

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**
FACULTAD DE INGENIERÍA QUÍMICA Y METALURGIA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN INDUSTRIA
ALIMENTARIAS



TESIS:

**Determinación de las propiedades físicas y componentes
químicos por espectroscopía ultrasónica en la leche cruda y
pasteurizada a diferentes tiempos y temperaturas de
almacenamiento**

Para optar el título profesional de:

INGENIERA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

PRESENTADO POR:

Bach. Lourdes Silvia VIVANCO ALARCON

ASESOR:

Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE

AYACUCHO-PERÚ

2024

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón mi tesis a mi querido hijo Sebastián, pues es mi gran motivo que me impulsa a seguir y a mis queridos padres Guillerma, Guzmán y hermanos.

AGRADECIMIENTO

En principio, a la casa de estudios Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, por la oportunidad de ser parte y lograr mi formación profesional que será para toda mi vida.

A la Facultad de Ingeniería Química y Metalurgia, en particular a la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias y a la plana de catedráticos por sus enseñanzas y consejos que fueron partícipes de mi formación profesional.

A la vez, agradecer al estable de la facultad de veterinaria y a todo el personal, por haberme facilitado las muestras desde muy temprano para realizar mi tesis.

De la misma manera agradecer a mi asesor de tesis, Mg. Fredy Rober Pariona Escalante quien, con su apoyo, y conocimiento contribuye en la ejecución de mi tesis.

A los miembros del jurado evaluador: Dr. Alberto Luis Huamani Huamani (presidente), Mg. Julio Pablo Godenzi Vargas y Mg. Wiler Hugo De la Cruz Quispe (Miembros). Por su orientación y conocimientos aportados para la culminación de mi tesis.

A mi familia y amigos por brindarme sus consejos y apoyo.

Resumen

En el presente trabajo de investigación tuvo como objetivo: Determinar las propiedades físicas y componentes químicos por espectroscopía ultrasónica en la leche cruda y pasteurizada no homogenizada a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento. Para la evaluación se utilizó la metodología de análisis de espectroscopía ultrasónica de alta resolución y análisis microbiológico con pruebas rápidas de uso de placas Petri film (3M). Como resultado de obtuvieron buenos resultados de ajuste matemático de acidez, solidos totales y densidad en función de la temperatura y tiempo de almacenamiento, para leche cruda y leche pasteurizada. También se determinó los componentes y propiedades de la leche como contenido de proteína, grasa, solidos lácteos no grasos, lactosa, sales, densidad, punto crioscópico, encontrándose dentro de los valores establecidos por INACAL (2016). Los análisis microbiológicos reportaron indicadores de buena higiene de proceso de leche.

Palabra clave: Leche, espectroscopía ultrasónica, pasteurización.

Abstract

The objective of this research work was to: Determine the physical properties and chemical components by ultrasonic spectroscopy in raw and non-homogenized pasteurized milk at different storage times and temperatures. For the evaluation, the analysis methodology of high resolution ultrasonic spectroscopy and microbiological analysis was used with rapid tests using Petri film plates (3M). As a result, good results were obtained for mathematical adjustment of acidity, total solids and density as a function of temperature and storage time, for raw milk and pasteurized milk. The components and properties of milk were also determined, such as protein content, fat, non-fat milk solids, lactose, salts, density, cryoscopic point, being within the values established by INACAL (2016). Microbiological analyzes reported indicators of good milk processing hygiene.

Keyword: Milk, ultrasonic spectroscopy, pasteurization.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	pág.
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Formulación del problema	2
1.2 Objetivos	3
1.3 Hipótesis.....	4
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
2.1 LECHE.....	5
2.2 CALIDAD DE LECHE	9
2.2.1 Parámetros microbiológicos de la leche cruda	9
2.2.2 Requisitos fisicoquímicos.....	11
2.2.3 Requisitos organolépticos.....	15
2.3 ALTERACIONES DE LA LECHE	16
2.3.1 Alteraciones físicas.....	17
2.3.2 Alteraciones microbiológicas	18
2.3.3 Alteraciones sensoriales	18
2.4 FACTORES INFLUENTES PARA LOS CAMBIOS EN LA LECHE.....	19
2.4.1 Influencia de las bacterias	20
2.4.2 Influencia de las esporas	21

2.4.3	Influencia de conteo de células somáticas (SCC)	22
2.5	ESPECTROSCOPIA ULTRASÓNICA	26
III.	MATERIALES Y MÉTODOS	29
3.1	Lugar de ejecución	29
3.2	Muestra.....	29
3.3	Materiales.....	29
3.4	Reactivos.....	30
3.5	Equipos.....	30
3.6	Materiales de seguridad	30
3.7	Población y muestra	30
3.8	Diseño metodológico	32
3.9	Muestreo en almacenamiento.....	33
3.10	Diseño experimental	34
3.11	Métodos de análisis.....	36
3.11.1	Acidez de la leche	36
3.11.2	Cuantificación de componentes por espectroscopía ultrasónica de alta resolución	37
3.11.3	Análisis microbiológico de mesófilos y Coliformes	38
3.12	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	42

IV.	RESULTADOS Y DISCUSIONES	44
4.1	Calidad fisicoquímica de la leche cruda	44
4.2	Comportamiento de leche cruda durante el almacenamiento	46
4.2.1	Acidez, densidad y solidos totales.....	46
4.2.2	Modelos matemáticos de ajuste	49
4.2.3	Análisis de la varianza (ANVA) para los modelos matemáticos.....	50
4.2.4	Pruebas microbiológicas	52
4.2.5	Componentes de la leche a diferentes temperaturas de almacenamiento ..	54
4.3	Comportamiento de leche pasteurizada durante almacenamiento	59
4.3.1	Acidez, densidad y solidos totales.....	59
4.3.2	Modelos matemáticos de ajuste	61
4.3.3	ANVA para los modelos matemáticos.....	61
4.3.4	Pruebas microbiológicas	64
4.3.5	Componentes de la leche a diferentes temperaturas de almacenamiento ..	66
V.	CONCLUSIONES	71
VI.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	73

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Especificaciones Técnicas Fisicoquímicas.....	11
Tabla 2 Clasificación de las leches de acuerdo a sus componentes.....	13
Tabla 3 Requisitos microbiológicos de la leche cruda para el uso de la industria láctea	16
Tabla 4 Leches usadas para la investigación.	31
Tabla 5 Secuencia de muestreo para el análisis de la leche cruda.	33
Tabla 6 Secuencia de muestreo para el análisis de la leche pasteurizada.	34
Tabla 7 Diseño Experimental 3 ^k para la evaluación de componentes de la leche cruda.	34
Tabla 8 Diseño Experimental 3 ^k para la evaluación de componentes de la leche pasteurizada	35
Tabla 9 Característica nutricional de la leche cruda.....	44
Tabla 10 Característica fisicoquímica de la leche cruda usado en la investigación.	45
Tabla 11 Análisis estadístico de regresión de los modelos predictivos polinómicos de acidez, solidos totales y densidad durante almacenamiento de leche cruda.....	51
Tabla 12 Pruebas microbiológicas de leche cruda durante diferentes periodos de almacenamiento a diferentes temperaturas.	52
Tabla 13 Componentes de leche cruda durante el almacenamiento a 5°C.....	55
Tabla 14 Comportamiento de los componentes durante el almacenamiento a 12.5°C de leche cruda.....	56
Tabla 15 Comportamiento de los componentes durante el almacenamiento a 20°C de leche cruda.....	57

Tabla 16 <i>Análisis de regresión de varianza de los modelos predictivos polinómicos para acidez durante almacenamiento de leche pasteurizada.</i>	63
Tabla 17 <i>Resultados microbiológicos de leche pasteurizada para diferentes periodos de almacenamiento a diferentes temperaturas.....</i>	65
Tabla 18 <i>Comportamiento de los componentes durante el almacenamiento a 5°C de leche pasteurizada.....</i>	67
Tabla 19 <i>Comportamiento de los componentes durante el almacenamiento a 12.5°C de leche pasteurizada.</i>	68
Tabla 20 <i>Comportamiento de los componentes durante el almacenamiento a 20°C de leche pasteurizada.</i>	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. <i>Grado de acidez en leches pasteurizadas, homogeneizadas, con 2 % de grasa, almacenadas a 5 °C.....</i>	<i>24</i>
Figura 2. <i>Diseño metodológico.....</i>	<i>32</i>
Figura 3. <i>Superficies predictivas para acidez (%), solidos totales y densidad en leche cruda en el rango de temperatura y tiempo de almacenamiento.</i>	<i>48</i>
Figura 4. <i>Superficies predictivas para acidez en leche pasteurizada en el rango de temperatura y tiempo de almacenamiento.</i>	<i>60</i>

I. INTRODUCCIÓN

La leche, como alimento que se consume diariamente, aporta nutrientes esenciales. Aunque se han propuesto algunos posibles beneficios del consumo de leche cruda, todavía existen preocupaciones importantes con respecto a la gestión de la calidad y la salud pública ([Lucey, 2015](#)). La leche cruda es un producto muy perecedero y tiene una vida útil muy corta, ya que la leche cruda sirve como un medio excelente para el crecimiento de bacterias ([Borad et al., 2017](#)). Por tanto, la leche cruda es difícil de conservar o transportar a largas distancias. Para mantener la estabilidad de la leche y aumentar la vida útil, el procesamiento de la leche siempre se utiliza para prevenir enfermedades causadas por patógenos o microorganismos de deterioro presentes en la leche ([Meunier-Goddik & Sandra, 2011](#)).

La NTP de [INACAL \(2016\)](#), exige que el recuento total de bacterias en la leche de exige $< 100\,000$ ufc/ml de mesófilos y coliformes.

Los efectos adversos del uso de leche con alto contenido de conteo de células somáticas para la elaboración de queso incluyen una menor firmeza de la cuajada ([Politis & Ng-Kwai-Hang, 1988a](#)), una disminución del rendimiento del queso ([Barbano et al., 1991](#); [Klei et al., 1998](#); [Politis & Ng-Kwai-Hang, 1988b](#)), aumento de la pérdida de grasa y caseína en el suero([Politis & Ng-Kwai-Hang, 1988b](#)), y calidad sensorial comprometida ([Munro et al., 1984a](#)).

Determinar la composición de la leche y sus parámetros fisicoquímicos es necesario para cumplir con los estándares de seguridad alimentaria y es importante para que la industria láctea controle los procesos de fermentación. Se han desarrollado varios métodos para probar el contenido de componentes de la leche, utilizando varios métodos como los analíticos, cada uno de los métodos tiene ventajas y desventajas. Los métodos más comunes son la cromatografía o la espectrofotometría, espectroscopia infrarroja, polarimetría, gravimetría o biosensores. Dado que la leche es un medio complejo, la mayoría de los métodos analíticos tienen inconvenientes generales, como largos pasos de preparación de muestras (requisitos para la extracción y filtración de muestras), costos analíticos o procedimientos de calibración complejos que a menudo se limitan a tipos específicos de leche o sus componentes. En base a las referencias de la velocidad de deterioro de la leche y las técnicas de análisis tradicionales. Como alternativa a las metodologías tradicionales de análisis, se propone usar las técnicas rápidas como la técnica de espectroscopía ultrasónica, en la medición de sus componentes de leche cruda y leche pasteurizada, a diferentes condiciones de temperatura y tiempo de almacenamiento.

1.1 Formulación del problema

1.1.1 Problema general

¿Cuál será el valor de las propiedades físicas y componentes químicos determinadas por espectroscopía ultrasónica en la leche cruda y pasteurizada a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento?

1.1.2 Problemas específicos

- ¿Existirá variación de las propiedades físicas (densidad y punto crioscópico) en la leche cruda y pasteurizada durante diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento?
- ¿Existirá variación de los componentes químicos (proteína, grasa, lactosa, sólidos lácteos no grasos, acidez total) en la leche cruda y pasteurizada durante diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento?
- ¿Existirá variación microbiológica (mesófilos viables) en la leche cruda y pasteurizada a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Determinar las propiedades físicas y componentes químicos por espectroscopía ultrasónica en la leche cruda y pasteurizada no homogenizada a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento.

1.2.2 Objetivos específicos

1. Determinar las propiedades físicas (sólidos totales y densidad) en la leche cruda y leche pasteurizada a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento.
2. Determinar los componentes (proteína, grasa, lactosa, sólidos lácteos no grasos, acidez total) de la leche cruda y leche pasteurizada a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento.

3. Cuantificar los agentes microbianos (mesófilos viables y coliformes) en la leche cruda y pasteurizada a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento.

1.3 Hipótesis

1.3.1 Hipótesis general

Las propiedades físicas y componentes químicos determinadas por espectroscopía ultrasónica en la leche cruda y pasteurizada a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento no varían.

1.3.2 Hipótesis específico

1. Existe variación de las propiedades físicas (densidad y punto crioscópico) en la leche cruda y pasteurizada durante diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento.
2. Existe variación de los componentes químicos (proteína, grasa, lactosa, sólidos lácteos no grasos, acidez total) en la leche cruda y pasteurizada durante diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento.
3. Existe variación microbiológica (mesófilos viables) en la leche cruda y pasteurizada a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1 LECHE

La leche de vaca, un fluido biológico con componentes y complejidad únicos, es secretada por las glándulas mamarias de *Bos taurus* ([Yang et al., 2017](#)). Es una parte importante de una dieta nutritiva para bebés y niños en todo el mundo y contiene abundantes nutrientes con componentes bioactivos, como proteínas, lípidos, lactosa, minerales y vitaminas ([Yang et al., 2017](#)). Estos componentes bioactivos fortalecen el sistema inmunológico, el metabolismo normal, la mucosa intestinal, el crecimiento y el desarrollo de la salud en general ([Li et al., 2022a](#)).

La leche de todas las especies mamíferos es una mezcla heterogénea de varios componentes y posee una amplia variedad de actividades químicas y funcionales (Park & Nam, 2015), sus características están asociadas a parámetros fisicoquímicos (Murphy et al., 2016). El almacenamiento de la leche cruda en refrigeración controla la actividad acidificante de las bacterias mesófilas y así reducir las pérdidas económicas por deterioro (Cempírková & Mikulová, 2009).

La leche de vaca es un fluido biológico con componentes únicos y complejos que contiene abundantes nutrientes con componentes bioactivos, como proteínas, lípidos, lactosa, minerales y vitaminas, que es consumido popularmente por bebés y niños en todo el mundo ([Li et al., 2022a](#); [Yang et al., 2017](#))

La leche, una de las mejores fuentes de alimentos, es una parte importante de la nutrición humana. La leche cruda es rica en proteínas, grasas, lactosa y muchos otros nutrientes naturales y también proporciona excelentes condiciones de crecimiento y reproducción para los microorganismos ([Champagne et al., 1994](#)).

La leche se considera un 'alimento perfecto' debido a su alto valor nutricional y propiedades sensoriales muy aceptables ([Zeinhom & Abdel-Latef, 2014](#)). ([Gabriel & Marquez, 2017](#)) explicaron que el valor nutricional superior de la leche también la convierte en un sustrato ideal para los microorganismos. Aparte de su composición nutricional, su alta actividad acuosa y baja acidez favorecen fácilmente la supervivencia y proliferación microbiana. Los microorganismos patógenos pueden introducirse en los diferentes productos lácteos de diversas maneras.

Leche cruda: La leche cruda de buena calidad no debe contener residuos ni sedimentos; no debe ser insípida ni tener color y olor anormales; debe tener un contenido de bacterias bajo; no debe contener sustancias químicas (por ejemplo, antibióticos y detergentes), y debe tener una composición y acidez normales ([FAO, 2023](#)).

Calidad de leche cruda: La calidad de la leche cruda puede deteriorarse debido a un manejo inadecuado de los utensilios de ordeño, transporte o adulteración (grasas, sales, agua, entre otros), aumentando la carga bacteriana y propiciando propiedades indeseables de acidez, rancidez o agriado ([Alais, 1985; Bath et al., 1978; Newburg et al., 1995](#)).

La leche se considera uno de los alimentos más completos, rico en nutrientes esenciales que incluyen proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y diversos minerales necesarios para un crecimiento y desarrollo saludables ([Sharabi et al., 2018](#)).

Después de la recolección, la temperatura de la leche cruda es de alrededor de 38 °C y, por lo tanto, es necesario enfriarla rápidamente y mantenerla a temperaturas de refrigeración, ya que su rico perfil nutricional, su pH casi neutro y su alta actividad de agua hacen de la leche el ambiente perfecto para la proliferación de varios microorganismos ([Lundén et al., 2004](#)). La composición y diversidad microbiana de la leche cruda puede estar vinculada a diversos tipos y orígenes de polución, que ocurren antes o después de la recolección. Las bacterias ya pueden surgir cuando se excreta la leche (antes de la recolección), por ejemplo, si la glándula mamaria está infectada (mastitis), lo cual es la enfermedad más habitual asociada con el ganado lechero. ([LeJeune & Rajala-Schultz, 2009](#)).

La contaminación poscosecha puede derivar del entorno de la granja lechera durante la producción, recolección, procesamiento, distribución y almacenamiento de leche. Estos contaminantes pueden resultar de heces, alimentos para animales, lodo, agua, suelo, manipulación humana, utensilios agrícolas, tuberías de distribución, tanques a granel o de transporte ([Damm et al., 2017](#)). *Staphylococcus*, *Campylobacter*, *Listeria*, *Escherichia*, *Salmonella*, *Micrococcus*, *Clostridium*, *Yersinia enterocolitica* y *Bacillus* (células vegetativas y de esporas) se asocian comúnmente con la contaminación de la leche cuando existen condiciones sanitarias inadecuadas o

deficientes ([Papademas & Bintsis, 2010](#)). El mantenimiento de una temperatura baja (4-10 °C) una vez que la leche se recolecta o transporta para su posterior procesamiento sigue siendo uno de los factores más cruciales para la calidad general de la leche cruda, ya que ralentiza el crecimiento microbiano y el deterioro químico ([Koutsoumanis et al., 2010](#)). Sin embargo, los microorganismos psicrófilos pueden proliferar a bajas temperaturas, liberando lipasas y proteasas responsables de cambios organolépticos, como rancidez y sabores amargos ([McClements et al., 2001](#)).

La leche cruda de vaca es apreciada en la industria por sus características físicas, químicas y microbiológicas ([WingChing-Jones & Mora-Chaves, 2013](#)). Está compuesta por agua, grasa, proteína, lactosa y minerales ([Walstra et al., 2006](#)). Estos componentes varían según el patrón racial de los animales ([DePeters et al., 1995](#)), las condiciones climáticas en donde se desarrolla el sistema de producción ([WingChing-Jones & Mora-Chaves, 2013](#)), el estado sanitario de la ubre ([Alhussien & Dang, 2018](#)), el número de lactancia ([Bohlouli et al., 2015](#)), el contenido de almidones ([Gao & Oba, 2016](#)), el balance catión anión ([Iwaniuk & Erdman, 2015](#)) y el contenido de proteína en la dieta ([Sinclair et al., 2014](#)); la edad del animal ([Bohlouli et al., 2015](#)), el estado de lactancia ([Bohlouli et al., 2015](#)), y los litros producidos al día ([Feldes et al., 2016](#)) entre otras variables.

Para garantizar altos estándares de la leche, se deben considerar varios factores, como el estado sanitario de la leche, la calidad fisicoquímica y el desempeño tecnológico ([Figuerola et al., 2020](#)).

Leche pasteurizada: Es la leche que después de ser adquirida, se pasteurizará a 65 °C por 30 minutos, durante la pasteurización será controlado el tiempo y temperatura de pasteurización y finalmente será evaluado la letalidad térmica. El objetivo de la pasteurización es destruir efectivamente los microorganismos como *Mycobacterium tuberculosis* y *Coxiella burnetti* ([FAO, 2023](#)).

2.2 CALIDAD DE LECHE

El término “alta calidad”, desde una perspectiva microbiológica, se utiliza a menudo para referirse a la leche cruda con bajos recuentos totales de bacterias; sin embargo, el término también puede usarse para describir la leche cruda con niveles bajos de ciertos grupos de bacterias (p. ej., coliformes). De hecho, se han utilizado pruebas para varios grupos de bacterias de la leche cruda como indicadores de la calidad de la leche cruda más allá del recuento total de bacterias, en particular, el recuento de incubación preliminar para bacterias psicrófilos, el recuento de coliformes, el recuento de pasteurización en laboratorio, para bacterias termodúricas y, con menos frecuencia, pruebas de recuento de esporas. Los resultados de estas pruebas pueden usarse para indicar deficiencias específicas en prácticas de higiene; por ejemplo, la presencia de altos niveles de coliformes (p. ej., >100 ufc/mL) puede indicar que las vacas no se limpian adecuadamente antes de conectar la unidad de ordeño ([Murphy & Boor, 2000](#)).

2.2.1 Parámetros microbiológicos de la leche cruda

El recuento total de bacterias es la medida más utilizada de la calidad microbiana de la leche cruda y se mide en los Estados Unidos utilizando varios métodos aprobados, incluido el recuento en placa estándar, el recuento en asa en placa, el recuento aeróbico de Petrifilm (3M) y la citometría de flujo ([Martin et al., 2023](#)).

Los coliformes son un grupo de bacterias definido por el método que son bacilos gramnegativos aeróbicos o anaeróbicos facultativos, no formadores de esporas, capaces de fermentar la lactosa para producir gas y ácido en 48 h a una temperatura de 32 a 35 °C ([Davidson et al., 2004](#)). Los coliformes se han utilizado durante más de un siglo como indicadores de contaminación fecal en agua, lácteos y otros productos alimenticios ([Martin et al., 2016](#)), aunque cabe destacar que el grupo de coliformes en general no está estrictamente asociado con la contaminación fecal, y De hecho, los coliformes fecales son un pequeño subconjunto del grupo de coliformes más grande, muchos de los cuales están asociados con fuentes ambientales (p. ej., agua, vegetación). El método estándar para el recuento de CC es el uso de agar bilis rojo violeta, con pruebas de confirmación de colonias típicas para la producción de gas y ácido en medio de bilis verde brillante; sin embargo, el uso de medios de película deshidratados (p. ej., 3M Coliform Petrifilm) es generalizado debido a la simplicidad del método ([Davidson et al., 2004](#)).

Las bacterias coliformes en la leche cruda son utilizadas como indicadores de higiene, y los límites para una leche cruda de alta calidad no deben exceder los 10 ufc/ml ([Jayarao & Wolfgang, 2003a](#)), niveles entre 100 y 1000 ufc/ml, indican una falta de higiene ([Ruegg & Reinemann, 2002](#)). ([Pantoja et al., 2009](#)) registraron una media de 1,7 log ufc/ml (50 ufc/mL en 7200 muestras de leche cruda de 16 granjas

lecheras en Wisconsin, (Jayarao et al., 2004) registraron una media de 70 ufc/mL en 126 granjas lecheras de Pensilvania, asignándoles como leche cruda de calidad aceptable. (Jayarao & Wang, 1999) informan una media de 3,4 log ufc/ml (2500 ufc/ml) de coliformes en 130 muestras de leche cruda en tanques a granel.

2.2.2 Requisitos fisicoquímicos

Calidad fisicoquímica de la leche: Son las siguientes especificaciones técnicas según la NTP 202.001 (INACAL, 2016)

Tabla 1
Especificaciones Técnicas Fisicoquímicas

Característica	Unidad	Especificaciones	
		Mínimo	Máximo
Densidad a 15°C	g/m	1,029	1,034
Materia láctea	g/100 g	3,2	---
Acidez titulable como ácido láctico	g/100 g	0,13	0,17
Ceniza	g/100 g	--	0,07
Extracto seco	g/100 g	11,4	---
Extracto seco magro	g/100 g	8,2	----
Caseína en la proteína láctea	g/100 g	Proporción natural entre la caseína y la proteína ----	

Fuente: INACAL (2016)

Punto crioscópico: Corresponde a la temperatura en la cual la parte líquida y los solutos se encuentran en equilibrio, los valores normales fluctúan entre -0,510 y -

0,530 °H, debido a que se encuentran en equilibrio con la presión osmótica de la leche (Juárez-Barrientos et al., 2016).

Calidad de leche: Se define a las características nutricionales (como el porcentaje de los diferentes constituyentes químicos como: proteínas, grasa, lactosa, minerales, vitaminas, sólidos no grasos y sólidos totales entre otros) y microbiológicas, que cumplen con las exigencias de las normas establecidas. La calidad microbiológica se refiere a la presencia de microorganismos patógenos, de residuos de antibióticos y medicamentos (inhibidores) presentes; y su presencia fuera del límite establecido pueden afectar la salud humana y los procesos de transformación de la leche. Conteos altos de bacterias y de células somáticas, producen alteraciones en las propiedades nutritivas y organolépticas de la leche y reducen la vida útil de los derivados lácteos (Calderón et al., 2006).

(Calderón et al., 2006) realizan una clasificación de acuerdo a sus componentes como se muestra en la Tabla 2.

Acidez de leche: La acidez, es producida por la presencia de las bacterias ácido- lácticas; que transforman la lactosa en ácido láctico, acético y propiónico; ácidos grasos y acetona provenientes de la utilización de las grasas. El metabolismo de las proteínas produce indicadores de putrefacción como indol, estos metabolitos llegan a desestabilizar la leche por aumento de la acidez, fruto de la proliferación bacteriana (Calderón et al., 2006).

Proteína de leche: La proteína es el componente químico más importante de la leche por ser necesaria para los mamíferos que dependen en las primeras etapas de la vida y puede dividirse en dos grupos la caseína y proteínas del suero. Dentro de la caseína, se encuentran la α S1, α S2, β y la kappa y las proteínas del suero incluyen a lactoalbúmina, β lactoglobulina, inmunoglobulinas y seroalbuminas (Rodríguez & Novoa, 1994). Actualmente, ha adquirido una mayor importancia la kappa-caseína; debido a que conforma y retiene una mayor cantidad de sólidos, formando una cuajada más firme y densa; lo que influye sobre el mayor rendimiento de la conversión de leche en cuajada (Trujillo & Noriega, 2001).

Tabla 2

Clasificación de las leches de acuerdo a sus componentes.

Variable	Excelente	Buena	Regular	mala
Densidad (g/ml)	> 1.029	> 1.029	1.028 – 1.029	< 1.028
Punto crioscópico (°C)	-0.545 a -0.531	-0.530 a -0.521	-0.520 a -0.501	< -0.545
Contenido de lactosa (%)	> 5.3	5.3 a 4.9	4.9 a 4.6	< 4.6
Contenido de proteína (%)	> 3.2	3.2 a 2.8	2.8 a 2.6	<2.6
Contenido de grasa (%)	>3.5	3.5 a 3.3	3.3 a 3.0	<3.0
Sólidos no grasos (%)	>8.7	8.7 a 8.4	8.4 a 8.0	<8.0
Sólidos totales (%)	>12.2	11.8 a 12.0	11.3 a 11.8	<11.3
Mesófilos ufc/ml *10 ³	<50	50 a 100	100 a 300	>300
Células somáticas *10 ⁴	<100	100 a 200	200 a 400	>400

Fuente: (Alpina, 1992)

Grasa de leche: La grasa, es otro de los componentes químicos de la leche y es la responsable no sólo del aroma y sabor del queso; sino también de su cuerpo y textura; ya que un queso elaborado sin grasa generalmente posee una consistencia dura e insípida y no desarrolla el aroma y sabor típico (Rodríguez & Novoa, 1994). También es el componente más variable de la leche y puede estar influenciado por factores como la raza, edad de la vaca, estado nutricional, estado de la curva de lactancia y tipo de alimentación ([Marranzano et al., 2018](#); [Ramos et al., 1998](#)).

Sólidos totales: Los sólidos totales son la sumatoria de los porcentajes de las proteínas, de la grasa en emulsión, lactosa, vitaminas y sales. Por lo tanto, una disminución o aumento en alguno de estos constituyentes puede influenciar el contenido total de los sólidos; siendo el porcentaje de grasa, el factor que más influye en la sumatoria ([Bylund, 2003](#)). La determinación del porcentaje de sólidos totales, reviste importancia en cuanto a la manera de detectar adulteraciones por aguado en la leche ([Alpina, 1992](#)).

Se utilizan diferentes características de la leche cruda para garantizar la calidad de la leche cruda utilizada en el procesamiento a altas temperaturas. Un método utilizado para predecir la estabilidad térmica de la leche es la prueba de coagulación térmica (encima de 100°C) ([Davies & White, 1966](#)). Estudios anteriores han medido el HCT de la leche cruda, es decir. antes del tratamiento UHT, y descubrieron que la leche con HCT bajo se asociaba con una mayor descamación durante el tratamiento UHT y la formación de limo durante el almacenamiento ([Deeth, 2010](#)). Se ha descubierto que el tamaño ([Van Boekel et al., 1989](#)) e incluso pequeños cambios en el

pH causan grandes cambios en la estabilidad térmica (Deeth & Lewis, 2016; Jeurnink & De Kruif, 1995; Van Boekel et al., 1989).

El pH natural de la leche es de alrededor de 6,7 y reducirlo reduce la carga negativa neta de las proteínas, lo que promueve las interacciones proteína-proteína (Day et al., 2017). Según los fabricantes de equipos de procesamiento UHT, el pH de la leche cruda debe ser superior a 6,65 para que no cause problemas de procesamiento UHT, como suciedad en las superficies de calentamiento (Pak, 2018). La prueba de etanol se ha utilizado, como un método económico y rápido, para detectar leche cruda si es apta o no para el procesamiento a altas temperaturas (Horne, 2016). Se recomienda que la estabilidad del etanol en la leche cruda destinada al procesamiento a altas temperaturas sea al menos del 74% (Shew, 1981). El fundamento para explicar la baja estabilidad al etanol de la leche cruda, el bajo pH causado por bacterias productoras de ácido, genera el desequilibrio de la sal, un alto concentración de calcio iónico o alto contenido de proteína sérica consecuencia de ello la precipitación de la proteína (Deeth & Lewis, 2016; Horne, 2016).

2.2.3 Requisitos organolépticos

Calidad organoléptica: Para evaluar la calidad organoléptica se consideran los siguientes parámetros señalado por la NTP 202.001 (INACAL, 2016):

- **Color:** Se verifica que la leche no tenga un color marrón o desagradable. –
Olor:

- **Olor:** Que el producto no tenga mal olor, sino por el contrario debía tener un olor fresco.
- **Sabor:** El sabor de la leche deberá ligeramente dulce.
- **Materias extrañas:** la leche no debe poseer materiales extraños que se adhieren a ella durante el ordeño y transporte.

Calidad microbiológica: la leche debe cumplir íntegramente con la totalidad de los criterios microbiológicos correspondientes a su grupo o subgrupo para ser considerados aptos para el consumo humano como se indica los requisitos mínimos en la Tabla 3.

Tabla 3

Requisitos microbiológicos de la leche cruda para el uso de la industria láctea

Agente microbiano	Categoría	Clase	n	c	Límite por ml	
					m	M
Aerobios mesófilos	3	3	5	1	$5 \cdot 10^5$	10^6
Coliformes	4	3	5	3	10^2	10^3

Fuente: INACAL (2016)

2.3 ALTERACIONES DE LA LECHE

Alteraciones que podrían relacionarse a diversos factores como: propios y de manejo del animal, también a la adición de agua; azúcar, sales, bicarbonato de sodio, hidróxido de sodio, formaldehído o como en el caso de leche en polvo para incrementar la concentración de sólidos (Nascimento et al., 2017).

En el proceso de temperatura ultralta (UHT), la leche experimenta una temperatura superior a 135°C durante unos segundos, lo que le da al producto una vida útil de varios meses cuando se almacena a temperatura ambiente. Los cambios químicos y físicos en la leche pueden causar sabores desagradables, oscurecimiento, separación de grasa, sedimentación o gelificación durante el almacenamiento posterior (Anema, 2017; Deeth, 2010). Los factores importantes que influyen en la variación de la leche procesada, son los parámetros del proceso, el tipo de envase, la temperatura y tiempo de almacenamiento (Deeth, 2010; Schiano et al., 2017).

2.3.1 Alteraciones físicas

Durante el almacenamiento de leche UHT, los glóbulos de grasa pueden agregarse y flotar hacia la superficie, lo que resulta en la separación y adhesión de la grasa al material de empaque (Ramsey & Swartzel, 1984). La separación de grasas está estrechamente relacionada con la temperatura de almacenamiento y el tamaño de los glóbulos de grasa (Hardham et al., 2000; Lu et al., 2013). La tasa de separación de grasa se ve afectada por la eficiencia de la homogeneización, un menor tamaño de los glóbulos grasos retardara la separación de grasa el cual contribuirá a una mayor estabilidad (Lu et al., 2013). En las leches procesadas, la formación de sedimentos y la gelificación también son problemas bien conocidos. Se sugiere que el sedimento, que forma una capa compacta que se adhiere al fondo del envase, consiste en agregados de proteínas o partículas de proteínas de varios tamaños (Gaur et al., 2018; Malmgren et al., 2017). Se ha verificado que la formación de sedimentos se incrementa con la temperatura de almacenamiento (Gaur et al., 2018; Malmgren et al., 2017; Ramsey &

[Swartzel, 1984](#)). La gelificación de las proteínas en leches procesadas, que consiste en una red tridimensional y voluminosa de proteínas, puede ocurrir por acciones enzimáticas o no enzimáticas (es decir, fisicoquímicos) ([Anema, 2017](#)).

2.3.2 Alteraciones microbiológicas

2.3.3 Alteraciones sensoriales

Desde el punto de vista del consumidor, las propiedades sensoriales de la leche son muy importantes, incluidos el sabor y el color, así como la estabilidad visual, como la separación de la grasa, la adhesión de la grasa al material de envasado y la formación de sedimentos. Los métodos sensoriales para evaluar productos lácteos van desde experimentos simples hasta paneles capacitados con personas no capacitadas, encuestas a consumidores y análisis químicos ([Schiano et al., 2017](#)). La percepción sensorial en la evaluación de la leche varía ampliamente entre los panelistas ([Walstra et al., 2005](#)) y está influenciada principalmente por la composición química, como grasa, proteína, lactosa y por el nivel severo de proceso ([Oupadissakoon et al., 2009](#); [Schiano et al., 2017](#)). Así la leche pasteurizada, tiene un sabor más sulfuroso debido al tratamiento térmico intenso de calentamiento sometido ([Schiano et al., 2017](#)). Los consumidores suecos generalmente consideran estos sabores indeseables, por lo que esta es una de las razones por las que la leche procesada tiene sólo una cuota limitada en el mercado de Suecia. Después del almacenamiento prolongado de leche sobrecalentada, los principales procesos que afectan el sabor y el color son las reacciones proteolíticas, lipolíticas, oxidativas y la reacción de Maillard, que se inició

mediante un tratamiento térmico severo de la leche sobrecalentada (Van Boekel et al., 1989; Walstra et al., 2005). En la fase inicial de la reacción de Maillard, el azúcar reductor de la leche como la lactosa, reacciona con grupos amino de la proteína (principalmente residuos de lisina) (Van Boekel et al., 1989). Los compuestos volátiles se forman principalmente en la fase media de la reacción de Maillard (Sunds et al., 2018) y en la fase final de la reacción de pardeamiento no enzimático, que consiste en la condensación de compuestos de amina y fragmentos de azúcar, dando como resultado la formación de polimerización proteínas dando un color melanoidinas marrones (Al-Saadi & Deeth, 2008; Van Boekel et al., 1989). En un estudio (Hansen et al., 1980), de la leche UHT calentada a 149°C durante 3,4 segundos, evaluado por un grupo no entrenado, encontró que el sabor mejoraba ligeramente cuando la leche se refrigeraba a 4°C durante 24 semanas. Fink & Kessler (1986), evaluaron una leche sobrecalentada y almacenado a 4, 20 y 35 °C, por un panel capacitado, encontrándose que el sabor de la leche sobrecalentada se deterioraba ligeramente al aumentar la temperatura de almacenamiento, pero aún se consideraba aceptable después de 20 semanas de almacenamiento.

2.4 FACTORES INFLUENTES PARA LOS CAMBIOS EN LA LECHE

La calidad de la leche responde a una serie de factores extrínsecos (higiene del de la sala de ordeño, higiene del personal, animal, almacenamiento de la leche) e intrínsecos (salud del animal) (Reis et al., 2013).

La calidad de la leche cruda puede deteriorarse debido a un manejo inadecuado de los utensilios de ordeño, transporte o adulteración (grasas, sales, agua, entre otros), aumentando la carga bacteriana y propiciando propiedades indeseables de acidez, rancidez o agriado ([Alais, 1985](#); [Bath et al., 1978](#); [Newburg et al., 1995](#)).

La calidad de la leche cruda puede deteriorarse debido a un manejo inadecuado de los utensilios de ordeño, transporte o adulteración (grasas, sales, agua, entre otros), aumentando la carga bacteriana y propiciando propiedades indeseables de acidez, rancidez o agriado ([Alais, 1985](#); [Bath et al., 1978](#); [Newburg et al., 1995](#)).

2.4.1 Influencia de las bacterias

Los sistemas cerrados de tuberías de leche, un mejor diseño sanitario, vacas más limpias y sistemas de limpieza in situ más eficientes permiten a las granjas producir leche cruda con menos contaminación microbiana. El enfriamiento rápido de la leche cruda a granel utilizando enfriadores de placas integrados, minimiza el crecimiento de bacterias contaminantes. Como contraparte el enfriamiento rápido y el almacenamiento en frío de la leche cruda favorece el crecimiento de bacterias psicrótroficas. La pasteurización HTST mata las bacterias resistentes al frío que no forman esporas, especialmente *Pseudomonas* spp. *Pseudomonas* Debe cultivarse en cantidades relativamente grandes (p. ej., 1×10^6) en leche cruda antes de la pasteurización para eliminar el mal sabor directo ([Barbano et al., 2006](#)). Las bacterias Gram-negativas resistentes al frío producen proteasas y lipasas termoestables, y los altos niveles de estos microorganismos en la leche

cruda pueden producir enzimas termoestables que pueden causar problemas de mal sabor en la leche pasteurizada al final de su vida útil. Sin embargo, si la leche cruda utilizada para el procesamiento de leche líquida cumple con el estándar de recuento de bacterias de clase A de la leche pasteurizada ordinaria, entonces la cantidad de bacterias psicotolerantes en la leche cruda no debería causar problemas en el suministro de leche. Ahora la calidad es buena. La contaminación de la leche pasteurizada por bacterias gramnegativas psicrófilas suele limitar la vida útil de la leche pasteurizada convencional a 14 a 17 días.

Hoy en día, las condiciones mejoradas de procesamiento y envasado de la leche después de la pasteurización eliminan los problemas de deterioro causados por las bacterias gramnegativas y reducen la cantidad de bacterias grampositivas resistentes al calor y al frío, como *Bacillus* spp. y microbacterias (Fromm & Boor, 2004; Ralyea et al., 1998). La eliminación de los microorganismos de deterioro Gram-positivos resistentes al frío es el próximo obstáculo para extender la vida útil de la leche líquida pasteurizada HTST. Sin embargo, no está claro si los microorganismos de deterioro Gram-positivos resistentes al frío se originan a partir de las biopelículas que se encuentran en los tanques a granel de las plantas de procesamiento.

2.4.2 Influencia de las esporas

Las esporas pueden ingresar a la granja lechera, causando problemas más difíciles con la vida útil de la leche líquida que con las células bacterianas. Las pruebas de sedimentos dan una indicación aproximada de la carga potencial de formación de

esporas en la leche cruda; el conteo de bacterias post pasteurización en laboratorio son un mejor indicador del nivel de formación de esporas en la leche cruda. Por lo tanto, estas dos pruebas se utilizan a menudo como estándar en los programas de mejora de la calidad de la leche cruda. La leche cruda generalmente tiene un recuento bajo de esporas, pero puede soportar la pasteurización HTST incluso a temperaturas muy por encima de la temperatura mínima de pasteurización (p. ej., 78°C 15 un 30 s). La leche líquida pasteurizada por HTST con un recuento total de bacterias < 20 000 ufc/ml y una vida útil de 14 días generalmente se echa a perder en 25-30 días debido al crecimiento de cuerpos formadores de esporas. (Fromm & Boor, 2004) informaron que estos formadores de esporas Gram-positivos en la leche líquida procesada eran principalmente especies de *Paenibacillus* y *Bacillus*. Las esporas derivadas de la leche cruda presentan un gran desafío para lograr una vida útil prolongada de la leche HTST refrigerada, y la eliminación de las esporas de la leche cruda mediante microfiltración puede ser una solución futura que se puede usar en el procesamiento de leche líquida (Barbano et al., 2006).

2.4.3 Influencia de conteo de células somáticas (SCC)

El SCC de la leche aumenta cuando las vacas tienen mastitis. La mastitis es una inflamación de la ubre de la vaca, generalmente como resultado de una infección bacteriana. La leche de vacas infectadas se caracteriza por un aumento de SCC en la leche cruda. La mastitis afecta a casi todos los componentes mayores y menores de la leche (Kitchen, 1981; Munro et al., 1984b). Debido a la respuesta inflamatoria, la

secreción de componentes lácteos sintetizados durante la mastitis disminuye y los componentes sanguíneos ingresan a la leche (Kitchen, 1981). Estos componentes de la sangre contienen varias enzimas hidrolíticas que cambian la composición de la leche al descomponer la caseína y la grasa de la leche (Grieve & Kitchen, 1985). Se han conocido actividades proteolíticas (Verdi & Barbano, 1988) y lipolíticas (Azzara & Dimick, 1985) aumentadas en la leche cruda. La principal enzima proteolítica asociada con alto contenido de células somáticas en la leche es la plasmina termoestable y la principal lipasa es la lipoproteína lipasa (Azzara & Dimick, 1985). Se ha demostrado que la mastitis (Janzen, 1972; Rogers & Mitchell, 1994) reduce la vida útil y la calidad sensorial de la leche pasteurizada, en gran parte debido a elevadas concentraciones de ácidos grasos libres. Sin embargo, los resultados sensoriales de estos primeros estudios de leche con alto contenido de células somáticas se basaron en la evaluación sensorial, solo con un número muy pequeño de jueces lecheros. Estos estudios no informaron datos sobre el crecimiento microbiano en muestras de leche (Janzen, 1972; Rogers & Mitchell, 1994).

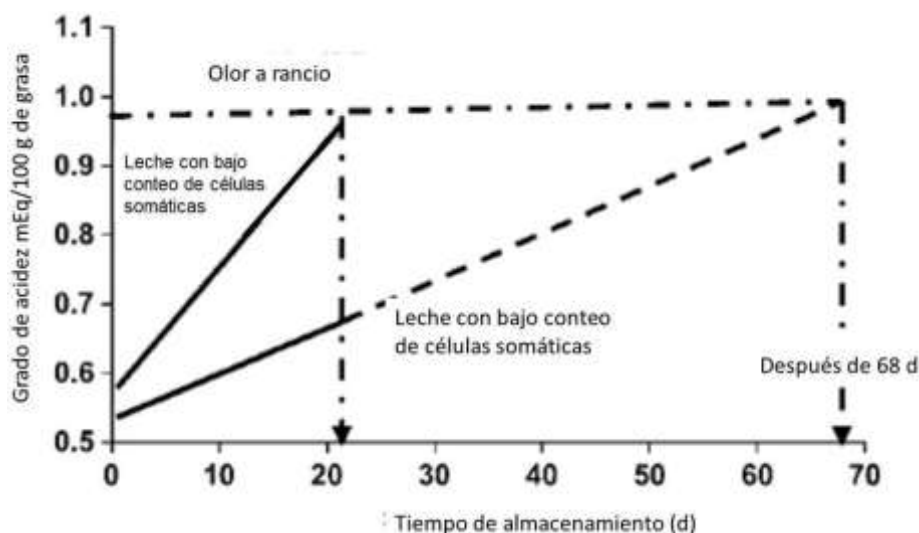
Se ha demostrado a través de investigaciones que la mastitis afecta negativamente la calidad de la leche líquida pasteurizada al acelerar el desarrollo de defectos sensoriales como la ranciedad y el amargor (Ma et al., 2000), estos defectos posiblemente se deban a la lipólisis y la proteólisis, respectivamente. Los valores medios de acidez de las leches mixtas frescas fueron significativamente más bajos ($P < 0,05$) en la leche con bajo SCC (0,27 mEq/100 g de grasa) que en la leche con alto SCC (0,43 mEq/100 g de grasa).

Los cambios en el valor de acidez en leche pasteurizada, homogeneizada y con 2 % grasa durante 21 días de almacenamiento a 5 °C en leche con bajo contenido de células somáticas y un alto contenido se muestran en la Figura 1. La tasa de aumento en el grado de valor contenido de células somáticas en leche con alta acidez fue significativamente más alta ($P < 0.05$) que en leche con bajo contenido de células somáticas. Aunque las leches solo se probaron para un almacenamiento de 21 días, la regresión lineal predijo que si los recuentos microbianos se mantuvieran bajos (es decir, $< 20\,000$ ufc/ml), no se observarían los malos sabores inducidos por la lipólisis, leche contenida de células somáticas bajo de leche hasta 68 días de almacenamiento (Figura 1).

Se ha demostrado que la leche cruda con alto contenido de células somáticas tiene altos niveles de plasmina, plasminógeno y proteasas ([Verdi et al., 1987](#)). La plasmina es resistente al calor y en grandes cantidades puede conservarse mediante una pasteurización mínima (72 °C/15 s). Después del tratamiento UHT, es posible la permanencia de un 30 - 40 % de la actividad de plasmina ([Alichanidis et al., 1986](#)). Otros investigadores han demostrado que la proteólisis extensa de la leche puede conducir a la acumulación de pequeños péptidos hidrofóbicos, lo que provoca amargor ([Rouseff, 1990](#)) y astringencia ([Lemieux & Simard, 1994](#)). Un estudio ([Ma et al., 2000](#)) reportó el potencial de la leche pasteurizada con bajo contenido de células somáticas para lograr una vida útil refrigerada mucho más larga que la leche con alto cuando los recuentos bacterianos se mantienen bajos.

Figura 1

Grado de acidez en leches pasteurizadas, homogeneizadas, con 2 % de grasa, almacenadas a 5 °C.



Fuente: [Barbano et al.\(2006\)](#)

Un estudio ([Santos, Ma, & Barbano, 2003](#)) abordó este tema. ([Santos, Ma, Caplan, et al., 2003](#)) realizaron un estudio para correlacionar los índices químicos de la lipólisis y la proteólisis de la leche líquida con el umbral sensorial para la detección del mal sabor y descubrieron que el mal sabor podía detectarse como leche rancia en 2 niveles de lipólisis. de 0,33 mEq FFA/kg de leche, mientras que una disminución del 4,76 % en CN-%TP daría lugar a la detección de sabores desagradables amargos y astringentes en la leche desnatada. Estos indicadores químicos de los umbrales sensoriales de lipólisis y proteólisis se usaron luego en un estudio de seguimiento ([Santos, Ma, Caplan, et al., 2003](#)) para determinar el efecto del contenido de células somáticas de la leche cruda y la temperatura de procesamiento en la lipólisis y proteólisis de la leche pasteurizada. leche enlatada ([Santos, Ma, Caplan, et al., 2003](#)) encontraron que los umbrales de mal sabor debido a la proteólisis asociada con el

aumento de contenido de células somáticas en la leche cruda se alcanzaron antes que los umbrales sensoriales lipolíticos durante el almacenamiento en frío, donde la leche con contenido de células somáticas aumentó cuando se inhibió el crecimiento microbiano.

2.5 ESPECTROSCOPIA ULTRASÓNICA.

La espectroscopia ultrasónica de alta resolución (HR-US) es una técnica analítica para el seguimiento directo y no destructivo de las transformaciones moleculares y microestructurales en materiales líquidos y semisólidos. Se basa en mediciones precisas de la velocidad y atenuación ultrasónicas en muestras analizadas. Las áreas de aplicación de la HR-US en investigación, desarrollo de productos y control de calidad y procesos incluyen el análisis de transiciones conformacionales de polímeros, unión de ligandos, autoensamblaje y agregación molecular, cristalización, gelificación, caracterización de transiciones de fase y diagramas de fase, y seguimiento de reacciones químicas y bioquímicas. La técnica no requiere marcadores ópticos ni transparencia óptica (Buckin, 2018).

La espectroscopia ultrasónica de alta resolución es una técnica novedosa para el análisis de materiales basada en medidas precisas de las variables de las ondas sonoras de alta frecuencia que se propagan a través de la muestra. La presión oscilante en una onda ultrasónica provoca la oscilación de las compresiones y, por tanto, por su naturaleza, se trata de una onda reológica de alta frecuencia. Esto proporciona una de

las grandes ventajas de la tecnología, incluida la caracterización de dispersiones concentradas sin necesidad de dilución (Smyth et al., 2004).

El tratamiento con ultrasonido (US) es un método de modificación física de bajo costo, simple y eficiente (Zhang et al., 2017). El US de alta frecuencia se utiliza a menudo en la detección y el diagnóstico, mientras que el US de baja frecuencia se aplica regularmente en el procesamiento de alimentos, incluida la extracción de ingredientes activos, la esterilización y la modificación de proteínas. La modificación de proteínas mediante US de baja frecuencia se asocia principalmente con el efecto de cavitación inducido por ondas US (Chen et al., 2020; Vera et al., 2019). El mecanismo de modificación de proteínas se puede describir de la siguiente manera: (i) los núcleos de cavitación presentes en la solución vibran y crecen continuamente, acumulando energía acústica bajo el campo US. Cuando las burbujas de cavitación alcanzan un cierto tamaño crítico, colapsan repentinamente y liberan energía rápidamente; esto da como resultado altas temperaturas (5000 K) y presiones (100 MPa) localizadas alrededor de las burbujas colapsadas, que inducen cambios conformacionales de la proteína (Akdeniz & Akalın, 2019); (ii) el colapso de las burbujas también genera fuerzas físicas y mecánicas, como microchorros, turbulencia y fuerzas de corte, que promueven colisiones de alta velocidad entre partículas de proteínas y pueden alterar su estructura espacial tridimensional altamente ordenada (Ojha et al., 2017); (iii) el efecto de cavitación también puede inducir la producción de radicales altamente reactivos y especies de superóxido en agua, que pueden alterar las fuerzas que mantienen la estructura terciaria de las proteínas, incluidas las interacciones hidrofóbicas, así como los enlaces de hidrógeno y disulfuro, y así contribuir a los

cambios conformacionales de las proteínas (Abesinghe et al., 2019). Estudios previos han demostrado que la leche fermentada sometida a tratamiento US exhibe un aumento sustancial tanto en el módulo de almacenamiento (G') como en la viscosidad aparente (Gursoy et al., 2016; Riener et al., 2009), lo que resulta en la formación de una red de gel más interconectada (Körzendörfer et al., 2017).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Lugar de ejecución

El trabajo fue realizado en el laboratorio de Análisis de Alimentos y centro Experimental de Jugos y Conservas de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.

3.2 Muestra

Leche fresca fluida: 10 litros, adquiridos en la Escuela veterinaria del a UNSCH.

3.3 Materiales

- Placas Petri film para mesofilos
- Placas Petri film para E. Coli
- Fiolas de 50, 100 mL
- Erlemmeyer de 150 mL
- Pipeta de 10 ml
- Bureta de 5 ml
- Mechero bunsen
- Alcohol de 96 °
- Jeringa de 10 ml y 20 ml
- Tuberculinas de 1ml

3.4 Reactivos

- Hidróxido de sodio (NaOH)
- Fenolftaleína
- Ftalato potásico ácido

3.5 Equipos

- Analizador de Leche por Ultrasonido (Milkotester Master Eco)
- pH-metro
- Estufa incubadora

3.6 Materiales de seguridad

- Guardapolvo
- Mascarillas KN-95
- Tocas
- Guantes quirúrgicos

3.7 Población y muestra

Las muestras de leche cruda fueron adquiridas en la Escuela Profesional de Medicina Veterinaria (laboratorio experimental de producción de leche), de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ordeño realizado a las 7.30 horas, y llevado al Laboratorio de Análisis de Alimentos de la Escuela profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias. La leche una vez en el laboratorio, fue separado en dos grupos: un grupo leche cruda envasado en botella de polietileno de alta densidad (HDPE) de 200 ml y otro grupo fue pasteurizado (65 °C durante 30 minutos), y envasado en botella de polietileno de alta densidad (HDPE) de 200 ml y luego enfriado a 5°C. posteriormente las muestras (leche cruda y pasteurizada) se almacenaron a temperaturas de 5 °C, 12,5 y 20 °C para ser examinadas física, química y microbiológicamente en varios períodos de tiempo los días 1, 5, 7, 9, 12 de la fecha de producción.

Tabla 4
Leches usadas para la investigación.

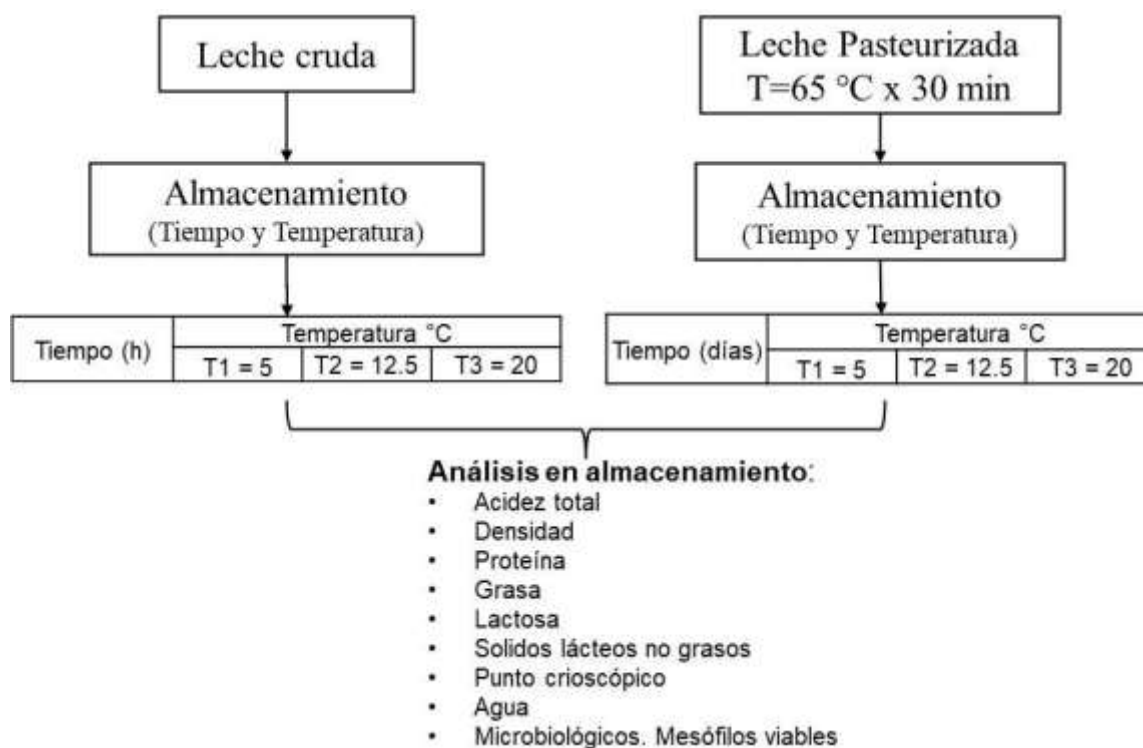
Tipo de leche	Característica
Leche cruda	Leche que fue enfriado a 5 °C y almacenado a las condiciones de estudio. Envasado en botella de polietileno de alta densidad (HDPE).
Leche pasteurizada	Leche sometida a pasteurización de 65 °C por 30 minutos, Envasado en botella de polietileno de alta densidad (HDPE).

3.8 Diseño metodológico

La metodología a seguir será de acuerdo al esquema mostrado en la Figura 2.

Figura 2.

Diseño metodológico.



En este trabajo, se aplicó la metodología de monitorización del equipo ultrasonido (Milkotester Master Eco) en la determinación de contenido de proteína, grasa, lactosa, sólidos totales, agua, punto crioscópico, en diferentes muestras de leche almacenadas a diferentes condiciones de almacenamiento. La metodología desarrollada fue similar a los

ensayos espectrofotométricos; sin embargo, tiene las ventajas de eliminar la necesidad de múltiples pasos de pretratamiento/preparación de muestras, reactivos adicionales o pasos de reacción, mientras que requiere mucho menos intervención del operador. Lo que es más importante, las mediciones de los componentes por equipo ultrasonido (Milkotester Master Eco) en un tiempo real, lo que permite tomar decisiones al instante. La metodología logra esto sin sacrificar la precisión de la medición o la exactitud.

3.9 Muestreo en almacenamiento

Se aplicó el muestreo no probabilístico, muestreo por conveniencia, para la leche fresca cruda y leche pasteurizada, almacenadas a las condiciones de temperaturas (5, 12.5 y 20 °C respectivamente), y tiempos diferentes, como se observa en la Tabla 4 y 5, según la Figura 2.

Tabla 5
Secuencia de muestreo para el análisis de la leche cruda.

Temperatura de almacenamiento (°C)	Periodo de medición (h)	Tiempo máximo de almacenamiento (días)	Muestreo (h)
5	3	1 a 2	3,6,9,12,15,18,21,24
12.5	3	1 a 2	3,6,9,12,15,18,21,24
20	3	1 a 2	3,6,9,12,15,18,21,24

Tabla 6*Secuencia de muestreo para el análisis de la leche pasteurizada.*

Temperatura de almacenamiento (°C)	Periodo de medición (días)	Tiempo máximo de almacenamiento (días)	Muestreo (días)
5	1	12	1, 2, 3, 12
12.5	1	12	1, 2, 3, 12
20	1	12	1, 2

3.10 Diseño experimental

El diseño experimental para la evaluación de las variables en estudio en referencia a las variables independientes será de acuerdo al diseño: Superficie de Respuesta, Factorial de 3 niveles: 3^k , donde k representa las variables independientes, como temperatura y tiempo de almacenamiento.

Tabla 7*Diseño Experimental 3^k para la evaluación de componentes de la leche cruda.*

N° Experimento	Temperatura (°C)	Tiempo (h)
1	5	13
2	12.5	13
3	20	0

4	20	13
5	20	26
6	5	0
7	12.5	26
8	5	26
9	12.5	0
10	12.5	13
11	12.5	13
12	12.5	13

Tabla 8

Diseño Experimental 3^k para la evaluación de componentes de la leche pasteurizada.

N° Experimento	Temperatura (°C)	Tiempo (d)
1	5	6
2	12.5	6
3	20	0
4	20	6
5	20	12
6	5	0
7	12.5	12
8	5	12
9	12.5	0

10	12.5	6
11	12.5	6
12	12.5	6

3.11 Métodos de análisis

3.11.1 Acidez de la leche

La acidez de la leche se determinó siguiendo la metodología usada por ([Li et al., 2022a](#)). Se extrae 10 g (con una precisión de 0,001 g) de muestra de leche en un matraz cónico de 150 ml y se agregaron 20 ml de agua recién hervida enfriada a temperatura ambiente. Luego, la mezcla se mezcló con 2,0 ml de indicador de fenolftaleína y se tituló con solución estándar de hidróxido de sodio, hasta que el color se volvió similar al de la solución de referencia y se mantuvo estable. Durante la titulación. La acidez se calculó como sigue.

$$X_2 = \frac{C_2(V_2 - V_0)}{m_2 * 0.1} * 100$$

Donde:

X_2 : Acidez de la muestra (% ácido láctico).

C_2 : Concentración molar 0.1 N (mol/L) de solución estándar de hidróxido de sodio.

V_2 : volumen (ml) de solución estándar de hidróxido de sodio gastado en la titulación de la muestra de leche.

V_0 : Volumen (ml) de solución estándar de hidróxido de sodio gastado en la titulación en blanco.

m_2 : Masa de la muestra de leche (mL).

3.11.2 Cuantificación de componentes por espectroscopía ultrasónica de alta resolución

Se evaluó el contenido (en g/L) de grasa (G), proteína (PR), lactosa (LA), sólidos lácteos no grasos (SLNG), además de la densidad (D en g/ml) y crioscopia (CR en °C), usando un equipo ultrasonido (Milkotester Master Eco), previamente el equipo fue calibrado, presentando un margen error promedio de 0.025 %, para las calibraciones se usaron las metodologías de AOAC ([Helrich, 1990](#)).

Se agregó 25 mL de leche en el vaso porta muestra del equipo, el vaso fue insertado en el equipo, fue encendido el equipo, seguidamente fue definido el tipo de leche a analizar, se accionó el comando star. En unos segundos aparecieron los resultados en la pantalla LCD como es de: proteína, grasa, solidos no lácteos, lactosa, densidad, punto crioscópico, agua, temperatura([Garzón et al., 2021](#)).

Metodología por Milko Scan, el principio del análisis por software FOSS el equipo tomó la muestra por aspiración por la pipeta incorporada y controlada por la válvula de aspiración. La muestra es calentada por el pre calentador. Es homogenizada por la bomba

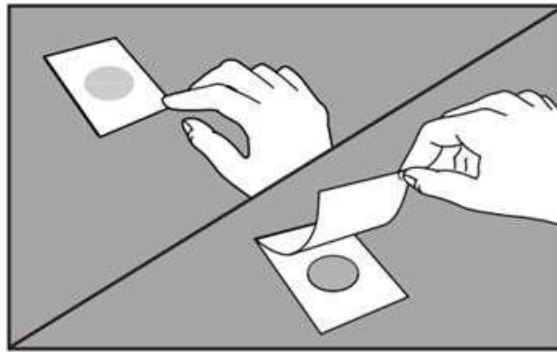
del homogeneizador. Pasa por el filtro en línea a la cubeta donde es analizada. Mostrando los resultados en el software del equipo. Para que se lleve a cabo la medición de la muestra el Analista de Aseguramiento de Calidad debe cerciorarse de que el equipo no esté realizando su limpieza o ajuste a cero que se efectúa automáticamente por el instrumento.

- Se colocó una pequeña muestra de aprox. 20 ml bajo la pipeta de absorción de muestra, para que sea analizada por el equipo.
- Se eligió la opción de medición propuesto a la formula láctea que se va a analizar.
- Se leyeron los resultados de grasa, proteína, Sólidos No Grasos, Sólidos Totales y lactosa, visualizados en el software del equipo.

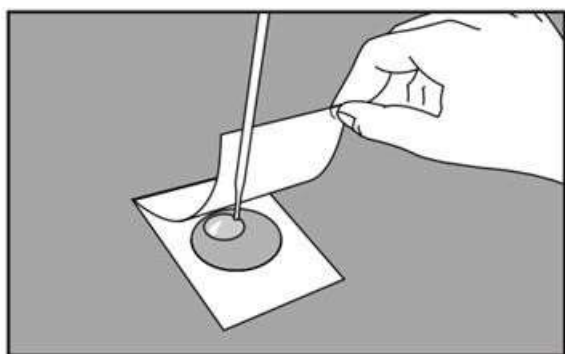
3.11.3 Análisis microbiológico de mesófilos y Coliformes

Para determinar el número de bacterias aerobias mesófilas presente en la leche, se utilizó el método del uso de placas específicas de petrifilm (3M). previamente la leche fue preparados a través de las diluciones a 10^{-2} , 10^{-4} y 10^{-6} . Seguido las disoluciones y una muestra de leche sin dilución fueron inoculados a las placas petrifilm. Todos los trabajos fueron por triplicado. Las placas se incubaron a una temperatura de $30\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}$, por un período de 2 a 5 días. Finalizado el tiempo de incubación se realizaron los cálculos correspondientes para expresar los resultados de los contajes en placas de Petri, como unidades formadoras de colonia por mililitro de leche (UFC/mL) ([Warren et al., 2016](#)).

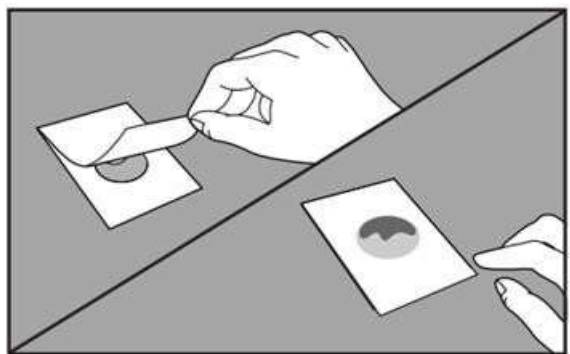
- 1) Leches con alto o bajo contenido de grasa pueden ser inoculadas directamente. Para otros alimentos y productos lácteos, se preparó una dilución 1:100 o mayor de una muestra de alimento. Se prepararon diluciones (10^{-2} y 10^{-4}) de leche en agua destilada esterilizada.
- 2) Posicionar la placa Petrifilm en una superficie plana. Levante la película superior, como se muestra en la figura.



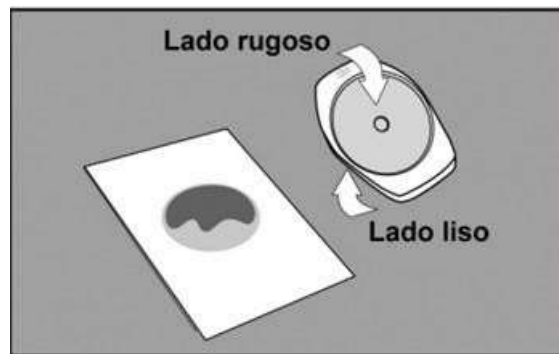
- 3) Levante la película en forma perpendicular a la Placa Petrifilm, coloque 1 mL de la dilución de la muestra de leche en el centro de la película cuadrículada inferior, con la Pipeta Electrónica 3M™ (o cualquier otro dispositivo similar).



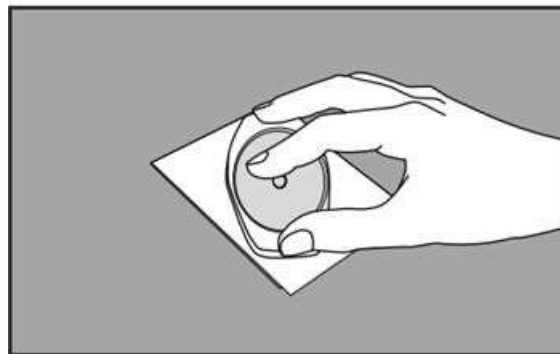
- 4) Baje despacio la película superior dejándola caer sobre la muestra. No la deslice hacia abajo.



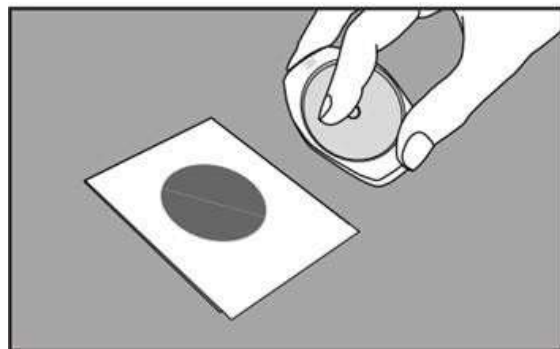
- 5) Con el lado liso hacia abajo del aplicador, coloque el dispersor en la película superior sobre el inóculo aplicado.



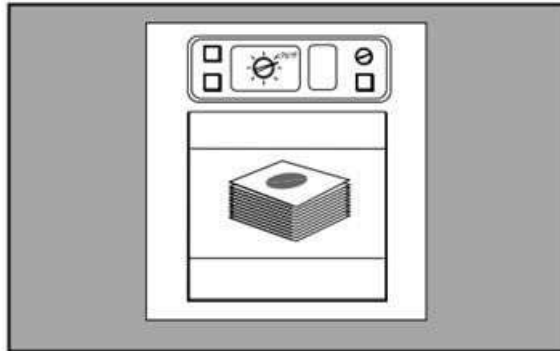
- 6) Presione suavemente el dispersor para distribuir el inóculo sobre el área circular. No gire ni deslice el dispersor.



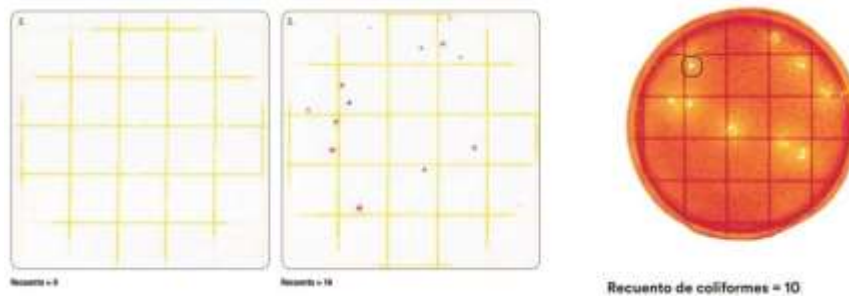
- 7) Levante el dispersor. Espere, por lo menos un minuto, a que solidifique el gel.



- 8) Llevar las placas caras arriba a la incubadora, en grupos de no más de 20 piezas. Puede ser necesario humectar el ambiente de la incubadora con un pequeño recipiente de agua estéril, para minimizar la pérdida de humedad.



- 9) Las Placas Petrifilm pueden ser leídas con luz indirecta en un contador de colonias estándar o una fuente de luz con aumento. Para leer los resultados, remítase a la Guía de interpretación



3.12 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

Se utilizó el procedimiento apropiado para probar la significancia de los efectos mediante el análisis de varianza, mediante el diseño de bloques completo al azar.

Se procesaron los resultados con el análisis de varianza (ANVA) a un nivel de significancia de 5%, usando el Microsoft Excel.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Calidad fisicoquímica de la leche cruda

En las variables asociadas con calidad nutricional de leche cruda (Tabla 9), el contenido de grasa (%) fue de $3,53 \pm 0,89$; proteína (%) de $3,35 \pm 0,44$; lactosa (%) $4,49 \pm 0,41$; sólidos totales (%) de $12,22 \pm 0,13$; Sólidos no grasos (SLNG) (%) de $8,49 \pm 0,76$; Caseína (%) $7,88 \pm 0,63$ respectivamente.

Tabla 9
Característica nutricional de la leche cruda.

Calidad nutricional	Valores
Grasa (%)	$3,53 \pm 0,89$
Proteína (%)	$3,36 \pm 0,44$
Lactosa (%)	$4,49 \pm 0,41$
Sales (%)	$0,71 \pm 0,01$
Sólidos totales (ST) (%)	$12,09 \pm 0,13$
Sólidos lácteos no grasos (SLNG) (%)	$8,56 \pm 0,76$
Caseína (%)	$7,88 \pm 0,63$

Medias con prueba de homogeneidad ($P < 0,05$).

Los resultados de calidad fisicoquímica de la leche cruda proveniente del Centro Experimental de producción de leche de Escuela de Medicina Veterinaria

fueron: pH de $6,54 \pm 0,03$; Acidez (g L^{-1}) de $0,144 \pm 0,02$; Densidad (kg m^{-3}) de $1029,0 \pm 0,001$ y punto crioscópico ($^{\circ}\text{C}$) $-0,554 \pm 0,003$ para una homogeneidad de valor-p menor de 0,05. Similares resultados (proteína 3,5 %; grasa 3,43%; lactosa de 4,86 % Solidos totales de 12,22, punto crioscópico de -0,54, para un pH de 6,74) fueron reportados por ([Feliciano et al., 2023](#)).

Tabla 10

Característica fisicoquímica de la leche cruda usado en la investigación.

Calidad fisicoquímica	Valores
pH	$6,54 \pm 0,03$
Acidez (%)	$0,143 \pm 0,02$
Densidad (kg m^{-3})	$1029,8 \pm 0,001$
Punto crioscópico ($^{\circ}\text{C}$)	$-0,554 \pm 0,003$

Mes de producción: noviembre del 2023, cálculo de medias con prueba de homogeneidad ($P < 0,05$).

Las diferencias mínimas de los resultados en comparación con la literatura pueden estar relacionados con diversos factores, tales como la raza, alimentación, época del año, etapa de lactancia ([Dillon et al., 2003](#); [Křížová et al., 2014](#); [Ozrenk & Inci, 2008](#)); diferencias que son de gran importancia en la elaboración de los productos lácteos (quesos), en particular reflejadas en el rendimiento y calidad del queso ([Auldist et al., 2004](#); [Schönfeldt et al., 2012](#)).

4.2 Comportamiento de leche cruda durante el almacenamiento

4.2.1 Acidez, densidad y solidos totales

Los resultados de las variables respuestas de acidez (% de ácido láctico) solidos totales (%) y densidad (kg/m^3), en función de las temperaturas de almacenamiento y tiempo, se muestran en la Figura 3. Los modelos predictivos de cada variable respuesta fueron obtenidos en el Software Matlab 2023b.

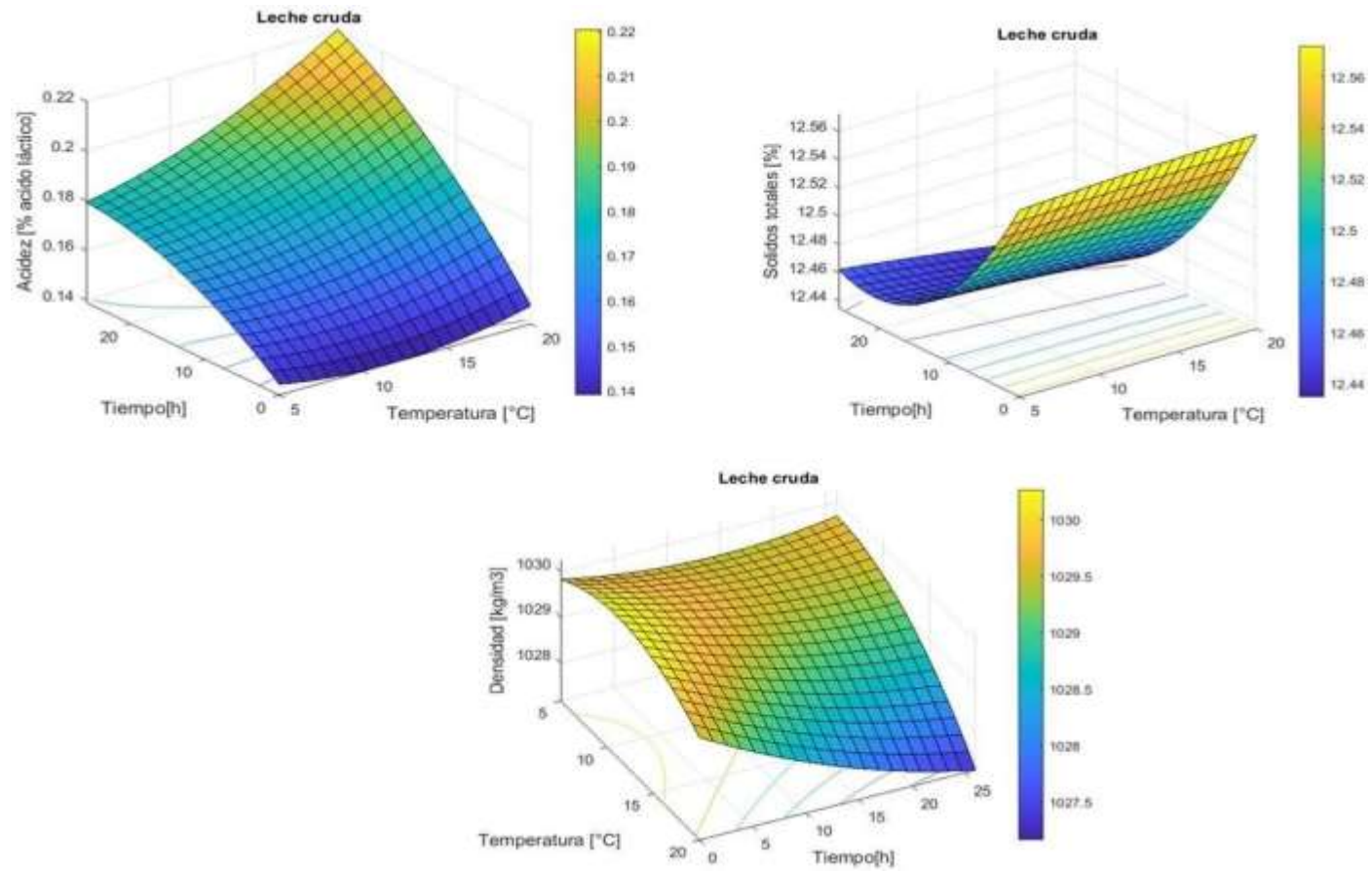
La acidificación fue afectada significativamente por el tiempo tanto por los términos lineal y cuadrático (ver ecuación). Según la Figura 3, la velocidad se mantiene a baja temperatura, también podemos observar que la acidificación se incrementa con el tiempo y temperatura, cuando ambas variables se incrementan los sólidos totales afectan de forma negativa la acidificación y los mayores valores de la de acidificación se obtienen a mayores niveles de temperatura y tiempo de almacenamiento, estos resultados fueron similares a los obtenidos por ([Acevedo et al., 2010](#)). La acidez, los sólidos totales y la densidad presentan una correlación positiva con el incremento del tiempo y temperatura de almacenamiento como se puede apreciar en la Figura 3. En condiciones normales, la leche presenta una acidez inmediatamente después del ordeño por la presencia de fosfatos, caseinatos y dióxido de carbono ([Kirk, 1999](#)). Esta característica química se modifica por la fermentación de los *Streptococcus lácticos* ([Nasanovsky et al., 2003](#)), quienes desdoblan la lactosa, producen ácido láctico y forman sustancias desagradables que pueden causar defectos

como la producción de gas, formación de cavidades, sabores y olores desagradables. Este aumento de la acidez es un indicativo de una inadecuada calidad higiénico-sanitaria ([Chacón Villalobos, 2005](#); [Kirk, 1999](#)) y almacenamiento inadecuado ([Magariños, 2000](#)), de la leche. Por esto uno de los análisis más rutinarios que se efectúan en las empresas procesadoras de leche ([Chacón Villalobos, 2005](#)).

El rango aceptable de acidez se considera entre 0,13 y 0,17 g/100 g ([MINAGRI D.S. N° 007, 2017](#)). En caso de rebasar este rango, la leche se rechaza en la recepción. La densidad mínima para leche cruda es de 1,0296 g/L ([MINAGRI D.S. N° 007, 2017](#)). Los sólidos totales mínimo según la ([MINAGRI D.S. N° 007, 2017](#)), es de 11, 4 g/100 g. similares resultados fue reportado por ([Calderón-Rangel et al., 2013](#)), dentro del rango 1,030 a 1,033 g/ml se halló el 77,77% (77/99) de las muestras de leches crudas. Las densidades dentro del rango (1,030 a 1,033 g/ml), la acidez se determinó dentro del rango 0.13 a 0.17% de ácido láctico en el 63,63% (63/99).

Figura 3

Superficies predictivas para acidez (%), solidos totales y densidad en leche cruda en el rango de temperatura y tiempo de almacenamiento.



4.2.2 Modelos matemáticos de ajuste

Los modelos matemáticos obtenidos por el ajuste polinomial de regresión de las variables respuestas en función de los factores de temperatura y tiempo fueron:

$$A_c = 0.152639 - 0.00235556*T + 0.00208974*ti + 0.000102222*T^2 + 0.0000974359*T*ti - 0.000045858*ti^2 \quad (1)$$

$$S_t = 12.5632 + 0.000888889*T - 0.0103846*ti - 0.0000222222*T^2 - 0.0000769231*T*ti + 0.000258876*ti^2 \quad (2)$$

$$D_{en} = 1028.86 + 0.25*T - 0.0211538*ti - 0.0111111*T^2 - 0.00538462*T*ti + 0.00162722*ti^2 \quad (3)$$

Las ecuaciones predictivas obtenidas fueron evaluadas estadísticamente a través del análisis de la varianza (ANVA) mostrados en la Tabla 10.

Todos los modelos explican adecuadamente la variación de las respuestas con un alto R^2 , para la acidificación un valor de correlación del 0,98; para sólidos totales de 0,89 y para densidad de 0,91 respectivamente (Tabla 10), manifestándose el efecto de la temperatura y tiempo de almacenamiento de la leche, según el valor estadístico valor-p, de manera significativamente. Los sólidos totales disminuyen con el incremento de la temperatura y tiempo de almacenamiento, mientras la temperatura afecta significativamente la viabilidad de las bacterias ácido lácticas. Con estos modelos podremos predecir la acidez de la leche y la cantidad de sólidos totales, los

cuales nos darán el estado de calidad de leche y como también predecir la cantidad de cuajada a obtenerse si en caso se estuviera procesando quesos.

4.2.3 Análisis de la varianza (ANVA) para los modelos matemáticos

El resultado del análisis estadístico se muestra en la Tabla 11. Los resultados muestran estadísticamente significativos para las variables: acidez, sólidos totales y densidad. La prueba de Fisher (F-calculado) mostró un valor mayor con respecto al valor crítico, lo que corrobora significancia de los resultados para alfa de 0,05. Los coeficientes de regresión (R^2 y R^2 ajustados) muestran cercanías a 1. Por lo tanto, los dos factores estudiados y sus interacciones cuadráticas tienen efecto sobre incremento de la acidez, solidos totales y densidad de la leche.

El modelo matemático obtenido del ajuste polinomial es para reproducir el comportamiento de las variables independientes (factores) con respecto a la variable dependiente (% de acidez, densidad y solidos totales de la leche) lo cual, a partir del análisis que se muestra en la Tabla 10, el modelo tiene un acierto de predicción del 98,77 % en la simulación del incremento de acidez, densidad y solidos totales (Gutiérrez Pulido, 2012).

Tabla 11

Análisis estadístico de regresión de los modelos predictivos polinómicos de acidez, solidos totales y densidad durante almacenamiento de leche cruda.

Factores		Acidez (%)		Solidos totales (%)		Densidad (kg/m ³)	
		Coeficientes	Valor-p	Coeficientes	Valor-p	Coeficientes	Valor-p
AL-modelo	β_0	0,1526		12,5632		1028,9	
X_1 (Temperatura)	β_1	-0,0024	0.0002	0,0009	0.6124	0,200	0.0022
X_2 (Tiempo)	β_2	0,0021	0.0000	-0,0104	0.0007	0,000	0.0057
X_1^2	β_{11}	0,0001	0.0352	-0,0000	0.9320	0,000	0.0268
X_2^2	β_{22}	-0,0000	0.0107	0,0003	0.0207	0,000	0.2470
$X_1 X_2$	β_{12}	0,0001	0.0015	-0,0001	0.5372	0,000	0.0241
R^2		0,9877		0,8975		0,9111	
F-calculado		96,6887		10,5052		12,3031	
Valor-p		1,1923e-05		0,0063		0,0042	

4.2.4 Pruebas microbiológicas

En la Tabla 12 se muestran los reportes para leche, los valores de límite como se pueden observar son: a los 9 días a 5 °C de temperatura, 7 días a 12.5 °C y 2 días a 20 °C de almacenamiento, según a las normas del ([MINAGRI D.S. N° 007, 2017](#)).

Tabla 12

Pruebas microbiológicas de leche cruda durante diferentes periodos de almacenamiento a diferentes temperaturas.

Almacenamiento (días)	5°C		12.5 °C		20 °C	
	Mesófilos (ufc/ml)	Coliformes (ufc/ml)	Mesófilos (ufc/ml)	Coliformes (ufc/ml)	Mesófilos (ufc/ml)	Coliformes (ufc/ml)
0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	10 x 10 ⁵	2x10
7	7 x 10	0	1 x 10 ⁵	0		
9	2 x 10 ⁶	1x10		0		

Los resultados obtenidos en el conteo de bacterias mesofílicas y coliformes, en la leche cruda almacenada a diferentes temperaturas, exceden los límites máximos permitidos por la ([MINAGRI D.S. N° 007, 2017](#)), a los 26 horas de almacenamiento, mientras para el *coliformes* aun no llega al límite máximo en ese tiempo. Cuando el número de microorganismos es mayor al establecido en las normas, se debe considerar que puede ocurrir contaminación adicional y crecimiento microbiano durante el transporte y almacenamiento. Este resultado es diferente al presentado por ([Silva, 2004](#)), quien encontró una gran variación entre los valores mínimo, mediano y máximo

de mesófilos, respectivamente $1,9 \times 10^4$ ufc/ml; $3,2 \times 10^6$ ufc/ml; y $1,6 \times 10^8$ ufc/ml, en muestras de leche cruda refrigerada, recolectadas en un silo industrial y destinadas al procesamiento de leche UHT.

Siempre tener presente que el contacto de la leche con animales sucios, entornos de producción inadecuados, fallos en la velocidad de enfriamiento de la leche a temperaturas inferiores a $4,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y la leche de animales con mastitis también pueden provocar recuentos microbianos elevados ([Pinto et al., 2006](#)).

En los Estados Unidos de Norteamérica la ordenanza sobre la leche pasteurizada limita el recuento de bacterias en la leche cruda de grado “A” a 100 000 ufc/ml para productores individuales o 300 000 ufc/ml para leche cruda mezclada ([FDA, 2017](#)).

([Pantoja et al., 2009](#)) midieron la TBC de 7.241 muestras de leche cruda en tanques a granel de 16 granjas en Wisconsin (EE. UU.) durante un período de 1 año, reportando una TBC media de 3,1 log ufc/ml (1.259 ufc/ml), con sólo el 1,6% ($n = 142$) por encima del límite reglamentario de 100.000 ufc/ml. En un estudio más reciente, ([Rodrigues et al., 2017](#)) evaluaron 472 muestras de leche cruda de tanque a granel de 19 granjas en el estado de Nueva York e informaron valores medios de TBC por granja que oscilaban entre 3,01 log ufc/ml (1023 ufc/ml) y 4,11 log ufc/ml (12 882 ufc/ml).

Las directrices sugieren que los objetivos de TBC para una buena leche cruda están en el rango de <5 000 a <10 000 ufc/ml (Jayarao & Wolfgang, 2003a; Murphy & Boor, 2000), sin embargo, estas recomendaciones están algo anticuadas para los productores contemporáneos. También se debe tener en cuenta que el límite regulatorio para TBC (es decir, 100 000 ufc/ml) no es un límite apropiado para definir la calidad de la leche cruda, ya que la leche cruda con este nivel de microbiana tiene un alto riesgo de provocar un deterioro de la calidad del producto terminado.

4.2.5 Componentes de la leche a diferentes temperaturas de almacenamiento

Para evaluar la composición de las leches crudas, almacenadas a 5°C, 12,5 y 20 °C respectivamente. Se midieron de manera instrumental los sólidos grasos, sólidos no grasos, proteína y densidad de las muestras de leche con un analizador ultrasónico Analizador de Leche por Ultrasonido Milkotester Master Eco. Se determinó, en base a lo usado y recomendado por (Li et al., 2022b), acidez de la leche por titulación con NaOH 0,1 N. Los resultados podemos visualizar en las Tablas 13, 14 y 15 respectivamente para leche cruda.

Los coliformes se evaluaron en la leche cruda como indicadores de buenas prácticas de ordeño, específicamente como indicadores de contaminación fecal, y las normas indican que la leche cruda de buena calidad no debe contener más de 10 ufc/ml (Jayarao & Wolfgang, 2003b), con niveles entre 100 y 1000 ufc/ml, indica una leche de mala higiene em ordeño (Ruegg & Reinemann, 2002).

Tabla 13*Componentes de leche cruda durante el almacenamiento a 5°C*

Tiempo (días)	Acidez (%)	Grasa (%)	SLNG (%)	ST (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	Sales (%)	Crioscopia °C
0	0.16±0.006	3.63±0.058	8.63±0.115	12.27±0.153	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.004
1	0.16±0.006	3.63±0.058	8.63±0.115	12.27±0.154	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.004
2	0.17±0.000	3.93±0.115	8.63±0.208	12.57±0.208	3.20±0.100	4.73±0.115	0.70±0.000	-0.56±0.006
3	0.17±0.006	4.20±0.300	8.63±0.115	12.83±0.208	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.001
4	0.17±0.000	3.90±0.100	8.64±0.208	12.53±0.525	3.20±0.100	4.73±0.115	0.70±0.000	-0.56±0.006
5	0.17±0.006	4.13±0.208	8.37±0.231	12.50±0.173	3.07±0.058	4.63±0.115	0.67±0.058	-0.55±0.008
6	0.17±0.006	3.97±0.153	8.63±0.208	12.60±0.173	3.20±0.100	4.73±0.115	0.70±0.000	-0.56±0.006
7	0.17±0.006	4.20±0.300	8.63±0.115	12.83±0.208	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.001
8	0.17±0.006	4.00±0.200	8.63±0.208	12.63±0.153	3.20±0.100	4.73±0.115	0.70±0.000	-0.56±0.006
9	0.18±0.000	4.20±0.300	8.63±0.115	12.83±0.208	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.001

Como se observan en la Tabla 13 la variable acidez es la que muestra cambios notorios, mientras que los otros componentes de la leche su cambio no se refleja notoriamente en los rangos de intervalos de tiempo, para esta temperatura de almacenamiento.

Tabla 14

Comportamiento de los componentes durante el almacenamiento a 12.5°C de leche cruda.

Tiempo (días)	Acidez (%)	Grasa (%)	SLNG (%)	ST (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	Sales (%)	Crioscopia °C
0	0.16±0.006	3.63±0.058	8.63±0.115	12.27±0.153	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.004
1	0.17±0.000	3.83±0.379	8.30±0.346	12.13±0.321	3.03±0.115	4.60±0.173	0.67±0.058	-0.54±0.021
2	0.17±0.006	3.83±0.153	8.63±0.115	12.47±0.208	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.007
3	0.17±0.000	3.67±0.006	8.70±0.058	12.37±0.058	3.20±0.100	4.80±0.000	0.70±0.000	-0.57±0.000
4	0.17±0.000	3.83±0.006	8.63±0.153	12.47±0.115	3.13±0.208	4.77±0.058	0.70±0.058	-0.56±0.000
5	0.17±0.006	3.67±0.058	8.70±0.000	12.37±0.058	3.20±0.000	4.80±0.000	0.70±0.000	-0.57±0.002
6	0.17±0.006	3.83±0.153	8.70±0.000	12.53±0.153	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.007
7	0.18±0.000	3.83±0.153	8.63±0.115	12.47±0.208	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.007

Como se observan en la Tabla 14 la variable acidez es la que cambia, mientras que los otros componentes de la leche su cambio no se refleja notoriamente en los rangos de intervalos de tiempo, para esta temperatura de almacenamiento.

Tabla 15

Comportamiento de los componentes durante el almacenamiento a 20°C de leche cruda.

Tiempo (días)	Acidez (%)	Grasa (%)	SLNG (%)	ST (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	Sales (%)	Crioscopia °C
0	0.16±0.000	3.63±0.058	8.63±0.115	12.27±0.153	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.55±0.002
1	0.17±0.000	3.77±0.058	8.37±0.231	12.13±0.289	3.07±0.058	4.63±0.115	0.67±0.058	-0.55±0.003
2	0.18±0.006	3.63±0.231	8.60±0.100	12.23±0.153	3.17±0.058	4.77±0.058	0.67±0.058	-0.56±0.007

Como se observan en la Tabla 15 la variable acidez es la que cambia, mientras que los otros componentes de la leche su cambio no se refleja notoriamente en los rangos de intervalos de tiempo, para esta temperatura de almacenamiento.

De las Tablas 13, 14 y 15 que se reportan los resultados de las mediciones de los contenidos de grasa, proteína y lactosa, se evaluaron hasta 2, 7 y 9 días de almacenamiento, los componentes disminuyeron ligeramente con el aumento del tiempo de almacenamiento, esta ligera variación se puede explicar cómo fundamenta los siguientes autores: Cuando existe carga microbiana, las sustancias bacteriostáticas se reducen en la leche cruda durante el almacenamiento en frío, lo que aumenta el uso microbiano de proteínas, grasas, carbohidratos y otros nutrientes. La descomposición de proteínas y grasas produce subproductos como aldehídos, cetonas, alcoholes, sulfuros y péptidos amargos ([Ziyaina, Rasco, Coffey, Mattinson, et al., 2019](#)). Estos compuestos también se pueden formar mediante oxidación química, ya sea mediante reacciones catalizadas por enzimas o mediante oxidación de lípidos iniciada por radicales libres. Por ejemplo, *Pseudomonas* puede producir proteasas y lipasas, provocando sabores desagradables en la leche ([Ziyaina, Rasco, Coffey, Ünlü, et al., 2019](#)). Una mayor concentración de grasa y proteína aunada a parámetros tecnológicos favorables, permiten menor tiempo de coagulación y una mayor firmeza de la cuajada([Auldist et al., 2004](#)). Por lo tanto, existe una correlación positiva entre los porcentajes de grasa y proteína de la leche con el rendimiento de queso; es decir a mayor concentración de sólidos, mayores rendimientos([Barron et al., 2001](#)). En el procesamiento del queso, la calidad y rendimiento quesero no es solo por volumen, sino por la cantidad y calidad de la proteína que posee la leche ([Wedholm et al., 2006](#)). La proteína es un componente importante de la leche, por su influencia muy importante en los procesos tecnológicos([Guinee, 2003](#)), este componente importante de la caseína es la K-caseína([Alipanah & Kalashnikova, 2007](#); [Jõudu et al., 2009](#)).

4.3 Comportamiento de leche pasteurizada durante almacenamiento

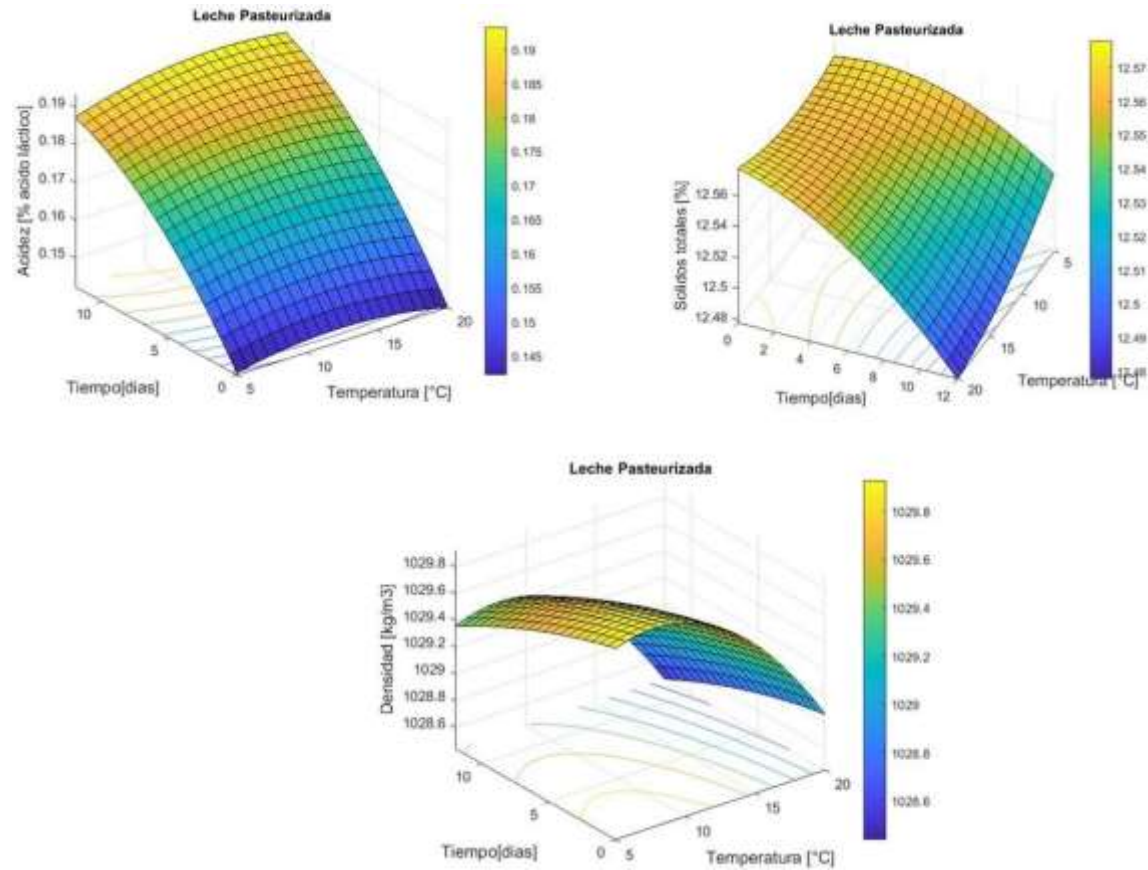
4.3.1 Acidez, densidad y solidos totales

Los resultados de las variables respuestas de acidez (% de ácido láctico) solidos totales (%) y densidad (kg/m^3) para la leche pasteurizada, en función de las temperaturas de almacenamiento y tiempo, se muestran en la Figura 4. Los modelos predictivos de cada variable respuesta fueron obtenidos en el Software Matlab 2023b.

La acidificación fue afectada mínimamente por el tiempo tanto por los términos lineales y cuadráticos (ver ecuaciones 4, 5 y 6). Según la Figura 4, la acidez se mantiene a baja temperatura, también podemos observar que la acidificación se incrementa con el tiempo y temperatura, cuando ambas variables se incrementan los sólidos totales afectan de forma que se incrementa la acidificación y los mayores valores de la de acidificación se obtienen a mayores niveles de temperatura y tiempo de almacenamiento, estos comportamientos son similares a los obtenidos por ([Acevedo et al., 2010](#)).

Figura 4

Superficies predictivas para acidez en leche pasteurizada en el rango de temperatura y tiempo de almacenamiento.



4.3.2 Modelos matemáticos de ajuste

Los modelos matemáticos obtenidos por el ajuste polinomial de regresión de las variables respuestas en función de los factores de temperatura y tiempo fueron:

$$Ac = 0.136958 + 0.00146667*T + 0.00586111*ti - 0.00006*T^2 + 0.0000277778*T*ti - 0.000190972*ti^2 \quad (4)$$

$$St = 12.5801 - 0.00322222*T + 0.00375*ti + 0.000155556*T^2 - 0.000333333*T*ti - 0.000451389*ti^2 \quad (5)$$

$$De = 1029.5 + 0.11*T - 0.0291667*ti - 0.00711111*T^2 + 0.000555556*T*ti - 0.00138889*ti^2 \quad (6)$$

4.3.3 ANVA para los modelos matemáticos

Los resultados de los análisis estadísticos se muestran en la Tabla 16, muestran un resultado estadístico significativo para las variables de respuestas de: % de acidez, sólidos totales y densidad para un valor estadístico de significancia de 0,05, mostrándose un valor de ajuste (R^2) cercano a la unidad.

El estadístico R^2 indica que el modelo, tiene un ajuste del 98,51% para la variable respuesta de acidez, 80,12 % solidos totales y 95,32 % densidad entre los valores experimentales y la media. El error estándar del estimado muestra que la desviación estándar de los residuos de 0,00298724; 0,019913 y 0,135913 para acidez, solidos totales y densidad respectivamente. Un valor-p de 0,4390, 0,6847 y 0,7685 para acidez, solidos totales y densidad respectivamente. Puesto que el valor-P es mayor

que 5.0%, no hay indicación de autocorrelación serial en los residuos con un nivel de significancia del 5.0%.

Tabla 16

Análisis de regresión de varianza de los modelos predictivos polinómicos para acidez durante almacenamiento de leche pasteurizada.

Factores		Acidez (%)		Solidos totales (%)		Densidad (kg/m ³)	
		Coefficientes	Valor-p	Coefficientes	Valor-p	Coefficientes	Valor-p
AL-modelo	β_0	0,1370		12,5801		1029,8	
X_1 (Temperatura)	β_1	0,0015	0.4436	-0,0032	0.2647	-0,1	0.0001
X_2 (Tiempo)	β_2	0,0059	0.0000	0,0037	0.0051	-0,000	0.0057
X_1^2	β_{11}	-0,0001	0.1146	0,0002	0.5000	-0,000	0.0030
X_2^2	β_{22}	-0,0002	0.0094	-0,0005	0.2310	-0,000	0.5700
$X_1 X_2$	β_{12}	0,0000	0.4347	-0,0003	0.1826	+0,000	0.7256
R^2		0,9851		0,8012		0,9532	
F-calculado		79,5222		4,8357		24,4511	
Valor-p		2,1200e-05		0,0405		6,3686e-04	

El ajuste de regresión polinomial presenta un valor de 0.95 cercano a la unidad, indicando ello la buena dependencia de las variables independientes como la temperatura y el tiempo de almacenamiento. El modelo matemático obtenido reporta un incremento de acidez que es significativo ($p \leq 0,05$), y un valor de R^2 de 0,95 de buen ajuste polinomial de los valores experimentales. Analizando los efectos lineales (T), cuadráticos (T^2) y las interacciones de las variables independientes sobre la variable respuesta de acidez de la leche, así como los resultados en el análisis estadístico, allí podemos observar que la temperatura y tiempo de almacenamiento tienen efecto significativo sobre los cambios en la acidez de la leche durante el almacenamiento. Se observa valor del coeficiente de determinación R^2 y el valor-p estadístico obtenido de la ecuación de regresión, nos da confiabilidad al modelo obtenido.

4.3.4 Pruebas microbiológicas

En la Tabla 17 se muestran los resultados de los valores del conteo microbiológico llevado a cabo durante el almacenamiento para la leche cruda, donde se cuantificó los mesófilos y coliformes, donde observamos que la leche pasteurizada no presentó mesófilos y coliformes, de ello podemos afirmar una buena higiene de la leche, producto del tratamiento térmico y como también de la buena higiene de los envases usados.

Tabla 17

Resultados microbiológicos de leche pasteurizada para diferentes periodos de almacenamiento a diferentes temperaturas.

Almacenamiento (días)	5°C		12.5 °C		20 °C	
	Mesófilos (ufc/ml)	Coliformes (ufc/ml)	Mesófilos (ufc/ml)	Coliformes (ufc/ml)	Mesófilos (ufc/ml)	Coliformes (ufc/ml)
0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	3 x 10 ⁴	1x10
7	0	0	1 x 10 ²	0		
12	2 x 10 ²	2x10	5 x 10 ⁴	2x10		

De la Tabla 17 podemos decir que llegamos a valores de límite a los 12 días a 5 °C de temperatura, 11 días a 12.5 °C y 2 días a 20 °C de almacenamiento, según la norma ([MINAGRI D.S. N° 007, 2017](#)).

Similares valores fueron reportados por ([Guevara-Freire et al., 2019](#)) en leche pasteurizada, recuento entre 7,76 x10⁷ a 7,90x10⁷ ufc/ml. Así mismo ([Fuentes-Coto et al., 2013](#)) reportan valores de 135x10⁶ ufc/ml, para la el tanque 2 de almacenamiento un valor de 32 x 10² ufc/ml para leche cruda y para la leche pasteurizada de 92x10¹ ufc/ml ([Albuja Landi et al., 2021](#)) estas diferencias están asociadas a diversos factores como: prácticas inadecuadas de ordeño utilizadas en la zona, el uso compartido de toallas no desechables, la utilización del ternero en la estimulación de la glándula mamaria, la no higienización de las ubres, utensilios no desinfectados, impurezas y tanques sucios. Para complementar lo manifestado, las bacterias mesófilas son consideradas como indicadores de higiene, sin embargo, su presencia en la leche es inevitable ya que la mayoría de estos géneros están presentes en la ubre del animal, en

las manos de los ordenadores, en las superficies del equipo, en el agua y en el aire. Por lo tanto, los altos recuentos de mesófilos están directamente influenciados por las condiciones en las que la leche se somete después del ordeño, sobre toda la temperatura de almacenamiento ([Giacometti et al., 2012](#); [Kim et al., 2017](#)).

[Nero & Carvalho \(2019\)](#), manifiestan que la leche con recuentos de bacterias mesófilas superiores a $1,00 \times 10^5$ ufc/ml, indica una mala calidad higiénica, mientras que los recuentos inferiores a $1,00 \times 10^3$ ufc/ml refleja una buena calidad higiénica.

Generalmente se recomienda que el recuento en la leche pasteurizada sea inferior a 100 ufc/ml como indicación de leche de alta calidad y que los niveles superiores a 200 ufc/ml sean una indicación de mala higiene del equipo ([Jayarao & Wolfgang, 2003b](#); [Murphy & Boor, 2000](#)).

4.3.5 Componentes de la leche a diferentes temperaturas de almacenamiento

Para evaluar la composición de las leches pasteurizadas, almacenadas a 5°C, 12,5 y 20 °C respectivamente. Se midieron de manera instrumental los sólidos grasos, sólidos no grasos, proteína y densidad de las muestras de leche con un analizador ultrasónico Analizador de Leche por Ultrasonido Milkotester Master Eco. Se determinó, en base a lo usado y recomendado por ([Li et al., 2022b](#)), resultados podemos visualizar en las Tablas 18, 19 y 20 respectivamente para leche pasteurizada almacenada a diferentes temperaturas.

Tabla 18*Comportamiento de los componentes durante el almacenamiento a 5°C de leche pasteurizada.*

tiempo (días)	Acidez(%)	Grasa (%)	SLNG (%)	ST (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	Sales (%)	Crioscopia °C
0	0.17±0.008	3.90±0.000	8.47±0.058	12.37±0.058	3.10±0.000	4.67±0.058	0.70±0.000	-0.55±0.005
1	0.17±0.008	3.90±0.000	8.47±0.058	12.37±0.058	3.10±0.000	4.67±0.058	0.70±0.000	-0.55±0.005
2	0.17±0.000	4.17±0.058	8.50±0.000	12.67±0.058	3.10±0.000	4.70±0.000	0.70±0.000	-0.55±0.007
3	0.17±0.001	4.00±0.100	8.57±0.115	12.57±0.058	3.13±0.058	4.73±0.058	0.70±0.001	-0.56±0.008
4	0.17±0.004	3.93±0.058	8.57±0.115	12.50±0.100	3.13±0.058	4.73±0.058	0.70±0.002	-0.56±0.008
5	0.17±0.003	4.00±0.173	8.53±0.289	12.67±0.115	3.13±0.115	4.73±0.115	0.67±0.058	-0.56±0.013
6	0.17±0.002	3.83±0.058	8.63±0.115	12.47±0.058	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.008
7	0.17±0.002	3.93±0.058	8.57±0.115	12.50±0.100	3.13±0.058	4.73±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.008
8	0.17±0.003	3.93±0.058	8.53±0.289	12.47±0.231	3.13±0.115	4.73±0.115	0.67±0.058	-0.56±0.013
9	0.17±0.004	3.83±0.058	8.63±0.115	12.47±0.058	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.008
10	0.17±0.004	3.93±0.058	8.57±0.115	12.50±0.100	3.13±0.058	4.73±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.002
11	0.17±0.003	3.97±0.115	8.53±0.289	12.50±0.173	3.13±0.115	4.73±0.115	0.67±0.058	-0.56±0.013
12	0.18±0.006	3.83±0.058	8.63±0.115	12.47±0.058	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.008

Tabla 19

Comportamiento de los componentes durante el almacenamiento a 12.5°C de leche pasteurizada.

Tiempo(días)	Acidez(%)	Grasa (%)	SLNG (%)	ST (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	Sales (%)	Crioscopia (%)
0	0.16±0.006	3.90±0.000	8.47±0.058	12.37±0.058	3.10±0.000	4.47±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.005
1	0.16±0.006	3.90±0.000	8.47±0.058	12.37±0.058	3.10±0.000	4.47±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.005
2	0.17±0.000	4.50±0.361	8.40±0.265	12.90±0.200	3.07±0.058	4.67±0.153	0.67±0.058	-0.56±0.012
3	0.17±0.006	5.33±1.60	8.43±0.306	12.73±0.115	3.10±0.100	4.67±0.153	0.67±0.058	-0.56±0.013
4	0.17±0.000	4.10±0.000	8.63±0.115	12.73±0.115	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.008
5	0.17±0.006	3.93±0.321	8.63±0.115	12.57±0.208	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.0000	-0.56±0.004
6	0.17±0.000	3.77±0.153	8.63±0.115	12.40±0.100	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.005
7	0.17±0.006	3.93±0.058	8.37±0.231	12.30±0.173	3.07±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.55±0.009
8	0.17±0.000	4.10±0.000	8.63±0.115	12.73±0.115	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.008
9	0.17±0.000	3.93±0.321	8.63±0.115	12.57±0.208	3.17±0.058	4.77±0.058	0.70±0.000	-0.56±0.004
10	0.18±0.006	4.07±0.058	8.67±0.153	12.73±0.153	3.17±0.058	4.80±0.100	0.70±0.000	-0.56±0.006

Tabla 20*Comportamiento de los componentes durante el almacenamiento a 20°C de leche pasteurizada.*

Tiempo (días)	Acidez (%)	Grasa (%)	SLNG (%)	ST (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	Sales (%)	Crioscopia (%)
0	0.16±0.006	3.90±0.000	8.47±0.058	12.37±0.058	3.10±0.000	4.67±0.058	0.70±0.000	-0.551±0.005
1	0.17±0.006	4.13±0.208	8.37±0.231	12.50±0.173	3.07±0.058	4.63±0.115	0.67±0.058	-0.547±0.008
2	0.18±0.010	4.13±0.208	8.40±0.265	12.53±0.153	3.10±0.100	4.63±0.115	0.67±0.059	-0.547±0.009

Punto crioscópico: se define como el punto de congelación de la leche con respecto al punto de congelación del agua, este parámetro busca adición de agua a la leche. El punto de congelación de la leche es a $-0,535\text{ }^{\circ}\text{C}$, cuando se le agrega agua, este número disminuye ya que se diluyen los solutos y queda más cercano al punto de congelación del agua ($0,00\text{ }^{\circ}\text{C}$). Los solutos que determinan este parámetro son los minerales y la lactosa; las grasas y proteínas son descartadas por ser de gran tamaño además de insolubles y no interfieren en este valor. El rango aceptable para esta prueba es de $0,530\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $0,560\text{ }^{\circ}\text{C}$; leche por encima o por debajo de este valor es motivo de rechazo en la recepción. ([WingChing-Jones & Mora Chaves, 2019](#)), reportan valores similares como: $-0,536$ en leche Jersey; $-0,552$ en leche Holstein. ([Briñez et al., 2008](#)) reportan en leche cruda de vacas valor de: $-0,541 \pm 0,0084$.

V. CONCLUSIONES

1. La composición de la leche cruda por el método espectroscopía ultrasónica fue: contenido de grasa (%) fue de $3,53 \pm 0,89$; proteína (%) de $3,35 \pm 0,44$; lactosa (%) $4,49 \pm 0,41$; sólidos totales (%) de $12,22 \pm 0,13$; Sólidos no grasos (SLNG) (%) de $8,49 \pm 0,76$; Caseína (%) $7,88 \pm 0,63$.
2. La variación de los componentes en la leche cruda y en la leche pasteurizada no fueron significativos durante el rango de temperatura y tiempo de almacenamiento.
3. El contenido microbiológico limite según la norma ([MINAGRI D.S. N° 007, 2017](#)) para leche cruda fue de: 9, 7 y 2 días a temperaturas de almacenamiento de 5, 12.5 y 20 °C respectivamente. Para leche pasteurizada fue de: 12,10 y 2 días a temperaturas de almacenamiento de 5, 12.5 y 20 °C respectivamente.

RECOMENDACIONES

- Realizar estudios del estado higiénico de los diferentes lugares de expendio de leche en huamanga.
- Hacer estudio de calidad de leche de los diferentes centros de producción lechera.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, D., Rodríguez, A., & Fernández, A. (2010). Efecto de las Variables de Proceso sobre la Cinética de Acidificación, la Viabilidad y la Sinéresis del Suero Costeño Colombiano. *Información Tecnológica*, 21(2). <https://doi.org/10.4067/S0718-07642010000200005>
- Alais, C. (1985). *Ciencia de la leche: Principios de técnica lechera*. Reverté.
- Albujá Landi, A. K., Escobar Arrieta, S. N., & Andueza Leal, F. D. (2021). Calidad bacteriológica de la leche cruda bovina almacenada en el centro de acopio Mocha. Tungurahua. Ecuador. *Siembra*, 8(2), e3176. <https://doi.org/10.29166/siembra.v8i2.3176>
- Alhussien, M. N., & Dang, A. K. (2018). Milk somatic cells, factors influencing their release, future prospects, and practical utility in dairy animals: An overview. *Veterinary World*, 11(5), 562-577. <https://doi.org/10.14202/vetworld.2018.562-577>
- Alichanidis, E., Wrathall, J. H., & Andrews, A. T. (1986). Heat stability of plasmin (milk proteinase) and plasminogen. *Journal of Dairy Research*, 53(2), 259-269.
- Alipanah, M., & Kalashnikova, L. A. (2007). Influence of k-casein genetic variant on cheese making ability. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 6(7), 855-857.
- Alpina, S. A. (1992). Como se determina la calidad en leches Alpina. *Boletín técnico*, 1.
- Al-Saadi, J. M., & Deeth, H. C. (2008). Cross-linking of proteins and other changes in UHT milk during storage at different temperatures. *Australian Journal of Dairy Technology*, 63(3), 93.

- Anema, S. G. (2017). Storage stability and age gelation of reconstituted ultra-high temperature skim milk. *International Dairy Journal*, 75, 56-67.
- Auldist, M. J., Johnston, K. A., White, N. J., Fitzsimons, W. P., & Boland, M. J. (2004). A comparison of the composition, coagulation characteristics and cheesemaking capacity of milk from Friesian and Jersey dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 71(1), 51-57.
- Azzara, C. D., & Dimick, P. S. (1985). Lipoprotein lipase activity of milk from cows with prolonged subclinical mastitis. *Journal of Dairy Science*, 68(12), 3171-3175.
- Barbano, D. M., Ma, Y., & Santos, M. V. dos. (2006). Influence of raw milk quality on fluid milk shelf life. *Journal of dairy science*, 89, E15-E19.
- Barbano, D. M., Rasmussen, R. R., & Lynch, J. M. (1991). Influence of milk somatic cell count and milk age on cheese yield. *Journal of Dairy Science*, 74(2), 369-388.
- Barron, L. J. R., de Labastida, E. F., Perea, S., Chávarri, F., de Vega, C., Vicente, M. S., Torres, M. I., Nájera, A. I., Virto, M., & Santisteban, A. (2001). Seasonal changes in the composition of bulk raw ewe's milk used for Idiazabal cheese manufacture. *International Dairy Journal*, 11(10), 771-778.
- Bath, D. L., Dickinson, F. N., Tucker, H. A., & Appleman, R. D. (1978). *Dairy cattle: Principles, practices, problems, profits*. Lea & Febiger.
- Bohlouli, M., Alijani, S., & Varposhti, M. R. (2015). Genetic Relationships Among Linear Type Traits and Milk Production Traits of Holstein Dairy Cattle. *Annals of Animal Science*, 15(4), 903-917. <https://doi.org/10.1515/aoas-2015-0053>

- Borad, S. G., Kumar, A., & Singh, A. K. (2017). Effect of processing on nutritive values of milk protein. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 57(17), 3690-3702. <https://doi.org/10.1080/10408398.2016.1160361>
- Briñez, W. J., Valbuena, E., Castro, G., Tovar, A., & Ruiz-Ramírez, J. (2008). Algunos parámetros de composición y calidad en leche cruda de vacas doble propósito en el municipio Machiques de Perijá. Estado Zulia, Venezuela. *Revista Científica*, 18(5), 607-617.
- Bylund, G. (2003). *[Dairy processing handbook.[Serbian translation of handbook by Tetra Pak Processing System AB, Lund (Sweden)]*.
- Calderón, A., García, F., & Martínez, G. (2006). Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 11(1), 725-737.
- Calderón-Rangel, A., Rodríguez, V. C., & Martínez-H, N. (2013). Determination of adulterants in stockpiled crude milks from cheese processors in Monteria (Córdoba). *Orinoquia*, 17(2), 202-206.
- Cempírková, R., & Mikulová, M. (2009). Incidence of psychrotrophic lipolytic bacteria in cow's raw milk. *Czech J Anim Sci*, 54(2), 65-73.
- Chacón Villalobos, A. (2005). *Comparación de la titulación de la acidez de leche caprina y bovina con hidróxido de sodio y cal común saturada*.
- Champagne, C. P., Laing, R. R., Roy, D., Mafu, A. A., Griffiths, M. W., & White, C. (1994). Psychrotrophs in dairy products: Their effects and their control. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 34(1), 1-30. <https://doi.org/10.1080/10408399409527648>

- Damm, M., Holm, C., Blaabjerg, M., Bro, M. N., & Schwarz, D. (2017). Differential somatic cell count—A novel method for routine mastitis screening in the frame of Dairy Herd Improvement testing programs. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 4926-4940. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12409>
- Davidson, P. M., Roth, L. A., & Gambrel-Lenarz, S. A. (2004). *Chapter 7 coliform and other indicator bacteria*.
- Davies, D. T., & White, J. C. D. (1966). The stability of milk protein to heat: I. Subjective measurement of heat stability of milk. *Journal of Dairy Research*, 33(1), 67-81.
- Day, L., Raynes, J. K., Leis, A., Liu, L. H., & Williams, R. P. W. (2017). Probing the internal and external micelle structures of differently sized casein micelles from individual cows milk by dynamic light and small-angle X-ray scattering. *Food Hydrocolloids*, 69, 150-163.
- Deeth, H. (2010). Improving UHT processing and UHT milk products. En *Improving the safety and quality of milk* (pp. 302-329). Elsevier.
- Deeth, H., & Lewis, M. (2016). Protein stability in sterilised milk and milk products. *Advanced Dairy Chemistry: Volume 1B: Proteins: Applied Aspects*, 247-286.
- DePeters, E. J., Medrano, J. F., & Reed, B. A. (1995). Fatty acid composition of milk fat from three breeds of dairy cattle. *Canadian Journal of Animal Science*, 75(2), 267-269. <https://doi.org/10.4141/cjas95-040>
- Dillon, P., Buckley, F., O'Connor, P., Hegarty, D., & Rath, M. (2003). A comparison of different dairy cow breeds on a seasonal grass-based system of milk production: 1. Milk production, live weight, body condition score and DM intake. *Livestock Production Science*, 83(1), 21-33.

- FAO. (2023). *Producción y productos lácteos: Calidad y evaluación*.
<https://www.fao.org/dairy-production-products/products/calidad-y-evaluacion/es/>
- FDA, U. (2017). *Grade “A” pasteurized milk ordinance*. FDA Silver Spring, MD.
- Feliciano, R. J., Boué, G., Mohssin, F., Hussaini, M. M., & Membré, J.-M. (2023). Raw milk quality in large-scale farms under hot weather conditions: Learnings from one-year quality control data. *Journal of Food Composition and Analysis*, 117, 105127. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2023.105127>
- Feltes, G. L., Michelotti, V. T., Prestes, A. M., Bravo, A. P., Bondan, C., Dornelles, M. D. A., Breda, F. C., & Rorato, P. R. N. (2016). Milk production and percentages of fat and protein in Holstein breed cows raised in Rio Grande do Sul, Brazil. *Ciência Rural*, 46(4), 700-706. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20150465>
- Figuerola, A., Caballero-Villalobos, J., Angón, E., Arias, R., Garzón, A., & Perea, J. M. (2020). Using multivariate analysis to explore the relationships between color, composition, hygienic quality, and coagulation of milk from Manchega sheep. *Journal of Dairy Science*, 103(6), 4951-4957. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-17201>
- Fink, R., & Kessler, H. G. (1986). Reaction kinetics evaluation of the oxidative changes in stored UHT milk. *Milchwissenschaft*, 41(2), 90-94.
- Fromm, H. I., & Boor, K. J. (2004). Characterization of pasteurized fluid milk shelf-life attributes. *Journal of food science*, 69(8), M207-M214.
- Fuentes-Coto, G., Ruiz-Romero, R. A., Sánchez-Gómez, J. I., Ávila-Ramírez, D. N., & Escutia-Sánchez, J. (2013). Análisis microbiológico de leche de origen orgánico:

- Atributos deseables para su transformación. *Agricultura, sociedad y desarrollo*, 10(4), 419-432.
- Gabriel, A. A., & Marquez, G. G. F. (2017). Inactivation behaviors of selected bacteria in ultraviolet-C-treated human breast milk. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 41, 216-223. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2017.03.010>
- Gao, X., & Oba, M. (2016). Effect of increasing dietary nonfiber carbohydrate with starch, sucrose, or lactose on rumen fermentation and productivity of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 99(1), 291-300. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9871>
- Garzón, A., Figueroa, A., Caballero-Villalobos, J., Angón, E., Arias, R., & Perea, J. M. (2021). Derivation of multivariate indices of milk composition, coagulation properties, and curd yield in Manchega dairy sheep. *Journal of Dairy Science*, 104(8), 8618-8629. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20303>
- Gaur, V., Schalk, J., & Anema, S. G. (2018). Sedimentation in UHT milk. *International Dairy Journal*, 78, 92-102.
- Giacometti, F., Serraino, A., Finazzi, G., Daminelli, P., Nadia Losio, M., Bonilauri, P., Arrigoni, N., Garigliani, A., Mattioli, R., Alonso, S., Piva, S., Florio, D., Riu, R., & Zandoni, R. G. (2012). Foodborne Pathogens in In-Line Milk Filters and Associated On-Farm Risk Factors in Dairy Farms Authorized To Produce and Sell Raw Milk in Northern Italy. *Journal of Food Protection*, 75(7), 1263-1269. <https://doi.org/10.4315/0362-028X.JFP-12-028>
- Grieve, P. A., & Kitchen, B. J. (1985). Proteolysis in milk: The significance of proteinases originating from milk leucocytes and a comparison of the action of leucocyte,

- bacterial and natural milk proteinases on casein. *Journal of Dairy Research*, 52(1), 101-112.
- Guevara-Freire, D., Montero-Recalde, M., Valle, L., & Avilés-Esquivel, D. (2019). Calidad de leche acopiada de pequeñas ganaderías de Cotopaxi, Ecuador. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(1), 247-255. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i1.15679>
- Guinee, T. P. (2003). Role of protein in cheese and cheese products. En *Advanced Dairy Chemistry—1 Proteins: Part A/Part B* (pp. 1083-1174). Springer.
- Gutiérrez Pulido, H. (2012). *Análisis y diseño de experimentos*.
- Hansen, A. P., Swartzel, K. R., & Giesbrecht, F. G. (1980). Effect of temperature and time of processing and storage on consumer acceptability of ultra-high-temperature steam injected whole milk. *Journal of Dairy Science*, 63(2), 187-192.
- Hardham, J. F., Imison, B. W., & French, H. M. (2000). Effect of homogenisation and microfluidisation on the extent of fat separation during storage of UHT milk. *Australian Journal of Dairy Technology*, 55(1), 16-22.
- Helrich, K. (1990). *Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Association of official analytical chemists.
- Horne, D. S. (2016). Ethanol stability and milk composition. *Advanced Dairy Chemistry: Volume 1B: Proteins: Applied Aspects*, 225-246.
- Iwaniuk, M. E., & Erdman, R. A. (2015). Intake, milk production, ruminal, and feed efficiency responses to dietary cation-anion difference by lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8973-8985. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-9949>

- Janzen, J. J. (1972). The effect of somatic cell concentration in the raw milk on the shelf-life of the processed product. *Journal of Food Protection*, 35(2), 112-114.
- Jayarao, B. M., Pillai, S. R., Sawant, A. A., Wolfgang, D. R., & Hegde, N. V. (2004). Guidelines for Monitoring Bulk Tank Milk Somatic Cell and Bacterial Counts. *Journal of Dairy Science*, 87(10), 3561-3573. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73493-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73493-1)
- Jayarao, B. M., & Wang, L. (1999). A Study on the Prevalence of Gram-Negative Bacteria in Bulk Tank Milk. *Journal of Dairy Science*, 82(12), 2620-2624. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(99\)75518-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(99)75518-9)
- Jayarao, B. M., & Wolfgang, D. R. (2003a). Bulk-tank milk analysis: A useful tool for improving milk quality and herd udder health. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 19(1), 75-92.
- Jayarao, B. M., & Wolfgang, D. R. (2003b). Bulk-tank milk analysis: A useful tool for improving milk quality and herd udder health. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 19(1), 75-92.
- Jeurnink, T. J., & De Kruif, K. G. (1995). Calcium concentration in milk in relation to heat stability and fouling. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 49, 151-151.
- Jõudu, I., Henno, M., Värvi, S., Viinalass, H., Püssa, T., Kaart, T., Arney, D., & Kärt, O. (2009). THE EFFECT OF MILK PROTEINS ON MILK COAGULATION PROPERTIES IN ESTONIAN DAIRY BREEDS. *Veterinarija ir Zootechnika*, 46(68).
- Juárez-Barrientos, J. M., Díaz-Rivera, P., Rodríguez-Miranda, J., Martínez-Sánchez, C. E., Hernández-Santos, B., Ramírez-Rivera, E., Torruco-Uco, J. G., & Herman-

- Lara, E. (2016). Caracterización de la leche y clasificación de calidad mediante análisis Cluster en sistemas de doble propósito. *Revista mexicana de ciencias pecuarias*, 7(4), 525-537.
- Kim, I. S., Hur, Y. K., Kim, E. J., Ahn, Y.-T., Kim, J. G., Choi, Y.-J., & Huh, C. S. (2017). Comparative analysis of the microbial communities in raw milk produced in different regions of Korea. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 30(11), 1643-1650. <https://doi.org/10.5713/ajas.17.0689>
- Kirk, R. S. (1999). *Composición y análisis de alimentos de Pearson*.
- Kitchen, B. J. (1981). Bovine mastitis: Milk compositional changes and related diagnostic tests. *Journal of Dairy Research*, 48(1), 167-188.
- Klei, L., Yun, J., Sapru, A., Lynch, J., Barbano, D., Sears, P., & Galton, D. (1998). Effects of milk somatic cell count on cottage cheese yield and quality. *Journal of Dairy Science*, 81(5), 1205-1213.
- Koutsoumanis, K., Pavlis, A., Nychas, G.-J. E., & Xanthiakos, K. (2010). Probabilistic Model for *Listeria monocytogenes* Growth during Distribution, Retail Storage, and Domestic Storage of Pasteurized Milk. *Applied and Environmental Microbiology*, 76(7), 2181-2191. <https://doi.org/10.1128/AEM.02430-09>
- Křížová, L., Hanuš, O., Hadrová, S., Kučera, J., Samková, E., Roubal, P., & Veselý, A. (2014). Composition, physical and technological properties of raw milk as affected by cattle breed, season and type of diet. *Annals of Animal Science*, 14(3), 721-736.
- LeJeune, J. T., & Rajala-Schultz, P. J. (2009). Unpasteurized Milk: A Continued Public Health Threat. *Clinical Infectious Diseases*, 48(1), 93-100. <https://doi.org/10.1086/595007>

- Lemieux, L., & Simard, R. E. (1994). Astringency, a textural defect in dairy products. *Le Lait*, 74(3), 217-240.
- Li, H., Xi, B., Yang, X., Wang, H., He, X., Li, W., & Gao, Y. (2022a). Evaluation of change in quality indices and volatile flavor components in raw milk during refrigerated storage. *LWT*, 165, 113674. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113674>
- Li, H., Xi, B., Yang, X., Wang, H., He, X., Li, W., & Gao, Y. (2022b). Evaluation of change in quality indices and volatile flavor components in raw milk during refrigerated storage. *LWT*, 165, 113674. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.113674>
- Lu, C., Wang, G., Li, Y., & Zhang, L. (2013). Effects of homogenisation pressures on physicochemical changes in different layers of ultra-high temperature whole milk during storage. *International Journal of Dairy Technology*, 66(3), 325-332.
- Lucey, J. A. (2015). Raw milk consumption: Risks and benefits. *Nutrition Today*, 50(4), 189.
- Lundén, J., Tolvanen, R., & Korkeala, H. (2004). Human Listeriosis Outbreaks Linked to Dairy Products in Europe. *Journal of Dairy Science*, 87, E6-E12. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)70056-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)70056-9)
- Ma, Y., Ryan, C., Barbano, D. M., Galton, D. M., Rudan, M. A., & Boor, K. J. (2000). Effects of somatic cell count on quality and shelf-life of pasteurized fluid milk. *Journal of dairy science*, 83(2), 264-274.
- Magariños, H. (2000). Producción higiénica de la leche cruda. *Guatemala: Producción y Servicios Incorporados*, 6.
- Malmgren, B., Ardö, Y., Langton, M., Altskär, A., Bremer, M. G., Dejmek, P., & Paulsson, M. (2017). Changes in proteins, physical stability and structure in directly heated

- UHT milk during storage at different temperatures. *International Dairy Journal*, 71, 60-75.
- Marranzano, M., Rosa, R. L., Malaguarnera, M., Palmeri, R., Tessitori, M., & Barbera, A. C. (2018). Polyphenols: Plant sources and food industry applications. *Current pharmaceutical design*, 24(35), 4125-4130.
- Martin, N. H., Evanowski, R. L., & Wiedmann, M. (2023). Invited review: Redefining raw milk quality—Evaluation of raw milk microbiological parameters to ensure high-quality processed dairy products. *Journal of Dairy Science*, 106(3), 1502-1517. <https://doi.org/10.3168/jds.2022-22416>
- Martin, N. H., Trmčić, A., Hsieh, T.-H., Boor, K. J., & Wiedmann, M. (2016). The Evolving Role of Coliforms As Indicators of Unhygienic Processing Conditions in Dairy Foods. *Frontiers in Microbiology*, 7. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2016.01549>
- Mcclements, J. M. J., Patterson, M. F., & Linton, M. (2001). The Effect of Growth Stage and Growth Temperature on High Hydrostatic Pressure Inactivation of Some Psychrotrophic Bacteria in Milk. *Journal of Food Protection*, 64(4), 514-522. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-64.4.514>
- Meunier-Goddik, L., & Sandra, S. (2011). *LIQUID MILK PRODUCTS| Liquid Milk Products: Pasteurized Milk*.
- MINAGRI D.S. N° 007. (2017). *D.S. N° 007-2017*.
- Munro, G. L., Grieve, P. A., & Kitchen, B. J. (1984a). Effects of mastitis on milk yield, milk composition, processing properties and yield and quality of milk products. *Australian Journal of Dairy Technology*, 39(1), 7.

- Munro, G. L., Grieve, P. A., & Kitchen, B. J. (1984b). Effects of mastitis on milk yield, milk composition, processing properties and yield and quality of milk products. *Australian Journal of Dairy Technology*, 39(1), 7.
- Murphy, S. C., & Boor, K. J. (2000). Trouble-shooting sources and causes of high bacteria counts in raw milk. *Dairy, Food and Environmental Sanitation*, 20(8), 606-611.
- Murphy, S. C., Martin, N. H., Barbano, D. M., & Wiedmann, M. (2016). Influence of raw milk quality on processed dairy products: How do raw milk quality test results relate to product quality and yield? *Journal of Dairy Science*, 99(12), 10128-10149.
- Nasanovsky, M., Garijo, R., & Kimmich, R. (2003). Lechería Ed. *Fondo Educativo Interamericano, Estados Unidos de América*, 49.
- Nascimento, W. W. G., Souza, M. P. F. D., Valente, A. C. M. M., Anjos, V. D. C. D., Furtado, M. A. M., & Bell, M. J. V. (2017). Results from portable and of low cost equipment developed for detection of milk adulterations. *Food Science and Technology*, 37(spe), 38-41. <https://doi.org/10.1590/1678-457x.06617>
- Nero, L. A., & Carvalho, A. F. de (Eds.). (2019). *Raw milk: Balance between hazards and benefits*. Academic Press is an imprint of Elsevier.
- Newburg, D. S., Neubauer, S. H., & Jensen, R. G. (1995). Handbook of milk composition. ed. *Jensen RG, Academic Press, San Diego*, 273-349.
- Oupadissakoon, G., Chambers, D. H., & CHAMBERS IV, E. (2009). Comparison of the sensory properties of ultra-high-temperature (UHT) milk from different countries. *Journal of sensory studies*, 24(3), 427-440.

- Ozrenk, E., & Inci, S. S. (2008). The effect of seasonal variation on the composition of cow milk in Van Province. *Pakistan Journal of nutrition*, 7(1), 161-164.
- Pak, T. (2018). Long-life milk. *Dairy Processing Handbook*. Lund, Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB. Retrieved from. www.dairyprocessinghandbook.com.
- Pantoja, J. C. F., Reinemann, D. J., & Ruegg, P. L. (2009). Associations among milk quality indicators in raw bulk milk. *Journal of Dairy Science*, 92(10), 4978-4987. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2329>
- Papademas, P., & Bintsis, T. (2010). Food safety management systems (FSMS) in the dairy industry: A review. *International Journal of Dairy Technology*, 63(4), 489-503. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00620.x>
- Park, Y. W., & Nam, M. S. (2015). Bioactive peptides in milk and dairy products: A review. *Korean journal for food science of animal resources*, 35(6), 831.
- Pinto, C. L. D. O., Martins, M. L., & Vanetti, M. C. D. (2006). Qualidade microbiológica de leite cru refrigerado e isolamento de bactérias psicrotróficas proteolíticas. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 26(3), 645-651. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612006000300025>
- Politis, I., & Ng-Kwai-Hang, K. F. (1988a). Association between somatic cell count of milk and cheese-yielding capacity. *Journal of Dairy Science*, 71(7), 1720-1727.
- Politis, I., & Ng-Kwai-Hang, K. F. (1988b). Effects of somatic cell counts and milk composition on the coagulating properties of milk. *Journal of Dairy Science*, 71(7), 1740-1746.

- Ralyea, R. D., Wiedmann, M., & Boor, K. J. (1998). Bacterial tracking in a dairy production system using phenotypic and ribotyping methods. *Journal of food protection*, 61(10), 1336-1340.
- Ramos, R., Pabón, M. L., & Carulla, J. E. (1998). Factores nutricionales y no nutricionales que determinan la composición de la leche. *Revista de la Facultad de Medicina Veterinaria y de Zootecnia*, 46(2), 2-7.
- Ramsey, J. A., & Swartzel, K. R. (1984). Effect of ultra high temperature processing and storage conditions on rates of sedimentation and fat separation of aseptically packaged milk. *Journal of food science*, 49(1), 257-262.
- Reis, K. T. M. G., de Santana, E. H. W., & Roig, S. M. (2013). Qualidade microbiológica do leite cru e pasteurizado produzido no Brasil: Revisão. *Journal of Health Sciences*.
- Rodrigues, M. X., Lima, S. F., Canniatti-Brazaca, S. G., & Bicalho, R. C. (2017). The microbiome of bulk tank milk: Characterization and associations with somatic cell count and bacterial count. *Journal of Dairy Science*, 100(4), 2536-2552. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11540>
- Rogers, S. A., & Mitchell, G. E. (1994). The relationship between somatic cell count, composition and manufacturing properties of bulk milk 6. Cheddar cheese and skim milk yoghurt. *Australian Journal of Dairy Technology*, 49(2), 70.
- Rouseff, R. L. (1990). Bitterness in foods and beverages. (No Title).
- Ruegg, P. L., & Reinemann, D. J. (2002). Milk quality and mastitis tests. *The Bovine Practitioner*, 41-54.

- Santos, M. V. dos, Ma, Y., & Barbano, D. M. (2003). Effect of somatic cell count on proteolysis and lipolysis in pasteurized fluid milk during shelf-life storage. *Journal of dairy science*, 86(8), 2491-2503.
- Santos, M. V. dos, Ma, Y., Caplan, Z., & Barbano, D. M. (2003). Sensory threshold of off-flavors caused by proteolysis and lipolysis in milk. *Journal of dairy science*, 86(5), 1601-1607.
- Schiano, A. N., Harwood, W. S., & Drake, M. A. (2017). A 100-year review: Sensory analysis of milk. *Journal of dairy science*, 100(12), 9966-9986.
- Schönfeldt, H. C., Hall, N. G., & Smit, L. E. (2012). The need for country specific composition data on milk. *Food Research International*, 47(2), 207-209.
- Sharabi, S., Okun, Z., & Shpigelman, A. (2018). Changes in the shelf life stability of riboflavin, vitamin C and antioxidant properties of milk after (ultra) high pressure homogenization: Direct and indirect effects. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 47, 161-169. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.02.014>
- Shew, D. I. (1981). New monograph on UHT milk, Document No. 133. *International Dairy Federation, Brussels*, 115-121.
- Silva, P. da. (2004). Leite UHT: fatores determinantes para sedimentação e gelificação. *Juiz de Fora, Templo*. 124p.
- Sinclair, K. D., Garnsworthy, P. C., Mann, G. E., & Sinclair, L. A. (2014). Reducing dietary protein in dairy cow diets: Implications for nitrogen utilization, milk production, welfare and fertility. *Animal*, 8(2), 262-274. <https://doi.org/10.1017/S1751731113002139>

- Sunds, A. V., Rauh, V. M., Sørensen, J., & Larsen, L. B. (2018). Maillard reaction progress in UHT milk during storage at different temperature levels and cycles. *International Dairy Journal*, 77, 56-64.
- Trujillo, E., & Noriega, D. (2001). Detección genética de la kappa-caseína en diferentes razas bovinas. *Despertar Lechero*, 18, 189-197.
- Van Boekel, M., Nieuwenhuijse, J. A., & Walstra, P. (1989). The heat coagulation of milk. 1. Mechanisms. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 43, 97-127.
- Verdi, R. J., & Barbano, D. M. (1988). Preliminary investigation of the properties of somatic cell proteases. *Journal of Dairy Science*, 71(2), 534-538.
- Verdi, R. J., Barbano, D. M., Dellavalle, M. E., & Senyk, G. F. (1987). Variability in true protein, casein, nonprotein nitrogen, and proteolysis in high and low somatic cell milks. *Journal of Dairy Science*, 70(2), 230-242.
- Walstra, P., Walstra, P., Wouters, J. T., & Geurts, T. J. (2005). *Dairy science and technology*. CRC press.
- Walstra, P., Wouters, J. T., & Geurts, T. J. (2006). Dairy science and technology second edition. *FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-NEW YORK-MARCEL DEKKER*, 147.
- Warren, C. A., Weber, S. K., & Crespo, R. (2016). Comparison of conventional plating methods and Petrifilm™ for the recovery of aerobic bacteria and mold from hatchery fluff samples. *Journal of Applied Poultry Research*, 25(1), 48-53.
<https://doi.org/10.3382/japr/pfv060>

- Wedholm, A., Larsen, L. B., Lindmark-Månsson, H., Karlsson, A. H., & Andrén, A. (2006). Effect of protein composition on the cheese-making properties of milk from individual dairy cows. *Journal of dairy science*, 89(9), 3296-3305.
- WingChing-Jones, R., & Mora Chaves, E. (2019). Efecto de agregar agua sobre el punto crioscópico y componentes de la leche cruda de vacas Jersey y Holstein. *UNED Research Journal*, 11(3). <https://doi.org/10.22458/urj.v11i3.2609>
- WingChing-Jones, R., & Mora-Chaves, E. (2013). Composición de la leche entera cruda de bovinos antes y después del filtrado. *Agronomía mesoamericana*, 24(1), 203-207.
- Yang, M., Song, D., Cao, X., Wu, R., Liu, B., Ye, W., Wu, J., & Yue, X. (2017). Comparative proteomic analysis of milk-derived exosomes in human and bovine colostrum and mature milk samples by iTRAQ-coupled LC-MS/MS. *Food Research International*, 92, 17-25. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.11.041>
- Zeinhom, M. M. A., & Abdel-Latef, G. K. (2014). Public health risk of some milk borne pathogens. *Beni-Suef University Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(3), 209-215. <https://doi.org/10.1016/j.bjbas.2014.10.006>
- Ziyaina, M., Rasco, B., Coffey, T., Mattinson, D. S., & Sablani, S. (2019). Correlation of volatile compound concentrations with bacterial counts in whole pasteurised milk under various storage conditions. *International Journal of Dairy Technology*, 72(1), 36-46. <https://doi.org/10.1111/1471-0307.12557>
- Ziyaina, M., Rasco, B., Coffey, T., Ünlü, G., & Sablani, S. S. (2019). Colorimetric detection of volatile organic compounds for shelf-life monitoring of milk. *Food Control*, 100, 220-226. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.01.018>

INACAL. (2016). NTP 202.001. Leche y productos lácteos. Leche cruda.

Abesinghe, A. M. N. L., Islam, N., Vidanarachchi, J. K., Prakash, S., Silva, K. F. S. T., & Karim, M. A. (2019). Effects of ultrasound on the fermentation profile of fermented milk products incorporated with lactic acid bacteria. *International Dairy Journal*, 90, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.10.006>

Akdeniz, V., & Akalin, A. S. (2019). New approach for yoghurt and ice cream production: High-intensity ultrasound. *Trends in Food Science & Technology*, 86, 392–398. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.02.046>

Buckin, V. (2018). High-resolution ultrasonic spectroscopy. *Journal of Sensors and Sensor Systems*, 7(1), 207–217. <https://doi.org/10.5194/jsss-7-207-2018>

Chen, J., Zhang, X., Chen, Y., Zhao, X., Anthony, B., & Xu, X. (2020). Effects of different ultrasound frequencies on the structure, rheological and functional properties of myosin: Significance of quorum sensing. *Ultrasonics Sonochemistry*, 69, 105268. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105268>

Gursoy, O., Yilmaz, Y., Gokce, O., & Ertan, K. (2016). Effect of ultrasound power on physicochemical and rheological properties of yoghurt drink produced with thermosonicated milk. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 28(4), 235. <https://doi.org/10.9755/ejfa.2015-09-719>

Körzendörfer, A., Nöbel, S., & Hinrichs, J. (2017). Particle formation induced by sonication during yogurt fermentation – Impact of exopolysaccharide-producing starter cultures on physical properties. *Food Research International*, 97, 170–177. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.04.006>

- Ojha, K. S., Mason, T. J., O'Donnell, C. P., Kerry, J. P., & Tiwari, B. K. (2017). Ultrasound technology for food fermentation applications. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 410–417. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.06.001>
- Riener, J., Noci, F., Cronin, D. A., Morgan, D. J., & Lyng, J. G. (2009). The effect of thermosonication of milk on selected physicochemical and microstructural properties of yoghurt gels during fermentation. *Food Chemistry*, 114(3), 905–911. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.10.037>
- Smyth, C., Kudryashov, E., O'Driscoll, B., & Buckin, V. (2004). High-Resolution Ultrasonic Spectroscopy for Analysis of Industrial Emulsions and Suspensions. *JALA: Journal of the Association for Laboratory Automation*, 9(2), 87–90. <https://doi.org/10.1016/j.jala.2004.01.008>
- Vera, A., Valenzuela, M. A., Yazdani-Pedram, M., Tapia, C., & Abugoch, L. (2019). Conformational and physicochemical properties of quinoa proteins affected by different conditions of high-intensity ultrasound treatments. *Ultrasonics Sonochemistry*, 51, 186–196. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2018.10.026>
- Zhang, Z., Regenstein, J. M., Zhou, P., & Yang, Y. (2017). Effects of high intensity ultrasound modification on physicochemical property and water in myofibrillar protein gel. *Ultrasonics Sonochemistry*, 34, 960–967. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.08.008>

ANEXO: Imágenes de trabajo



The diagram illustrates the preparation of a 0.1 N NaOH solution. It begins with a photograph of a laboratory balance. An arrow points to a beaker where 0.41 g of NaOH is added to 30-40 ml of distilled water. A second arrow points to a 100 ml volumetric flask, which is labeled 'Aforar en una fiolaa 100 ml' (Fill to the mark in a 100 ml flask). To the right, text instructs to 'Diluir en vaso precipitado con agua destilada hasta 40 ml' (Dilute in a volumetric flask with distilled water up to 40 ml).

Pesar 0.41gr de Sodio

Aforar en una fiolaa 100 ml

0.41 g NaOH

30-40 ml Agua destilada

Diluir en vaso precipitado con agua destilada hasta 40 ml

Imagen N°01 Preparación de NaOH 0.1 N



The diagram illustrates the preparation of a standard solution using potassium biphthalate. It starts with a photograph of a laboratory balance. An arrow points to an Erlenmeyer flask where 0.5271 g of potassium biphthalate is added to 50 ml of distilled water. Below the flask, text indicates to 'Disolvemos agitando + 3 gotas de fenolftaleína' (Dissolve by shaking + 3 drops of phenolphthalein).

Pesar 0.5271g de ftalato

0.5271 g de ftalato

50 ml Agua destilada

Disolvemos agitando
+ 3 gotas de fenolftaleína

Imagen N°02 Preparación para estandarizar.



Imagen N°03 Estandarización de la solución NaOH 0.1N



Imagen N°04 : Recepción de leche cruda Centro Experimental de producción de leche de Escuela de Medicina Veterinaria.



Imagen N°05: leche cruda envasada.



Imagen N°06: Pasteurización



Imagen N°07 Titulación de acidez de la leche decepcionada.



Imagen N°08 lectura espectroscopia ultrasónica.



Imagen N°09 Esterilización de materiales



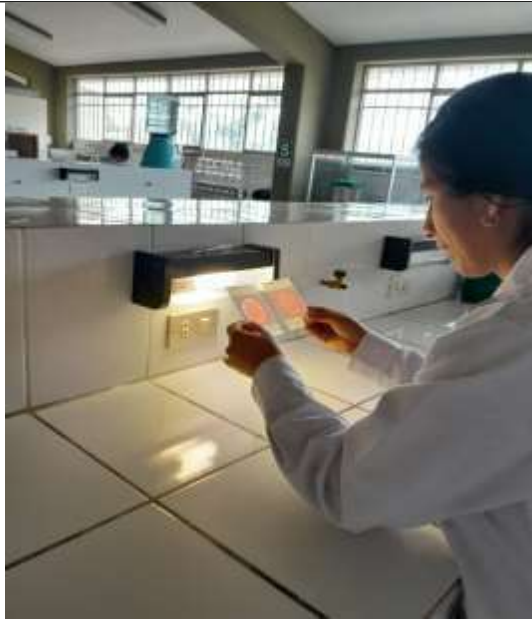
Imagen N°10 Preparando las diluciones



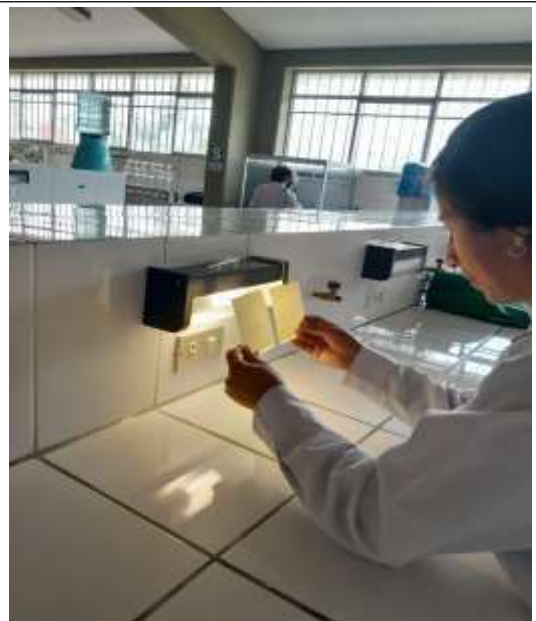
Imagen N°11 Añadiendo la dilución de la muestra en las placas petrifilm 3M.



Imagen N°12 Llevar a la incubado .



COLIFORMES



MESOFILOS

Imagen N°13 Lectura de resultado.



UNSCH

FACULTAD DE INGENIERÍA
**QUÍMICA Y
METALURGIA**

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE LA TESIS PRESENCIAL:

Determinación de las propiedades físicas y componentes químicos por espectroscopía ultrasónica en la leche cruda pasteurizada a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento

Expositora: Lourdes Silvia Vivanco Alarcon
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

Expediente N° 2434270 Resolución Decanal N° 121-2024-UNSCH-FIQM/D Fecha: 02-07-20224

En la Sala de Conferencia “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 cinco de julio del año dos mil veinticuatro, se reunieron la Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias **Lourdes Silvia Vivanco Alarcon**, los Docentes Miembros del Jurado de Sustentación Ingenieros: Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI, Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS y Mg. Wiler Hugo DE LA CRUZ QUISPE, bajo la Presidencia del Dr. Alfredo ARIAS JARA (Decano de la Facultad (e)), Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE (Docente Asesor de la Tesis), el Mg. Wuelde Cesar DIAZ MALDONADO (Secretario-Docente(e)).

Acto seguido, el Presidente (e) 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 las propiedades físicas y componentes químicos por espectroscopía ultrasónica en la leche cruda pasteurizada a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento**, presentado por la Bachiller **Lourdes Silvia Vivanco Alarcon**. A continuación, el Secretario-Docente procedió a dar lectura a la Resolución Decanal N° 121-2024-UNSCH-FIQM/D.

Luego, el Presidente (e) del Jurado invitó al Bachiller **Lourdes Silvia Vivanco Alarcon**, a pasar al estrado y exponer su trabajo de Tesis en un tiempo máximo de treinta y cinco minutos.

Finalizado la exposición de la Bachiller, el presidente (e) invitó a los Señores Miembros del Jurado de Sustentación a que formulen sus preguntas y señalen sus observaciones, en el siguiente orden: Mg. Wiler Hugo DE LA CRUZ QUISPE, Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS y Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI. Luego el Presidente invitó al Mg. Fredy Rober PARIONA ESCALANTE para que, en su condición de Docente Asesor, se sirva levantar las observaciones del Jurado y efectuar las aclaraciones que considere conveniente.

A continuación, el presidente del jurado invito al sustentante y al público para que se sirva abandonar la sala de conferencia 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).**

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:**

Determinación de las propiedades físicas y componentes químicos por espectroscopía ultrasónica en la leche cruda pasteurizada a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento

Expositora: Lourdes Silvia Vivanco Alarcon
Bachiller en Ingeniería en Industrias Alimentarias

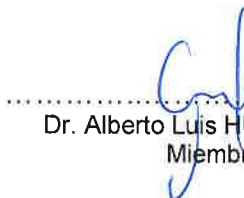
Expediente N° 2434270 Resolución Decanal N° 121-2024-UNSCH-FIQM/D Fecha: 02-07-20224

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 **Lourdes Silvia Vivanco Alarcon**, 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 cuarenta minutos se dio por finalizado este acto académico de Sustentación de Tesis. En fe de lo cual firmamos:



Dr. Alfredo ARIAS JARA
Presidente



Dr. Alberto Luis HUAMANI HUAMANI
Miembro



Mg. Julio Pablo GODENZI VARGAS
Miembro



Mg. Wiler Hugo DE LA CRUZ QUISPE
Miembro



Mg. Wuelde Cesar DIAZ MALDONADO
(Secretario Docente (e))



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, la Srta. Lourdes Silvia VIVANCO ALARCON egresada de la Escuela Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias ha remitido, con el aval y por intermedio de su asesor el Ing. Fredy Rober Pariona Escalante, la Tesis: Determinación de las propiedades físicas y componentes químicos por espectroscopía ultrasónica en la lecha cruda y pasteurizada a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento; y se precisa con el Informe de Originalidad de Turnitin, que el índice de similitud del trabajo es de 18% y que se ha generado el Recibo digital que confirma el Depósito que el trabajo ha sido recibido por Turnitin con fecha agosto 09 de 2024 e Identificador de la Entrega N° 2429541685.

Se expide la presente, para los fines pertinentes.

Ayacucho, agosto 13 de 2024.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA
EPP DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
Ing° CIP Antonio J. Matos Alejandro
DIRECTOR

c.c. : Archivo.
Constancia N° 596

Determinación de las propiedades físicas y componentes químicos por espectroscopía ultrasónica en la leche cruda y pasteurizada a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento

por Lourdes Silvia Vivanco Alarcon

Fecha de entrega: 09-ago-2024 08:27a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2429541685

Nombre del archivo: Vivanco_Lourdes_Tesis_Final_Agosto_2024.pdf (10.52M)

Total de palabras: 14452

Total de caracteres: 70387

Determinación de las propiedades físicas y componentes químicos por espectroscopía ultrasónica en la leche cruda y pasteurizada a diferentes tiempos y temperaturas de almacenamiento.

INFORME DE ORIGINALIDAD

18%	17%	6%	8%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	revistas.uned.ac.cr	2%
	Fuente de Internet	
2	revistadigital.uce.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	
3	docplayer.es	1%
	Fuente de Internet	
4	recursosbiblio.url.edu.gt	1%
	Fuente de Internet	
5	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	1%
	Trabajo del estudiante	
6	ri.uaemex.mx	1%
	Fuente de Internet	
7	cia.uagraria.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	

8	Fuente de Internet	1 %
9	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	1 %
10	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	1 %
11	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	1 %
12	repositorio.uptc.edu.co Fuente de Internet	1 %
13	fddocuments.mx Fuente de Internet	1 %
14	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	1 %
15	www.researchgate.net Fuente de Internet	1 %
16	www.scielo.cl Fuente de Internet	<1 %
17	Submitted to ULACIT Universidad Latinoamericana de Ciencia y Tecnología Trabajo del estudiante	<1 %
18	revistas.ucr.ac.cr Fuente de Internet	<1 %

19	1library.co Fuente de Internet	<1 %
20	orinoquia.unillanos.edu.co Fuente de Internet	<1 %
21	www.ncbi.nlm.nih.gov Fuente de Internet	<1 %
22	www.clubensayos.com Fuente de Internet	<1 %
23	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
24	cienciaspecuarias.inifap.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
25	Submitted to Universidad de Alicante Trabajo del estudiante	<1 %
26	repositorio.unal.edu.co Fuente de Internet	<1 %
27	Curbelo Rodriguez, Jaime E. "Relacion entre los recuentos de celulas somaticas, practicas de manejo y patogenos causantes de mastitis en hatos lecheros de Puerto Rico", Proquest, 20111004 Publicación	<1 %
28	Submitted to Escuela Politecnica Nacional Trabajo del estudiante	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo