 32% de la crema de leche)

Prueba de aceptación

Fecha: ____ / ____ / ____

Instrucciones:

Estimado(a) evaluador(a), por favor deguste las muestras de queso fundido presentadas. ante de empezar a evaluar, por favor limpiar su paladar tomando un trago de agua. Frente a usted se encuentra tres muestras del queso fundido. Debe evaluar la aceptación en base a los atributos Apariencia, Color, Aroma lácteo, Sabor, Textura y Aceptación general. Coloque una valoración a cada uno de los atributos para cada una de las muestras en base a la escala hedónica de valoración que se presenta a continuación:

1	2	3	4	5
No me gusta	Me disgusta ligeramente	Me gusta	Me gusta mucho	Me gusta muchísimo

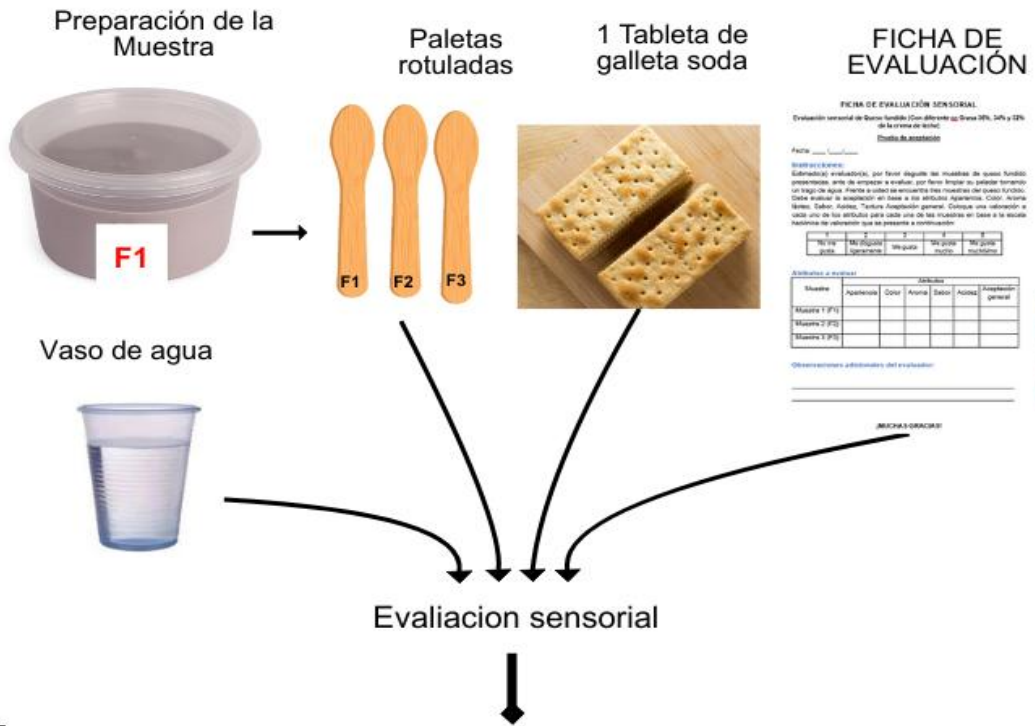
Atributos a evaluar

Muestra	Atributos					
	Apariencia	Color	Aroma	Sabor	Textura	Aceptación general
Muestra 1 (F1)						
Muestra 2 (F2)						
Muestra 3 (F3)						

Observaciones adicionales del evaluador:

¡MUCHAS GRACIAS!

Anexo 15 Evaluación sensorial



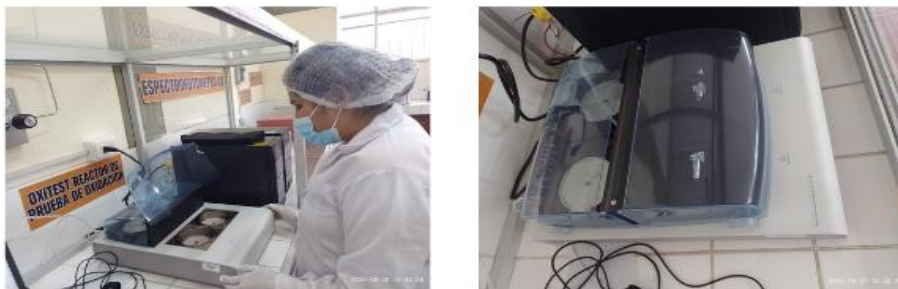
Anexo 16 Evaluación de estabilidad oxidativa con OXITECS del queso fundido

1. PREPARACION DE MUESTRA



2. SELLADO Y PRESURIZACIÓN

- Sellar herméticamente las cámaras.
- Burbujear O_2 hasta alcanzar una presión de 6 bar.
- Ajustar la temperatura del reactor a 90 °C. (condición de oxidación)



3. MONITOREO

- Registrar continuamente la presión de oxígeno mediante el software OXISOFT™.



**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Determinación de la estabilidad del queso fundido (bajo en sodio) a base de queso ácido, queso fresco y aceituna (*Olea europaea*)

**Expositora: Estefania Yanzénc Huarcaya Linares
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**

Expediente N° 2603117

Resolución Decanal N° 024-2026-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 18-03-2026

En la Sala de Conferencias “Pedro VILLENA HIDALGO” de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las diez de la mañana con cinco minutos del día viernes veinte de marzo del año dos mil veintiséis, se reunieron la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Estefania Yanzénc Huarcaya Linares**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ, Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS (Miembros) y Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI (Miembro-Asesor), bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Determinación de la estabilidad del queso fundido (bajo en sodio) a base de queso ácido, queso fresco y aceituna (*Olea europaea*)**, presentado por la Bachiller **Estefania Yanzénc Huarcaya Linares**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 024-2026-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó a la Bachiller **Estefania Yanzénc Huarcaya Linares**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición del Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI, Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS y Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ.

Concluyó con esta etapa el Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, en su condición de Presidente.

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA****ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Determinación de la estabilidad del queso fundido (bajo en sodio) a base de queso ácido, queso fresco y aceituna (*Olea europaea*)**Expositora: Estefania Yanzénc Huarcaya Linares
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**

Expediente N° 2603117

Resolución Decanal N° 024-2026-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 18-03-2026


Culminada la etapa de preguntas, el Presidente del Jurado invitó a la Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADO POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15).**

Finalmente el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que la Bachiller **Estefania Yanzénc Huarcaya Linares**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.

Siendo las once de la mañana con cincuenta minutos, se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:

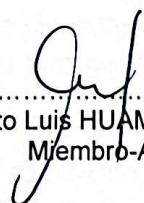
.....

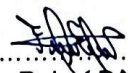
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente

.....

Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ
Miembro

.....

Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS
Miembro

.....

Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI
Miembro-Asesor

.....

Mg. Fredy Robér PARIONA ESCALANTE
Secretario Docente

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y
METALURGIA**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Determinación de la estabilidad del queso fundido (bajo en sodio) a base de queso ácido, queso fresco y aceituna (*Olea europaea*)**Expositora: Gabriela Teodosea Quichua Arones
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias**

Expediente N° 2603117

Resolución Decanal N° 024-2026-UNSCH-FIQM/D

Fecha: 18-03-2026

En la Sala de Conferencias "Pedro VILLENA HIDALGO" de la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, ubicada en la Ciudad Universitaria de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga (H-121), siendo las diez de la mañana con cinco minutos del día viernes veinte de marzo del año dos mil veintiséis, se reunieron la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Gabriela Teodosea Quichua Arones**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ, Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS (Miembros) y Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI (Miembro-Asesor), bajo la Presidencia del Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA (Decano de la FIQM), el Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Secretario-Docente) y el público asistente.

Acto seguido, el Presidente del Jurado de Sustentación dispuso que el Secretario Docente dé lectura a los antecedentes tramitados para el presente Acto Público de Sustentación de la Tesis: **Determinación de la estabilidad del queso fundido (bajo en sodio) a base de queso ácido, queso fresco y aceituna (*Olea europaea*)**, presentado por la Bachiller **Gabriela Teodosea Quichua Arones**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 024-2026-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente del Jurado invitó a la Bachiller **Gabriela Teodosea Quichua Arones**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de cuarenta y cinco minutos.

Terminada la exposición del Bachiller, el Presidente invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI, Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS y Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ.

Concluyó con esta etapa el Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA, en su condición de Presidente.

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria

**UNSCH**FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA****ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:**

(Reglamento de grados y títulos, aprobado con RCU N° 3403-2024-UNSCH-CU)

Determinación de la estabilidad del queso fundido (bajo en sodio) a base de queso ácido, queso fresco y aceituna (*Olea europaea*)**Expositora: Gabriela Teodosea Quichua Arones
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias****Expediente N° 2603117 Resolución Decanal N° 024-2026-UNSCH-FIQM/D Fecha: 18-03-2026**

Culminada la etapa de preguntas, el Presidente del Jurado invitó a la Sustentante y al público para que se sirvan abandonar la Sala de Conferencias con la finalidad de permitir al Jurado de Sustentación deliberar sobre la evaluación a otorgar. Se alcanzó el siguiente resultado. **APROBADA POR UNANIMIDAD PROMEDIO QUINCE (15).**

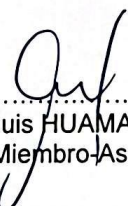
Finalmente el Presidente del Jurado dispuso que se invite al Sustentante y al público asistente a que se sirvan ingresar a la Sala de Conferencias, y anunció que la Bachiller **Gabriela Teodosea Quichua Arones**, ha resultado **APROBADA POR UNANIMIDAD**, y por lo tanto a partir de la fecha la Universidad y la Facultad cuenta con una flamante **INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS** y le augura éxitos en su desempeño profesional.


Siendo las once de la mañana con cincuenta minutos, se dio por concluido el acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:


.....
Dr. Agustín Julián PORTUGUEZ MAURTUA
Presidente


.....
Dr. Juan Carlos PONCE RAMIREZ
Miembro


.....
Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS
Miembro


.....
Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI
Miembro-Asesor


.....
Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE
Secretario Docente

FACULTAD DE INGENIERÍA
QUÍMICA Y METALURGIA
Av. Independencia s/n
Ciudad Universitaria



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El Director de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, hace CONSTAR:

Que, las Srtas. Estefania Yanzénc HUARCAYA LINARES y Gabriela Teodosea QUICHUA ARONES egresadas de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias han remitido, con el aval y por intermedio de su asesor Ing. Alberto Luis Huamaní Huamaní, la Tesis: Determinación de la estabilidad del queso fundido (bajo en sodio) a base de queso ácido, queso fresco y aceituna (*Olea europaea*) y se precisa con el Informe de Originalidad de Turnitin, que el índice de similitud del trabajo es de 11% y que se ha generado el Recibo digital que confirma el Depósito que el trabajo ha sido recibido por Turnitin con fecha abril 24 de 2026 e Identificador de la Entrega N° 2942624154.

Se expide la presente, para los fines pertinentes.

Ayacucho, 28 de abril del 2026.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Ing. CIP Antonio J. Matos Alejandro
DIRECTOR

c.c. : Archivo.
Constancia N° 076

Determinación de la estabilidad del queso fundido (bajo en sodio) a base de queso ácido, queso fresco y aceituna (*Olea europaea*)

por Estefania Yanzénc Huarcaya Linares y Gabriela Teodosea Quichua Arones

Fecha de entrega: 24-abr-2026 12:06p. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2942624154

Nombre del archivo: TESIS_QUESO_FUNDIDO_PARA_PASAR_TURNITIN.pdf (4.35M)

Total de palabras: 21505

Total de caracteres: 111820

Determinación de la estabilidad del queso fundido (bajo en sodio) a base de queso ácido, queso fresco y aceituna (Olea europaea)

INFORME DE ORIGINALIDAD

11%	11%	2%	5%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	2%
Trabajo del estudiante		
2	www.scielo.cl	1%
Fuente de Internet		
3	repositorio.unsch.edu.pe	1%
Fuente de Internet		
4	alicia.concytec.gob.pe	1%
Fuente de Internet		
5	repositorio.unc.edu.pe	1%
Fuente de Internet		
6	repositorio.unp.edu.pe	1%
Fuente de Internet		
7	historialeduner.uner.edu.ar	<1%
Fuente de Internet		
8	vdocuments.com.br	<1%
Fuente de Internet		
9	www.scielo.br	<1%
Fuente de Internet		
10	cia.uagraria.edu.ec	<1%
Fuente de Internet		
11	pdffox.com	<1%
Fuente de Internet		

12	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	1library.co Fuente de Internet	<1 %
14	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
15	www.eper-es.es Fuente de Internet	<1 %
16	www.inifap.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
17	kupdf.net Fuente de Internet	<1 %
18	Poggioli, Arianna Lambertini. "Estudio Preliminar Sobre Conocimientos, Actitudes Yprácticas Sexuales de Riesgo Ante el VIH/SIDA Enadolescentes Escolarizados en la Ciudad de Caracas –Venezuela", Universidade de Evora (Portugal), 2024 Publicación	<1 %
19	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %
20	bibdigital.epn.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
21	Submitted to Pontificia Universidad Catolica del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
22	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
23	Siu, Maykabeth Wendh García. "Efecto de la Adición Integrada de un Extracto de Coronta de Maíz Morado (Zea mays L.) Obtenido Mediante Extracción con Líquidos Calientes	<1 %

Presurizados Sobre el Contenido de Contaminantes Neoformados en Galletas Saladas", Pontificia Universidad Catolica de Chile (Chile), 2023

Publicación

24 Tapie Canacuan, Gladys del Socorro. <1 %
"Utilizacion De Suero Acido Lacteo En La Elaboracion De Dulce De Leche Con Probioticos.", University of Puerto Rico, Mayaguez (Puerto Rico), 2018
Publicación

25 LUZ MARINA ZAPATA. "OBTENCIÓN DE EXTRACTO DE ANTOCIANINAS A PARTIR DE ARÁNDANOS PARA SER UTILIZADO COMO ANTIOXIDANTE Y COLORANTE EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA", Universitat Politecnica de Valencia, 2014
Publicación

26 sedici.unlp.edu.ar <1 %
Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo