



Universitat Autònoma de Barcelona

ADVERTIMENT. L'accés als continguts d'aquesta tesi queda condicionat a l'acceptació de les condicions d'ús establertes per la següent llicència Creative Commons:  http://cat.creativecommons.org/?page_id=184

ADVERTENCIA. El acceso a los contenidos de esta tesis queda condicionado a la aceptación de las condiciones de uso establecidas por la siguiente licencia Creative Commons:  <http://es.creativecommons.org/blog/licencias/>

WARNING. The access to the contents of this doctoral thesis it is limited to the acceptance of the use conditions set by the following Creative Commons license:  <https://creativecommons.org/licenses/?lang=en>



Universitat Autònoma de Barcelona

Departament de Ciència Animal i dels Aliments Facultat de Veterinària
Universitat Autònoma de Barcelona

**EFFECTO DE LA PRESENCIA DE CALOSTRO SOBRE LAS
CARACTERÍSTICAS Y LA CALIDAD DE LA LECHE DE QUESERÍA Y EL
QUESO FRESCO**

Memoria presentada para optar al Grado de
Doctor en Ciencia y Tecnología de los Alimentos

BYRON ADRIÁN HERRERA CHÁVEZ

Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), 2022



ANTONIO JOSÉ TRUJILLO MESA, Catedrático de Universidad, Departamento de Ciencia Animal y de los Alimentos de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), DAVINIA SÁNCHEZ MACÍAS, Profesora Titular de Universidad, Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH).

HACEN CONSTAR: que **BYRON ADRIÁN HERRERA CHÁVEZ** ha realizado, bajo nuestra dirección, en el área de Tecnología de los Alimentos de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), el trabajo titulado **“Efecto de la presencia de calostro sobre las características y la calidad de la leche de quesería y el queso fresco”** que presenta para optar al grado de Doctor en Ciencia y Tecnología de los Alimentos.

Y para que así conste firmamos el presente documento en:

Bellaterra (Cerdanyola del Vallès), 4 de septiembre de 2022

Dr. Antonio José Trujillo Mesa

Dr. Davinia Sánchez Macías

Esta tesis doctoral fue financiada por la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH, Ecuador) como parte del proyecto “Presencia de calostro y su impacto sobre la calidad de la leche y el queso, y repercusión en la higienización previo a su utilización en la industria”.

Dedicado a Dios, por darme la fortaleza y sabiduría para seguir adelante en todas las etapas de mi vida. A la memoria de mi padre, quien es mi ángel guardián que me acompaña siempre. A mi fuente de inspiración de cada día, mi hijo. A mi madre, hermanos y esposa, por su paciencia, respaldo, amor y comprensión.

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mis más sinceros agradecimientos a la Dra. Davinia Sánchez, por ser mi directora, por darme la bienvenida al maravilloso mundo de la investigación, por la paciencia, compromiso y acertada guía durante todas las etapas del desarrollo de mi trabajo, por brindarme su amistad y permitirme ser mejor persona.

Un agradecimiento especial al Dr. Antonio Trujillo por aceptar ser mi tutor y director de tesis, por todas sus enseñanzas, ayuda y colaboración constante durante la elaboración y desarrollo de esta investigación.

A mi madre, a mis hermanos, a mi esposa, y a mi hijo Jeremy por su amor, motivación, comprensión y apoyo en todo momento, especialmente cuando más lo he necesitado. Muchas gracias, sin ustedes, nada de esto hubiera sido posible.

A mis amigos, compañeros y docentes de la carrera de Agroindustria y del grupo de investigación PROANIN, principalmente a mis apreciados estudiantes colaboradores del grupo Alex, Cristián, Paola, María Inés, Vanessa, Edgar, Dayana, Lucy y Doris quienes fueron parte fundamental en la realización de este trabajo de investigación.

Mis agradecimientos a la Dra. Manuela Hernández y a la Dra. Noemí Castro por su colaboración en algunos componentes de mi estudio.

Finalmente quiero agradecer al Dr. Nicolay Samaniego, rector de la UNACH, por ese apoyo incondicional en cada una de las gestiones que formaron parte de este proyecto.

¡Muchas gracias a todos, Dios los bendiga siempre!

PUBLICACIONES Y PRESENTACIONES DERIVADAS DE ESTA TESIS

Artículo científico

Título: Effects of colostrum presence in milk on the effectiveness of the pasteurization process and cheese milk quality.

Autores: Herrera-Chávez, B., Trujillo, A. J., Calero, P., Falconí, M. I., Sánchez-Macías, D.

Año: 2022

Referencia: Journal of Applied Animal Research 50(1), 246-253.

Capítulo de libro

Título: Presencia de calostro en leche y su efecto sobre la lipólisis en queso fresco.

Autores: Herrera-Chávez, B., Trujillo, A. J., Sánchez-Macías, D.

Año: 2022

Referencia: Avances en Ingeniería 2021, Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), 75-89.

Póster.

Título: Presencia de calostro y tratamiento térmico sobre la eficacia de la pasteurización de la leche.

Autores: Herrera, B., Sánchez-Macías, D., Trujillo, A. J., Palmay, J.

Acto: 31st EFFoST International Conference.

Lugar y Fecha: Barcelona (España), 13-16 de noviembre de 2016.

Póster.

Título: Impacto de la presencia de calostro y tratamiento térmico sobre la efectividad de la pasteurización de la leche.

Autores: Herrera, B., Sánchez-Macías, D., Trujillo, A. J., Palmay, J.

Acto: 1st International Conference on Food Science: Chapters Beverages (INCOFS).

Lugar y Fecha: Quito (Ecuador), 29 de noviembre-1 de diciembre de 2017.

Póster.

Título: Presence of colostrum on parameters of texture profile and color of fresh cheese.

Autores: Herrera, B., Sánchez-Macías, D., González-Castillo, A., Turitich, L.M.,

Trujillo, A. J.

Acto: 11th Nizo Dairy Conference. Milk Protein Functionality.

Lugar y Fecha: Papendal (The Netherlands), 8 de octubre-11 de octubre de 2019.

Póster.

Título: The presence of colostrum in cheese milk increases the shelf life of fresh cheese.

Autores: Herrera-Chávez, B., Rodas-Espinoza, S., Sánchez-Macías, D., Turitich, L.M., Trujillo, A. J.

Acto: 34st EFFoST International Conference.

Lugar y Fecha: Evento en línea, 10 de noviembre-12 de noviembre de 2020.

Comunicación oral.

Título: Presence of colostrum and thermal treatment on the effectiveness of pasteurization of milk.

Autores: Herrera-Chávez, B., Sánchez-Macías, D., Trujillo, A. J.

Acto: I Congreso Internacional de Seguridad Alimentaria.

Lugar y Fecha: Cuenca (Ecuador), 9 de noviembre-13 de noviembre de 2020.

Comunicación oral.

Título: Presencia de calostro en leche y su efecto sobre la lipólisis en queso fresco

Autores: Herrera-Chávez, B., Sánchez-Macías, D., Trujillo, A. J.

Acto: II Congreso Andino de Ingeniería, Construcción, Tecnología e Innovación CAICTI 2021.

Lugar y Fecha: Riobamba (Ecuador), 08 de diciembre-10 de diciembre de 2021.

RESUMEN

El objetivo principal de este trabajo de tesis fue documentar el manejo de la leche y del calostro en las granjas de los cantones de Guano y Chambo, de la provincia de Chimborazo (Riobamba, Ecuador), y evaluar el efecto de la presencia de calostro sobre las características fisicoquímicas, aptitud tecnológica y calidad microbiológica de la leche de quesería, las características del queso fresco durante su vida útil y del suero de quesería resultante.

El primer estudio se centró en la evaluación del efecto de la presencia de diferentes concentraciones de calostro sobre la aptitud tecnológica de la leche de quesería. La leche se subdividió en cuatro partes para ser mezclada con calostro en diferentes concentraciones (0, 1, 5 y 10%, v/v), a las cuales se les aplicó 2 tipos de tratamientos térmicos discontinuos de pasteurización baja ($56\text{ }^{\circ}\text{C} \times 1\text{ h}$ y $63\text{ }^{\circ}\text{C} \times 30\text{ min}$). La presencia de calostro modificó la composición y las características fisicoquímicas de la leche, por el contrario, las propiedades queseras de la leche no se vieron afectadas por la presencia de calostro.

En un segundo estudio se estandarizó un protocolo (formas, dimensiones, velocidades) de los parámetros del análisis de perfil de textura (TPA) aplicados en queso fresco. Para ello se aplicaron diferentes protocolos de TPA en texturómetro, variando la velocidad de la prueba (0,30; 0,70 y 1 mm/s), y utilizando diferentes formas y dimensiones de la muestra de queso, con el fin de evaluar su efecto en los resultados del TPA. Las muestras cilíndricas de 3 cm de diámetro fueron las candidatas a ser utilizadas en las pruebas de TPA, con velocidades de 0,3 y 0,7 mm/s.

En un tercer estudio se evaluó el efecto de la presencia de diferentes concentraciones de calostro (0, 1, 5 y 10%) en la leche de quesería sobre la calidad del queso y el suero de quesería resultante. A las materias primas se realizó un análisis de características fisicoquímicas, calidad microbiológica, color y la determinación de inmunoglobulinas. Los quesos frescos obtenidos a partir de la leche con diferentes concentraciones de calostro fueron almacenados durante 21 días a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, y se les realizó un análisis composicional, características fisicoquímicas, textura instrumental, calidad microbiológica, color, determinación de inmunoglobulinas, análisis sensorial, y se estudió los procesos bioquímicos de lipólisis y proteólisis. En el suero resultante se analizó las características fisicoquímicas, color instrumental y se determinó la concentración de inmunoglobulinas. La presencia de calostro en el tanque de la leche, de

manera intencionada o accidental, ocasiona cambios en las características de composición, microbiológicas, color, sensoriales y textura en la elaboración de queso fresco. La concentración de IgG aumentó significativamente en suero tras la elaboración del queso cuando se añadió a la leche de quosería calostro a concentraciones de 5 y 10%. Un cuarto estudio nace a partir de la necesidad de los productores de leche de la provincia de Chimborazo de hacer un buen manejo del ganado en torno a prácticas de ordeño y manejo de calostro. Para este trabajo, se diseñó un cuestionario y fue revisado por investigadores de la Universidad Nacional de Chimborazo, Universidad Autónoma de Barcelona y de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Se validó con 5 productores lecheros de la zona, posteriormente se aplicó a 90 productores de la provincia, y finalmente se realizó la recopilación y procesado de la información. En este estudio se ofrecen recomendaciones de acuerdo con los factores de riesgo, para mejorar el manejo del calostro y la calidad de la leche, a fin de ser más productivos y competitivos en el mercado lácteo.

ABSTRACT

The main objective of this thesis-work was to document the management of milk and colostrum on farms around the cantons of Guano and Chambo, in the Province of Chimborazo (Riobamba, Ecuador), and to evaluate the effect of the presence of colostrum on the physicochemical characteristics, technological suitability and microbiological quality of cheese milk, the characteristics of fresh cheese during its shelf life and the resulting cheese whey.

The first study focused on the evaluation of the effect of the presence of different concentrations of colostrum in the technological suitability of cheese milk. The milk was subdivided into four parts to be mixed with colostrum at different concentrations (0, 1, 5 and 10%, v/v), to which were applied 2 types of discontinuous heat treatments ($56\text{ }^{\circ}\text{C} \times 1\text{ h}$ and $63\text{ }^{\circ}\text{C} \times 30\text{ min}$). The presence of colostrum modified the composition and the physicochemical characteristics of the milk, on the contrary, the cheese-making properties of the milk were not affected by the presence of colostrum.

In a second study, a protocol (shapes, dimensions, speeds) of the texture profile analysis (TPA) of parameters applied to fresh cheese was standardized. For this, different TPA protocols were applied in a texturometer, varying the speed of the test (0.30; 0.70 and 1 mm/s), and using different shapes and dimensions of the cheese sample, in order to evaluate its effect on the results of the TPA. Cylindrical samples with a diameter of 3 cm

were the candidates to be used in the TPA tests, with speeds of 0.3 and 0.7 mm/s.

In a third study, the effect of the presence of different concentrations of colostrum (0, 1, 5 and 10%) in cheese milk on the quality of the cheese and the resulting cheese whey was evaluated. An analysis of physicochemical characteristics, microbiological quality, color and determination of immunoglobulins was performed on the raw materials. The fresh cheeses obtained from milk with different concentrations of colostrum were stored for 21 days at 4 °C, and a compositional analysis, physicochemical characteristics, instrumental texture, microbiological quality, color, determination of immunoglobulins, sensory analysis, and the biochemical processes of lipolysis and proteolysis were studied. The resulting serum was analyzed for its physicochemical characteristics and the concentration of immunoglobulins was determined. The presence of colostrum in the milk tank, intentionally or accidentally, causes changes in the composition, microbiological, color, sensory and texture characteristics in the production of fresh cheese. IgG concentration increased significantly in serum after cheesemaking when colostrum was added to cheese milk at concentrations of 5 and 10%.

A fourth study was born from the need of milk producers in the province of Chimborazo to do good management of cattle around milking practices and colostrum management. For this work, we designed a questionnaire, and it was reviewed by researchers from Universidad Nacional de Chimborazo, Universidad Autónoma de Barcelona and the Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. The validation of the questionnaire was carried out with 5 milk producers in the area, subsequently was applied to 90 dairy farmers in the province, and finally the information was gathered and processed. Finally, in this research, recommendations are offered according to risk factors, in order to improve colostrum management and milk quality, raising the productive and competitive level of our farmers in the dairy market.

RESUM

L'objectiu principal d'aquest treball de tesi ha estat documentar el maneig de la llet i del calostre en les granges dels cantons de Guano i Chambo, de la província de Chimborazo (Riobamba, l'Equador), i avaluar l'efecte de la presència de calostre sobre les característiques fisicoquímiques, aptitud tecnològica i qualitat microbiològica de la llet de formatgeria, les característiques del formatge fresc durant la seva vida útil i del sèrum de formatgeria resultant.

Un primer estudi es va centrar en l'avaluació de l'efecte de la presència de diferents concentracions de calostre sobre l'aptitud tecnològica de la llet de formatgeria. La llet es va subdividir en quatre parts per a ser barrejada amb calostre en diferents concentracions (0, 1, 5 i 10%, v/v), les quals se'ls va aplicar 2 tipus de tractaments tèrmics discontinus ($56\text{ }^{\circ}\text{C} \times 1\text{ h}$ i $63\text{ }^{\circ}\text{C} \times 30\text{ min}$). La presència de calostre va modificar la composició i les característiques fisicoquímiques de la llet, per contra, les propietats formatgeres de la llet no es van veure afectades per la presència de calostre.

En un segon estudi es va estandarditzar un protocol (formes, dimensions, velocitats) dels paràmetres de l'anàlisi de perfil de textura (TPA) aplicats en formatge fresc. Per a això es van aplicar diferents protocols de TPA en texturòmetre, variant la velocitat de la prova (0,30; 0,70 i 1 mm/s), i utilitzant diferents formes i dimensions de la mostra de formatge, amb la finalitat d'avaluar el seu efecte en els resultats de TPA. Les mostres cilíndriques de 3 cm de diàmetre van ser les candidates a ser utilitzades en les proves de TPA, amb velocitats de 0,3 i 0,7 mm/s.

En un tercer estudi es va avaluar l'efecte de la presència de diferents concentracions de calostre (0, 1, 5 i 10%) en la llet de formatgeria sobre la qualitat del formatge i el sèrum de formatgeria resultant. A les matèries primeres es va realitzar anàlisis de les característiques fisicoquímiques, qualitat microbiològica, color i la determinació d'immunoglobulines. Els formatges frescos obtinguts a partir de la llet amb diferents concentracions de calostre van ser emmagatzemats durant 21 dies a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$, i se'ls va realitzar anàlisis de composició, característiques fisicoquímiques, textura instrumental (TPA), qualitat microbiològica, color, determinació d'immunoglobulines, anàlisi sensorial, i es va estudiar els processos bioquímics de lipòlisi i proteòlisi. En el sèrum resultant es va analitzar les característiques fisicoquímiques i es va determinar la concentració d'immunoglobulines. La presència de calostre en el tanc de la llet, de manera intencionada o accidental, ocasiona canvis en les característiques de composició, microbiològiques, color, sensorials i textura en l'elaboració de formatge fresc. La concentració de IgG va augmentar significativament en sèrum després de l'elaboració del formatge quan la llet de formatgeria va contenir calostre a concentracions de 5 i 10%.

Un quart estudi neix a partir de la necessitat dels productors de llet de la província de Chimborazo de fer un bon maneig del bestiar entorn de pràctiques de munyiment i maneig de calostre. Per a aquest treball, un qüestionari va ser dissenyat i revisat per investigadors de la Universidad Nacional del Chimborazo, Universitat Autònoma de Barcelona i de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. La validació del qüestionari es va realitzar

amb 5 productors de llet de la zona, posteriorment es va aplicar a 90 productors lleters de la província, i finalment es va realitzar la recopilació i processament de la informació. En aquest estudi, s'ofereixen recomanacions d'acord amb els factors de risc, per a millorar el maneig del calostre i la qualitat de la llet, a fi de ser més productius i competitius en el mercat lacti.

ÍNDICE

Capítulo 1. Antecedentes, objetivos y plan de trabajo	2
1.1. Antecedentes	2
1.2. Objetivos	4
1.3. Plan de trabajo	4
1.4. Referencias bibliográficas	10
Capítulo 2. Introducción	13
2.1. La leche y su calidad	13
2.1.1. Producción y consumo de leche	13
2.1.2. La leche.....	13
2.1.3. Calidad composicional y otros parámetros fisicoquímicos	15
2.1.4. Calidad higiénica-sanitaria	17
2.1.5. Calidad sensorial	19
2.2. Pasteurización de la leche.....	21
2.3. Calostro y su calidad.....	24
2.3.1. Calostro.....	24
2.3.2. Calidad composicional del calostro.....	24
2.3.3. Calidad tecnológica del calostro.....	27
2.3.4. Calidad higiénico-sanitaria del calostro	28
2.3.5. Usos del calostro.....	29
2.4. Queso.....	29
2.4.1. Producción y consumo de queso	29
2.4.2. Características generales y específicas del queso fresco.....	30
2.4.3. Composición del queso.....	31
2.4.4. Calidad del queso	32
2.5. Referencias Bibliográficas.....	36
Capítulo 3. Efecto de la presencia de calostro en la leche sobre la efectividad del proceso de pasteurización y la calidad de la leche de quesería.....	49
3.1. Introduction.....	50
3.2. Material and methods.....	52
3.3. Results and discussion	54
3.4. Conclusions.....	60
3.5. References.....	61

Capítulo 4. Determinación del protocolo de textura instrumental aplicado en queso fresco.....	76
4.1. Introducción	76
4.2. Materiales y métodos	80
4.2.1. Muestreo y preparación de las muestras de queso fresco	80
4.2.2. Análisis de perfil de textura.....	81
4.2.3. Análisis estadístico	83
4.3. Resultados	83
4.3.1. Muestras cilíndricas de queso.....	83
4.3.2. Muestras cúbicas de queso	85
4.4. Discusión	86
4.5. Conclusiones	89
4.6. Referencias bibliográficas	89
Capítulo 5. Efecto de la presencia de calostro en la leche de quesería sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de queso fresco.	94
5.1. Introducción	94
5.2. Materiales y métodos	95
5.2.1. Obtención de las materias primas.....	95
5.2.2. Producción de quesos	96
5.2.3. Análisis del calostro, las leches, sueros de quesería y quesos.....	96
5.2.4. Análisis estadístico de los datos	102
5.3. Resultados y discusión	102
5.3.1. Análisis de las leches	102
5.3.2. Características de los quesos	106
5.3.3. Características sueros de quesería	122
5.4. Conclusiones	124
5.5. Referencias bibliográficas	125
Capítulo 6. Manejo del calostro en granjas lecheras.	132
6.1. Introducción	132
6.2. Materiales y métodos	134
6.2.1. Tipo de estudio, población y muestra.....	134
6.2.2. Técnicas y diseño del instrumento de recolección de datos	135
6.2.3. Aplicación del cuestionario	137
6.2.4. Análisis estadístico	137
6.3. Resultados y discusión	138
6.3.1. Características de las granjas del estudio	138
6.3.2. Análisis descriptivo del manejo en las granjas	140
6.3.2.1. Sistema y manejo de ordeño	140

6.3.2.2.	Manejo del calostro.....	144
6.3.2.3.	Manejo del encalostrado	145
6.3.2.4.	Manejo de la leche	147
6.3.2.5.	Manejo sanitario del hato.....	149
6.3.3.	Efecto del tamaño, nivel de instrucción, tecnificación y capacitación en BPO	151
6.3.4.	Análisis de conglomerados o clústeres.....	154
6.3.4.1.	Análisis de conglomerados o clúster 1: sistema y manejo del ordeño	154
6.3.4.2.	Análisis de conglomerados o clúster 2: manejo del encalostrado.....	156
6.3.4.3.	Análisis de conglomerados o clúster 3: almacenamiento de la leche .	157
6.3.4.4.	Análisis de conglomerados o clúster 4: manejo sanitario.....	158
6.4.	Conclusiones	159
6.5.	Referencias bibliográficas	160
Capítulo 7.	Conclusiones finales	164
Anexos	167

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Composición general de la leche de diferentes especies (g/100 mL) (Roy et al., 2020).....	15
Tabla 2.2. Ejemplos de tratamientos comunes de inactivación por calor en los procesos de fabricación de productos lácteos (Lindsay et al., 2021).	20
Tabla 2.3. Descriptores utilizados para describir el perfil sensorial de la leche (Citalan Cifuentes et al., 2016).....	22
Tabla 2.4. Combinaciones de tiempo y temperatura de pasteurización aplicadas a la leche (Lucey, 2015).	23
Tabla 2.5. Cambios en la composición, pH y acidez titulable (AT) del calostro, leche de transición y leche de vaca Holstein durante los primeros 90 d de lactación (Tsioulpas et al. 2007).....	25
Tabla 2.6. Concentraciones de macronutrientes, micronutrientes, inmunoglobulinas y péptidos antimicrobianos generales presentes en el calostro y en la leche madura (Godden et al., 2019).	26
Tabla 2.7. Composición de algunas variedades de quesos (% por peso) (Gutiérrez Méndez et al., 2013; O'Brien & O'Connor, 2004; Mehta, 2015).	32
Table 3.1. Physicochemical and microbiological characteristics of colostrum and milk.	68
Table 3.2. Composition of raw or pasteurized milk containing 0, 1, 5 and 10% of colostrum treated at 56 °C for 1 h (LT56) or at 63 °C for 30 min (LT63).....	69
Table 3.3. Physicochemical characteristic of raw or pasteurized milk containing 0, 1, 5 and 10% of colostrum treated at 56 °C for 1 h (LT56) or at 63 °C for 30 min (LT63). .	70
Table 3.4. Instrumental color analysis of raw or pasteurized milk containing 0, 1, 5 and 10% of colostrum treated at 56 °C for 1 h (LT56) and 63 °C for 30 min (LT63).	71
Table 3.5. Cheese-making properties of raw or pasteurized milk containing 0, 1, 5 and 10% of colostrum treated at 56 °C for 1 h (LT56) or at 63 °C for 30 min (LT63).....	72
Table 3.6. Means values of total bacterial counts (log cfu mL ⁻¹) and bacterial reduction (%) of raw or pasteurized milk containing 0, 1, 5 and 10% of colostrum treated at 56 °C for 1 h (LT56) or at 63 °C for 30 min (LT63).	73
Tabla 4.1. Protocolos de Análisis de Perfil de Textura (TPA) utilizados en distintas variedades de queso.....	78
Tabla 4.2. Definiciones de los parámetros de textura obtenidos en ensayo de Análisis de Perfil de Textura (TPA) con el equipo TexturePro CT Brookfield.	82
Tabla 4.3. Valores medios de los parámetros del análisis de perfil de textura instrumental de muestras cilíndricas de 2 y 3 cm de diámetro de queso fresco.	84
Tabla 4.4. Valores medios de los parámetros del análisis de perfil de textura instrumental de muestras cúbicas de 2 y 3 cm ³ de queso fresco.	85
Tabla 5.1. Definiciones de los parámetros de textura sensorial del queso fresco utilizado para el entrenamiento y establecimiento del perfil sensorial cuantitativo.....	101
Tabla 5.2. Valores medios y desviación estándar de los parámetros fisicoquímicos de composición de las leches cruda y pasteurizada adicionadas de calostro (0, 1, 5 y 10%).	103
Tabla 5.3. Valores medios y desviación estándar de los recuentos de aerobios mesófilos totales (TPC) y coliformes totales (CT) de leches cruda y pasteurizada adicionada de calostro (0, 1, 5 y 10%).	104

Tabla 5.4. Valores medios y desviación estándar de parámetros de color de las leches cruda y pasteurizada adicionada de calostro (0, 1, 5 y 10%).....	105
Tabla 5.5. Valores medios y desviación estándar de determinación de inmunoglobulinas de la leches cruda y pasteurizada adicionada de calostro (0, 1, 5 y 10%).....	106
Tabla 5.6. Valores medios y desviación estándar de pH, humedad, grasa, proteína de queso fresco que contiene 0, 1, 5 y 10 % de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), durante 21 días de almacenamiento a 4 °C.	107
Tabla 5.7. Valores medios y desviación estándar de los parámetros de color interno y externo de quesos frescos elaborados con leche que contiene 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), durante 21 días de almacenamiento a 4 °C.....	109
Tabla 5.8. Valores medios y desviación estándar de aerobios mesófilos y coliformes totales de queso fresco que contiene 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), durante 21 días de almacenamiento a 4 °C, y porcentajes de reducción bacteriana respecto al control.	111
Tabla 5.9. Parámetros cinéticos (\pm error estándar) obtenidos del crecimiento de microorganismos aerobios mesófilos en queso fresco con 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), durante 21 días de almacenamiento a 4 °C.....	113
Tabla 5.10. Valores medios y desviación estándar de análisis de perfil de textura de queso fresco que contiene 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), durante 21 días de almacenamiento a 4 °C.	116
Tabla 5.11. Valores medios y desviación estándar del total de ácidos grasos libres en queso fresco elaborado con leche que contiene 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), durante 21 días de almacenamiento 4 °C.....	117
Tabla 5.12. Valores medios densitométricos (unidades arbitrarias) y desviación estándar de las bandas de lactoferrina e inmunoglobulina en quesos con 0, 1, 5 y 10% de calostro durante 21 días en refrigeración a 4 °C.....	120
Tabla 5.13. Valores medios y desviación estándar de parámetros de perfil de textura sensorial y aceptación de los quesos frescos que contienen 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), al día 1 de almacenamiento.	122
Tabla 5.14. Valores medios y desviación estándar de la determinación de inmunoglobulina G (IgG) en los sueros de queso fresco (SQ) procedente de leche con presencia de calostro (0, 1, 5 y 10 %).	123
Tabla 5.15. Valores medios y desviación estándar de parámetros de color de suero de queso fresco (SQ) procedente de leche con presencia de calostro (0, 1, 5 y 10%).	124
Tabla 6.1. Frecuencias y porcentajes del tamaño de granja, nivel de instrucción, nivel de tecnificación y capacitación en BPO.	139
Tabla 6.2. Distribución de porcentajes de las respuestas a los ítems relacionados sobre el manejo del ordeño y sistema de ordeño, según tamaño de granja, nivel de instrucción, nivel de tecnificación y capacitación en BPO.	143
Tabla 6.3. Distribuciones de porcentajes de las respuestas a los ítems relacionados sobre el manejo de calostro, según tamaño de granja, nivel de instrucción y nivel de tecnificación.....	146
Tabla 6.4. Distribuciones de porcentajes de las respuestas a los ítems relacionados sobre el manejo del encalostrado según el tamaño de granja, nivel de instrucción y nivel de tecnificación.....	148
Tabla 6.5. Distribuciones de porcentajes de las respuestas a los ítems relacionados sobre el manejo de la leche, según el tamaño de granja, nivel de instrucción y nivel de tecnificación.....	150

Tabla 6.6. Distribuciones de porcentajes de las respuestas a los ítems relacionados sobre el manejo sanitario según el tamaño de granja, nivel de instrucción y nivel de tecnificación.....	152
Tabla 6.7. Niveles de significancia del efecto del tamaño de granja, nivel de instrucción, nivel de tecnificación y capacitación en BPO sobre la distribución de los resultados.	153

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Diagrama del plan de trabajo y de los análisis realizados a la leche, calostro y leches con presencia de calostro del Estudio 1 donde se evaluó el efecto de la presencia de diferentes concentraciones de calostro sobre la aptitud tecnológica de la leche de quesería.....	5
Figura 1.2. Diagrama del plan de trabajo del Estudio 2 sobre la puesta a punto de un protocolo estandarizado para el análisis de perfil de textura (TPA) en quesos frescos....	6
Figura 1.3. Diagrama del plan de trabajo y análisis realizados en el Estudio 3 a las materias primas (leche y calostro), leches con calostros y quesos frescos durante su vida útil a 4 °C y de los sueros de quesería resultantes, donde se evaluó el efecto de la presencia de diferentes concentraciones de calostro sobre la calidad del queso y del suero de quesería resultante.	7
Figura 1.4. Diagrama de la selección y capacitación del panel de catadores para la evaluación sensorial de perfil de textura en quesos frescos.	8
Figura 1.5. Diagrama del plan de trabajo desarrollado en el Estudio 4 sobre la evaluación de las instalaciones y del manejo de la leche y del calostro en las granjas.	9
Figure 3.1. Microbial reduction (log cfu mL ⁻¹) of milk containing 0, 1, 5 and 10% of colostrum after heat treatment at 56 °C for 1 h (LT56) or at 63 °C for 30 min (LT63).....	74
Figura 4.1. Muestras de queso cilíndricas de 2 y 3 cm de diámetro × 3 cm de altura (a) y muestras cúbicas de 1.5 y 2 cm ³ (b), utilizadas en el ensayo de perfil de textura.	80
Figura 4.2. Texturómetro Brookfield (a) y sonda TA4/1000 con muestra cilíndrica de queso fresco de 2 cm de diámetro × 3 cm de altura, utilizados en el ensayo de perfil de textura.	81
Figura 4.3. Gráfica general ideal del perfil de textura (Hleap & Velasco, 2010).	82
Figura 5.1. Modelos de predicción del crecimiento de microorganismos aerobios mesófilos en queso fresco con 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), durante 21 días de almacenamiento 4 °C.	114
Figura 5.2. Imagen de los geles SDS-PAGE mostrando las principales proteínas y productos de degradación de los quesos con 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5 y Q10) a los 1 y 7 (A), y 14 y 21 días (B) de almacenamiento en refrigeración (4 °C). MW: Marcador de peso molecular.....	119
Figura 6.2. Ubicación de las granjas objeto de estudio en los cantones de Guano y Chambo.....	135
Figura 6.3. Variables empleadas en el estudio de las explotaciones lecheras en el sector urbano/rural de los cantones Guano y Chambo de la provincia de Chimborazo.	137
Figura 6.4. Grupos de variables consideradas para el análisis de conglomerados el estudio de las explotaciones lecheras en el sector urbano/rural de los cantones Guano y Chambo de la provincia de Chimborazo.	138

Capítulo 1. Antecedentes, objetivos y plan de trabajo



Capítulo 1. Antecedentes, objetivos y plan de trabajo

1.1. Antecedentes

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación FAO (2021), en los países desarrollados se puede evidenciar un incremento per cápita de leche y productos lácteos, como consecuencia del aumento de los ingresos, el crecimiento demográfico y los cambios en los regímenes alimentarios, aunque cada vez se va acortando esta diferencia con los países en vías de desarrollo. La producción de leche de vaca en Ecuador en el año 2020 alcanzó 1.787.489 t (FAOSTAT, 2022). Esta producción corresponde a las regiones de la sierra, costa y oriente con 79,58, 16,38 y 4,04%, respectivamente. De ello, la provincia de Chimborazo aportó en el año 2021 un total de 533.810 L diarios (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2021). Según ICEX (2021), Ecuador produjo aproximadamente 36.261 t de queso en el año 2017. La variedad más producida en el país es el queso fresco que, además, dadas sus aportaciones alimenticias y bajo precio, es el preferido de los ecuatorianos (ICEX, 2021). El queso, en todas sus versiones, se caracteriza principalmente por su alto valor nutritivo. Se considera la mejor fuente de proteínas y algunos minerales, especialmente calcio y fósforo, que se requieren principalmente para la salud y nutrición humana. Al mismo tiempo, es principalmente susceptible al deterioro físico, químico, bioquímico y microbiológico debido a su alto valor nutritivo, por lo que la preservación de dicho producto es esencial (Brooks et al., 2012).

El calostro es la secreción obtenida de la glándula mamaria después del parto, y proporciona los nutrientes y la inmunidad pasiva al recién nacido. Este producto se considera nutraceutico ya que contiene diversos componentes fisiológicamente activos, que incluyen inmunoglobulinas, lactoferrina, lisozima, citocinas, factores de crecimiento, hormonas, oligosacáridos y componentes lipídicos (Jeong et al., 2009; Borad & Singh, 2018; Puppel et al., 2019). La principal diferencia entre la leche y el calostro es la concentración de IgG, IgA, e IgM (0,72; 0,13; 0,04 versus 91,31-97,20; 4,20-5,30; 5,05-5,07 mg/mL, respectivamente) (Gapper et al., 2007; Mann et al., 2020; Costa et al., 2021). La bibliografía también muestra trabajos realizados con calostro bovino, caprino, ovino y de búfala (Tsioulpas et al., 2007; El-Fattah et al., 2012; Sánchez-Macías et al., 2014; Abdel-Salam et al., 2017), los cuales dan a conocer las diferencias extremas existentes entre el calostro y la leche, y en especial, los cambios en los parámetros físicos y tecnológicos que se dan durante el período de transición del calostro a la leche. Además,

el calostro, de manera natural, presenta un recuento microbiano más elevado que la leche (Godden et al., 2019). En nuestro centro encontramos un recuento medio total en placa en el calostro de 5,46 log ufc/mL, superior al encontrado en la leche, que fue 3,67 log ufc/mL (Herrera-Chávez et al., 2022).

La introducción de calostro al tanque de almacenamiento de la leche en granja es posible debido a una mala práctica agropecuaria, ya sea intencionalmente o no, como puede ser tiempos cortos de retiro de la leche de transición o la adición de calostro puro por motivos económicos. El alto contenido de proteínas séricas del calostro da lugar a múltiples problemas en los procesos industriales, como por ejemplo una pobre estabilidad al calor, que interfiere en los procesos de pasteurización (Marnila y Korohnen 2002; McMartin et al., 2006). Por otro lado, el tratamiento térmico (60 °C, 60 min) aplicado al calostro altera su perfil proteómico, disminuyendo la abundancia de ciertos compuestos de factor inmunológico y de crecimiento (Mann et al., 2020). A pesar de ello, el calostro por ser una fuente importante de componentes bioactivos tanto nutricionales como promotores del crecimiento, es utilizado para la elaboración de suplementos para prevenir y manejar algunas enfermedades importantes como el cáncer (Chauhan et al., 2021; Playford & Weiser, 2021).

En la literatura casi no existen trabajos que se describa con determinación el efecto de la presencia de calostro sobre la calidad nutricional, tecnológica y microbiológica de la leche de quesería y del suero resultante de hacer queso, ni tampoco sobre la calidad nutricional, tecnológica, microbiológica y sensorial del queso fresco, así como sobre la evolución de este producto durante su almacenamiento (vida útil microbiológica y procesos bioquímicos más importantes como glicólisis, proteólisis y lipólisis).

El grupo de Producción Animal e Industrialización (PROANIN) de la Universidad Nacional de Chimborazo (Riobamba, Ecuador) viene participando en convocatorias nacionales para proyectos de investigación desde el año 2013. Esta tesis forma parte del proyecto “Presencia de calostro y su impacto sobre la calidad de la leche y el queso, y repercusión en la higienización previo a su utilización en la industria”, proyecto aprobado en la convocatoria del 2014 por el Instituto de Ciencia, Innovación, Tecnología y Saberes (ICITS), actualmente Dirección de Investigación de la Universidad Nacional de Chimborazo. La realización de este proyecto se fundamentó en que hasta la fecha existe escasamente en la literatura, tanto nacional como internacional, trabajos bien definidos y/o concluyentes que esclarezcan el efecto de la presencia de calostro sobre la leche de quesería, el queso y el suero generado de la fabricación de dicho queso. Además, resulta

definitorio que se establezca en qué cantidad o concentración de compuestos calostrales empezaría a existir un efecto significativo de la presencia de calostro en la calidad de la leche de quesería, queso o suero.

Considerando todo lo comentado previamente, en este trabajo de tesis doctoral se plantearon los objetivos que se presentan a continuación.

1.2. Objetivos

El **objetivo general** de esta tesis ha sido documentar el manejo de la leche y del calostro en las granjas de los cantones de Guano y Chambo, de la provincia de Chimborazo (Riobamba, Ecuador), y evaluar el efecto de la presencia de calostro (1, 5 y 10%, v/v) sobre las características fisicoquímicas, aptitud tecnológica y calidad microbiológica de la leche de quesería, las características del queso fresco durante su vida útil y del suero de quesería resultante.

Para cumplir con el objetivo general propuesto, se definieron los **objetivos específicos** siguientes:

- ✓ Analizar el efecto del calostro sobre las características fisicoquímicas, la calidad microbiológica de la leche y su aptitud tecnológica para ser transformada en queso.
- ✓ Evaluar el efecto de la presencia de calostro sobre la composición, microbiología, características fisicoquímicas (pH, color y textura instrumental) y sensoriales del queso fresco durante su vida útil, y las características del suero de quesería.
- ✓ Determinar el efecto de la presencia de calostro sobre los procesos bioquímicos de proteólisis y lipólisis durante la vida útil en refrigeración del queso fresco.
- ✓ Valorar las instalaciones y manejo de la leche y del calostro en las granjas de los cantones de Guano y Chambo, de la provincia de Chimborazo (Ecuador).

1.3. Plan de trabajo

Para la realización de esta tesis se plantearon cinco estudios diferentes, los cuales se detallan en las figuras que se adjuntan a continuación.

En el Estudio 1 (Figura 1.1) se evaluó el efecto de la presencia de diferentes concentraciones de calostro sobre la aptitud tecnológica de la leche de quesería. La leche se subdividió en cuatro partes para ser mezclada con calostro en diferentes concentraciones (0, 1, 5 y 10%), a las cuales se les aplicó 2 tipos de tratamientos térmicos discontinuos o por lotes de pasteurización baja ($56\text{ }^{\circ}\text{C} \times 1\text{ h}$, LT y $63\text{ }^{\circ}\text{C} \times 30\text{ min}$, HT). De cada una de las muestras obtenidas se realizó análisis de las características

fisicoquímicas, calidad microbiológica, color, aptitud a la coagulación enzimática, rendimiento quesero potencial y capacidad de desuerado. Como tratamiento control se utilizó la leche cruda.

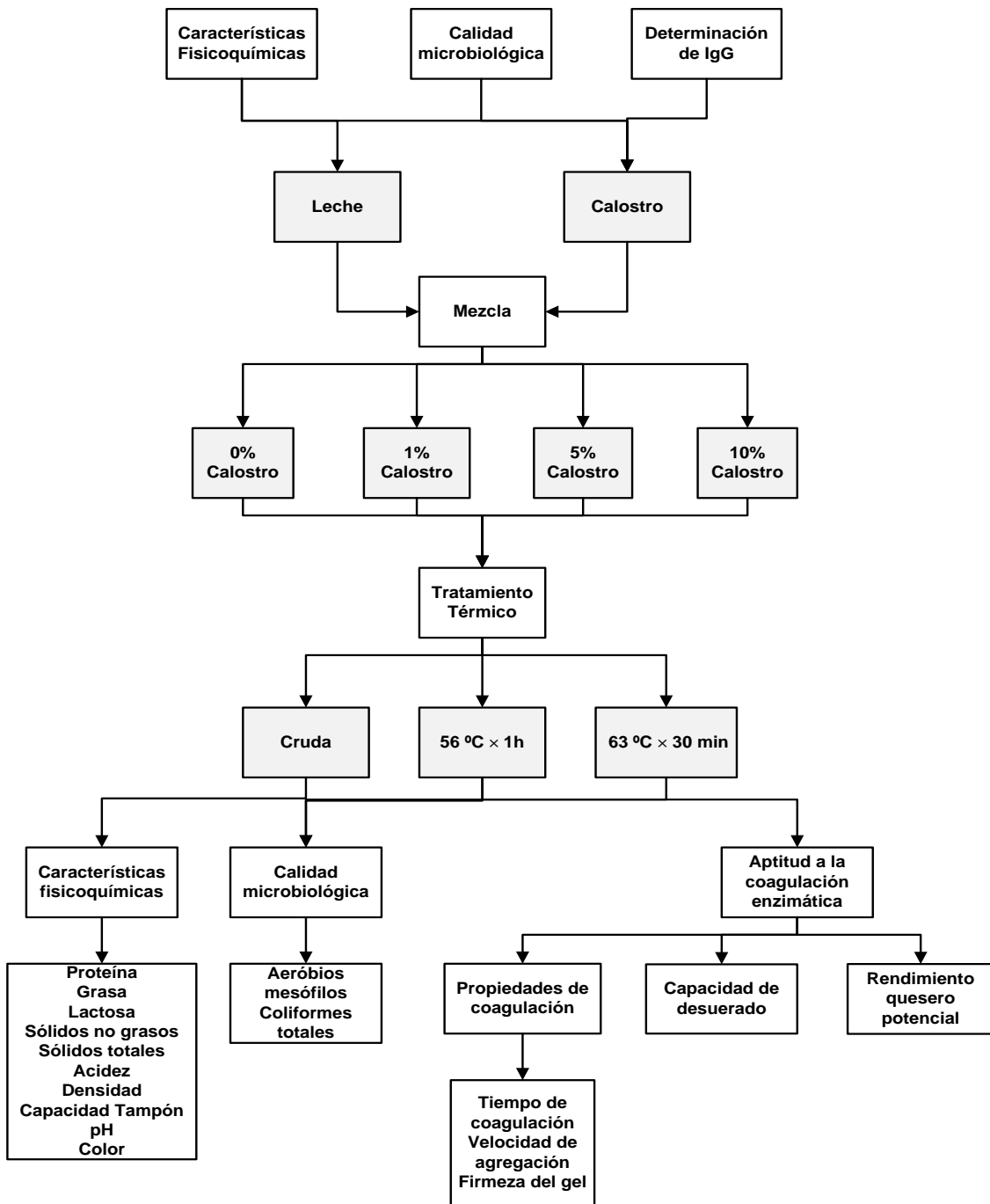


Figura 1.1. Diagrama del plan de trabajo y de los análisis realizados a la leche, calostro y leches con presencia de calostro del Estudio 1 donde se evaluó el efecto de la presencia de diferentes concentraciones de calostro sobre la aptitud tecnológica de la leche de quesería.

El Estudio 2 (Figura 1.2) se realizó debido a que en la literatura existe una gran cantidad de información bibliográfica acerca de análisis de perfil de textura (TPA) en quesos. Sin embargo, no existe un protocolo estandarizado respecto a los parámetros de análisis en el

equipo, así como una especificación sobre la forma (cilindros o cubos) y dimensión de las muestras de queso a ser utilizadas en la prueba. Por tal motivo resultó necesario definir un protocolo TPA para queso fresco que sea lo suficientemente determinante para encontrar diferencias entre los quesos elaborados en este estudio. Para ello se aplicaron diferentes protocolos de TPA en el texturómetro, variando la velocidad de la prueba (0,30; 0,70 y 1 mm/s). Así mismo, se utilizaron diferentes formas y dimensiones de la muestra de queso, utilizando un 75% de compresión, con el fin de evaluar su efecto en los resultados del análisis de TPA.

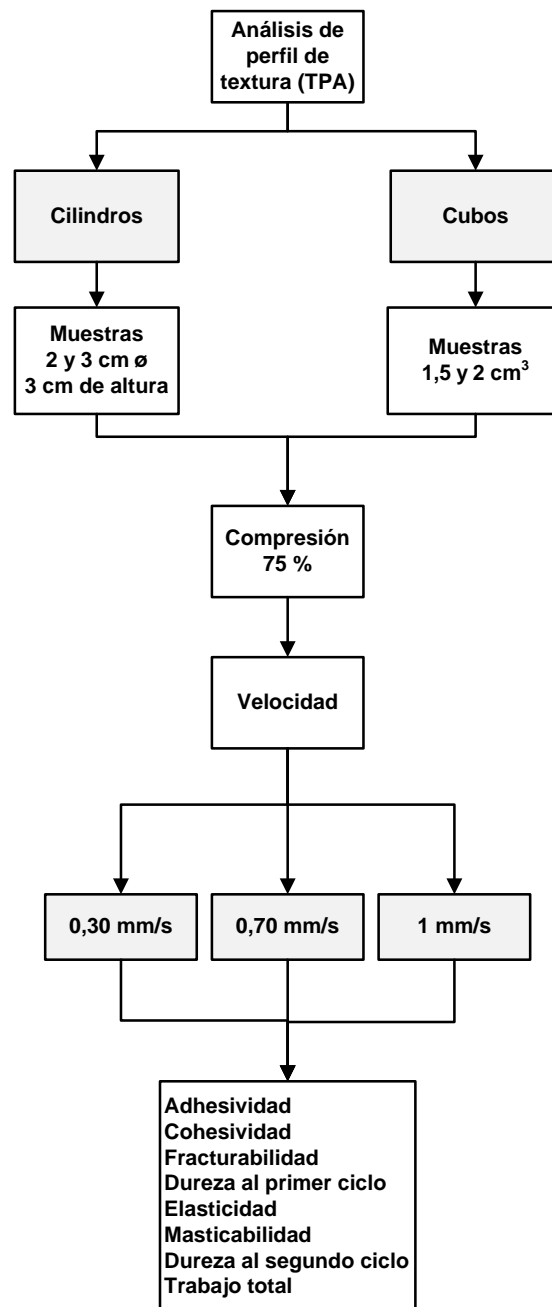


Figura 2.2. Diagrama del plan de trabajo del Estudio 2 sobre la puesta a punto de un protocolo estandarizado para el análisis de perfil de textura (TPA) en quesos frescos.

En el Estudio 3 (Figura 1.3) se evaluó el efecto de la presencia de diferentes concentraciones de calostro sobre la calidad del queso y el suero de quesería resultante.

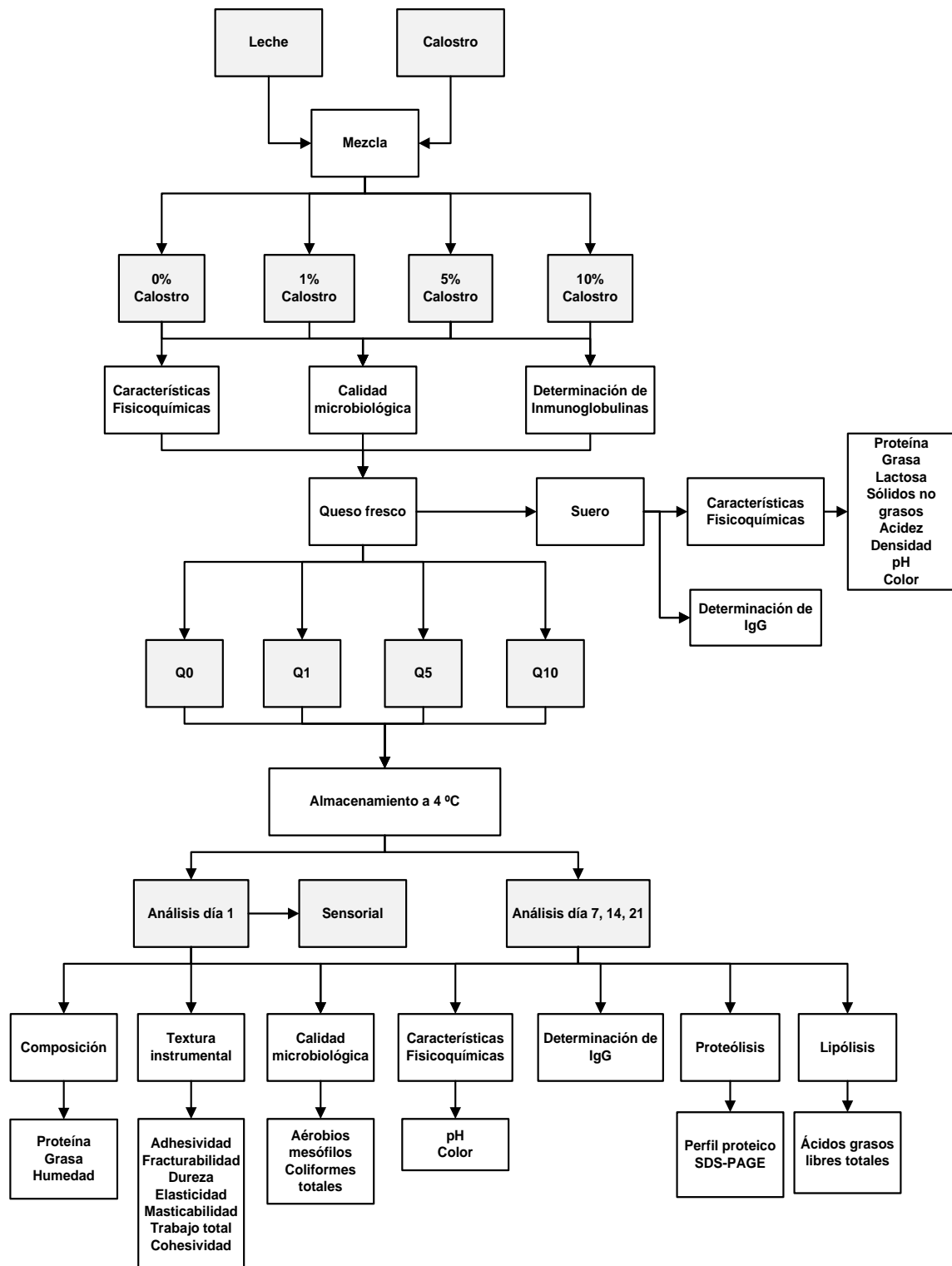


Figura 3.3. Diagrama del plan de trabajo y análisis realizados en el Estudio 3 a las materias primas (leche y calostro), leches con calostros y quesos frescos durante su vida útil a 4 °C y de los sueros de quesería resultantes, donde se evaluó el efecto de la presencia de diferentes concentraciones de calostro sobre la calidad del queso y del suero de quesería resultante.

La leche utilizada como materia prima se subdividió en cuatro partes para ser mezclada con calostro en diferentes concentraciones (0, 1, 5 y 10%), y se aplicó a las mezclas un tratamiento térmico de 63 °C × 30 min. A las materias primas se realizó un análisis de características fisicoquímicas, calidad microbiológica, color y la determinación de inmunoglobulinas. Los quesos frescos obtenidos a partir de la leche con diferentes concentraciones de calostro fueron almacenados durante 21 días a 4 °C, y se les realizó diferentes análisis a nivel composicional, características fisicoquímicas, textura instrumental (TPA), calidad microbiológica, color, determinación de inmunoglobulinas, análisis sensorial (perfil de textura y aceptación de consumidores), y de los principales procesos bioquímicos como la lipólisis y la proteólisis. En el suero resultante se analizó las características fisicoquímicas, color instrumental y se determinó la concentración de inmunoglobulinas. Para la realización de los análisis sensoriales de los quesos de perfil de textura por jueces semientrenados, se realizó una selección y capacitación de estos (Figura 1.4).

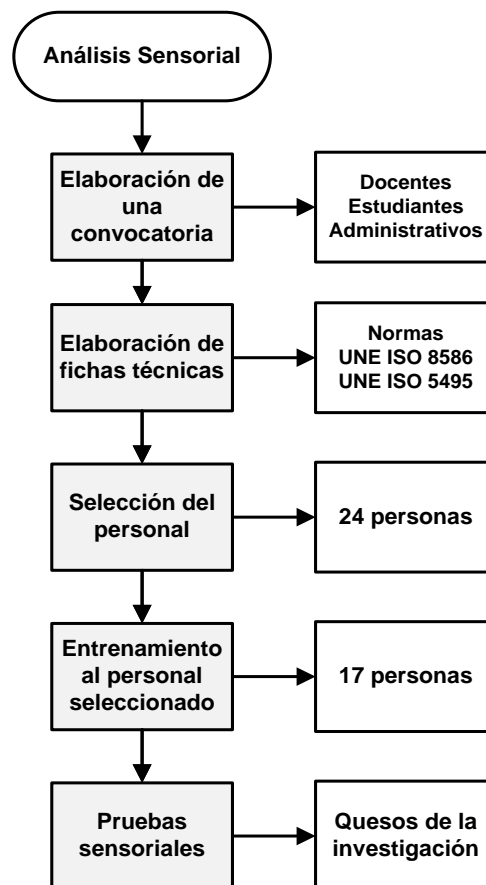


Figura 4.4. Diagrama de la selección y capacitación del panel de catadores para la evaluación sensorial de perfil de textura en quesos frescos.

El Estudio 4 (Figura 1.5) nace a partir de la necesidad de los productores de leche de la provincia de Chimborazo de hacer un buen manejo del ganado en torno a prácticas de ordeño y manejo de calostro. Para este trabajo, se inició con el diseño de un cuestionario y la respectiva revisión de este por parte de investigadores de la Universidad Nacional de Chimborazo (UNACH), Universidad Autónoma de Barcelona (UAB) y de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC). La validación de las preguntas (claridad y pertinencia) se realizó con 5 productores de leche de la zona. Posteriormente se aplicó el cuestionario a 90 productores lecheros de la provincia, y finalmente se realizó la recopilación y procesado de la información.

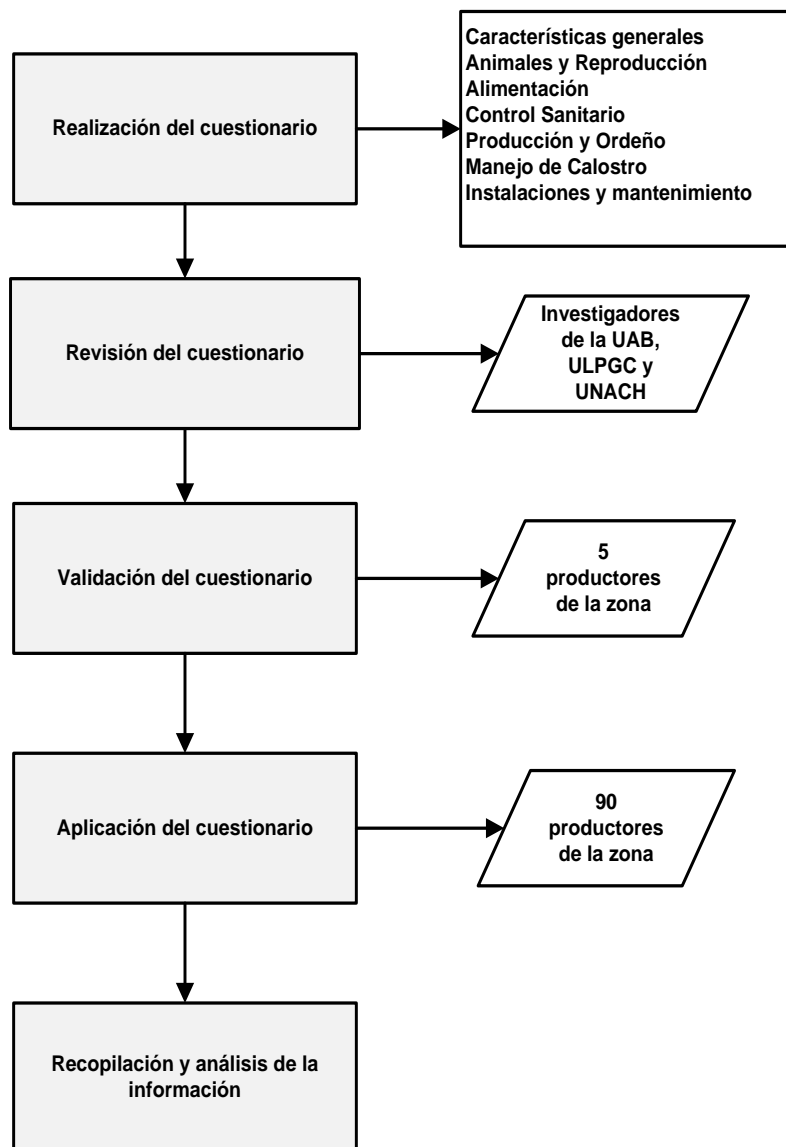


Figura 5.5. Diagrama del plan de trabajo desarrollado en el Estudio 4 sobre la evaluación de las instalaciones y del manejo de la leche y del calostro en las granjas.

1.4. Referencias bibliográficas

- Abdel-Salam, Z., Abdel-Salam, S. A. M., Abdel-Mageed, I. I., & Harith, M. A. (2017). Assessment of sheep colostrum via laser induced fluorescence and chemometrics. *Small Ruminant Research*, 155, 51-56. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2017.09.007>
- Borad, S. G., & Singh, A. K. (2018). Colostrum immunoglobulins: Processing, preservation and application aspects. *International Dairy Journal*, 85, 201-210. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.05.016>
- Brooks, J. C., Martinez, B., Stratton, J., Bianchini, A., Krokstrom, R., & Hutkins, R. (2012). Survey of raw milk cheeses for microbiological quality and prevalence of foodborne pathogens. *Food Microbiology*, 31(2), 154-158. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2012.03.013>
- Chauhan, S., Powar, P., & Mehra, R. (2021). A review on nutritional advantages and nutraceutical properties of cow and goat milk. *International Journal of Applied Research*, 7(10), 101-105. <https://doi.org/10.22271/allresearch.2021.v7.i10b.9025>
- Costa, A., Goi, A., Penasa, M., Nardino, G., Posenato, L., & De Marchi, M. (2021). Variation of immunoglobulins G, A, and M and bovine serum albumin concentration in Holstein cow colostrum. *Animal*, 15(7), 100299. <https://doi.org/10.1016/J.ANIMAL.2021.100299>
- El-Fattah, A., Alaa, M., Abd Rabo, F. H., EL-Dieb, S. M., & El-Kashef, H. A. (2012). Changes in composition of colostrum of Egyptian buffaloes and Holstein cows. *BMC Veterinary Research*, 8(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-8-19>
- FAO. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (1 de abril de 2021). *Leche y productos lácteos*. Obtenido de <https://www.fao.org/dairy-production-products/products/es/>
- FAOSTAT. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Estadísticas). (09 de Febrero de 2022). Obtenido de <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Gapper, L. W., Copestake, D. E., Otter, D. E., & Indyk, H. E. (2007). Analysis of bovine immunoglobulin G in milk, colostrum and dietary supplements: a review. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 389(1), 93-109. <https://doi.org/10.1007/s00216-007-1391-z>
- Godden, S. M., Lombard, J. E., & Woolums, A. R. (2019). Colostrum management for dairy calves. *Veterinary Clinics: Food Animal Practice*, 35(3), 535-556. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.005>
- Herrera-Chávez, B., Trujillo, A. J., Calero, P., Falconí, M. I., & Sánchez-Macías, D. (2022). Effects of colostrum in milk on the effectiveness of the pasteurization process and cheese milk quality. *Journal of Applied Animal Research*, 50(1), 246-253. <https://doi.org/10.1080/09712119.2022.2056466>

- ICEX. (Instituto de Comercio Exterior). (12 de junio de 2021). *El mercado de queso en Ecuador*. file:///C:/Users/USER/Downloads/doc2020851677@a.pdf
- Jeong, S. G., Ham, J. S., Kim, D. H., Ahn, C. N., Chae, H. S., You, Y. M., Jang, A., Kwon, I.-K., & Lee, S. G. (2009). Physicochemical properties of colostrum by milking time of Gyeonggi Province. *Food Science of Animal Resources*, 29(4), 445-456. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2009.29.4.445>
- Mann, S., Curone, G., Chandler, T. L., Moroni, P., Cha, J., Bhawal, R., & Zhang, S. (2020). Heat treatment of bovine colostrum: I. Effects on bacterial and somatic cell counts, immunoglobulin, insulin, and IGF-I concentrations, as well as the colostrum proteome. *Journal of Dairy Science*, 103(10), 9368-9383. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18618>
- Marnila, P., & Korhonen, H. (2002). Colostrum. Encyclopedia of dairy sciences. 2nd ed.; Fuquay, J.W., Ed.; Academic Press: San Diego, CA, USA, 807-815.
- McMartin, S., Godden, S., Metzger, L., Feirtag, J., Bey, R., Stabel, J., Goyal, S., Fetrow, J., Wells, S., & Chester-Jones, H. (2006). Heat treatment of bovine colostrum. I: Effects of temperature on viscosity and immunoglobulin G level. *Journal of Dairy Science*, 89(6), 2110-2118. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72281-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72281-0)
- Playford, R. J., & Weiser, M. J. (2021). Bovine colostrum: Its constituents and uses. *Nutrients*, 13(1), 1-24. <https://doi.org/10.3390/nu13010265>
- Puppel, K., Gołębiewski, M., Grodkowski, G., Slósarz, J., Kunowska-Slósarz, M., Solarczyk, P., Łukasiewicz, M., Balcerak, M., & Przysucha, T. (2019). Composition and factors affecting quality of bovine colostrum: a review. *Animals*, 9(12), 1070. <https://doi.org/10.3390/ani9121070>
- Sánchez-Macías, D., Moreno-Indias, I., Castro, N., Morales-de la Nuez, A., & Argüello, A. (2014). From goat colostrum to milk: Physical, chemical, and immune evolution from partum to 90 days postpartum. *Journal of Dairy Science*, 97(1), 10-16. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6811>
- Tsioulpas, A., Grandison, A. S., & Lewis, M. J. (2007). Changes in physical properties of bovine milk from the colostrum period to early lactation. *Journal of Dairy Science*, 90(11), 5012-5017. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0192>

Capítulo 2. Introducción



Capítulo 2. Introducción

2.1. La leche y su calidad

2.1.1. Producción y consumo de leche

La leche es considerada uno de los productos con mayor índice de consumo en el mundo, siendo una fuente importante de energía, proteínas de alta calidad y grasas, contribuyendo a la ingesta de nutrientes (FAO, 2021). La producción lechera mundial ha aumentado en los últimos años, pasando de 887 millones de toneladas de leche en 2019 a 906 millones de toneladas en 2020, un incremento de aproximadamente el 2% en tan sólo un año (FAOSTAT, 2022). El volumen de la producción de leche tuvo un mayor incremento en el continente de Asia, seguido por Europa, América y Oceanía. El mayor crecimiento se registró en países como India, China, Pakistán y Turquía, pero otros países como Kazakstán, Uzbekistán y Japón también registraron incrementos considerables en su producción. Alrededor de 6000 millones de personas en el mundo consumen leche y productos lácteos, y la mayoría de ellas viven en países en vías de desarrollo (FAO, 2021). La producción de leche en el Ecuador en el año 2020 alcanzó 1.787.489 t (FAOSTAT, 2022). De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2021), la producción de leche en el año 2021 se distribuyó en las regiones de la sierra, costa y oriente con 79,58, 16,38 y 4,04%, respectivamente. De esta, la provincia de Chimborazo aportó con poco más de 194 mil toneladas en el 2021.

Así mismo, en el año de 2020 en el país hubo un incremento del 16% de consumo de leche respecto al 2019, y el consumo per cápita anual es de aproximadamente 90 a 94 L por persona. Sin embargo, estos valores se encuentran muy por debajo de los 160 L del promedio anual de consumo per capita recomendado por la Organización Mundial de la Salud (El Universo, 2021). Actualmente los productores ecuatorianos buscan impulsar el consumo de leche y sus derivados, implementando estrategias más eficientes de mercadeo y comercialización (Reyes, 2020).

2.1.2. La leche

A nivel biológico la leche es el producto líquido de la secreción de las glándulas mamarias de los mamíferos, cuya función natural es la alimentación de los recién nacidos (Agregán et al., 2021). Según el Codex Alimentarius (FAO-OMS, 2013), se entiende por leche a “la secreción mamaria normal de animales lecheros obtenida mediante uno o más ordeños sin ningún tipo de adición o extracción, destinada al consumo en forma de leche líquida

o a elaboración ulterior. La leche cuya composición se haya modificado mediante la adición y/o extracción de constituyentes de la leche podrá denominarse con un nombre que incluya el término “leche”, siempre que en la denominación figure una descripción clara de la modificación a que se ha sometido la leche”.

De acuerdo con la norma del Instituto Ecuatoriano de Normalización de Ecuador (INEN NTE 9, 2012), la leche es “el producto de la secreción mamaria normal de animales bovinos lecheros sanos, obtenida mediante uno o más ordeños diarios, higiénicos, completos e ininterrumpidos, sin ningún tipo de adición o extracción, destinada a un tratamiento posterior previo a su consumo. Esta norma se aplica únicamente a la leche cruda de vaca. La denominación de leche cruda se aplica para la leche que no ha sufrido tratamiento térmico, salvo el de enfriamiento para su conservación, ni ha tenido modificación alguna en su composición”.

La leche contiene entre sus principales componentes agua, proteínas, lactosa, grasa, vitaminas y minerales (Urgu et al., 2019). Es un sistema complejo donde sus componentes se organizan en glóbulos de grasa en forma de emulsión y micelas de caseína en fase coloidal, mientras que la lactosa, péptidos y otros componentes se encuentran disueltos en el medio acuoso (Fox, 2011). La composición y calidad, tanto de la leche como de los productos derivados, puede diferir significativamente debido a algunos factores como fisiológicos, nutricionales, genéticos, ambientales, patológicos, composición del alimento y frecuencia de ordeño, entre otros factores (López & Barriga, 2016; Chauhan et al., 2021).

Los factores importantes que pueden afectar la rentabilidad de los productores de leche son los que están relacionados directamente con la producción, composición y calidad de la leche (Cinar et al., 2015). De acuerdo con la FAO (2021), es considerada leche cruda de buena calidad aquella que no contiene sustancias químicas, residuos, colores y olores extraños y que, por otro lado, presenta un bajo contenido de bacterias y una acidez y composición propias de la leche.

La calidad de la leche se puede medir según parámetros relacionados con la calidad composicional, higiénica, sanitaria y sensorial. Desde la obtención de la leche pueden ocurrir un alto número de complicaciones o riesgos, por esto es fundamental conocer la composición, acidez, pH, recuento microbiano y la cantidad de células somáticas, entre otros parámetros, para monitorear la calidad de la leche (Murphy et al., 2016).

2.1.3. Calidad composicional y otros parámetros fisicoquímicos

Las diferencias en la composición de la leche pueden tener importantes implicaciones en su valor nutricional y propiedades tecnológicas (Fleming et al., 2019). Por otro lado, las características fisicoquímicas de la leche sirven como indicadores de aptitud de la leche destinada al procesado (Chombo Morales & Ramírez Cerda, 2017).

En la Tabla 2.1. se muestra los principales componentes de la leche de diferentes especies.

Tabla 2.1. Composición general de la leche de diferentes especies (g/100 mL) (Roy et al., 2020).

Componente	Vaca	Búfala	Cabra	Oveja	Camella
Sólidos totales	11,8-13,0	15,7-17,2	11,9-16,3	18,1-20,0	11,9-15,0
Proteína	3,0-3,9	2,7-4,7	3,0-5,2	4,5-7,0	2,4-4,2
Grasa	3,3-5,4	5,3-9,0	3,0-7,2	5,0-9,0	2,0-6,0
Lactosa	4,4-5,6	3,2-5,0	3,2-5,0	4,1-5,9	3,5-5,1
Ceniza	0,7-0,8	0,8-0,9	0,7-0,9	0,8-1,0	0,69-0,9

El principal componente de la leche de vaca es el agua (~87%), y contiene en promedio 4,35% de grasa, 3,45% de proteína, ~5% de lactosa y 0,75% de minerales, aunque la concentración y el perfil de todos estos componentes mayoritarios pueden variar significativamente debido a algunos factores como la etapa de lactación, la frecuencia de ordeño, tipo de alimento, clima y la especie y raza del animal (Roy et al., 2020), entre otros factores.

De la grasa (o lípidos) de la leche, aproximadamente el 98% son triacilglicerolés mientras que los fosfolípidos y el colesterol representan el 0,8 y 0,3% de la grasa de la leche, respectivamente (Lindmark, 2008; Chauhan et al., 2021). Además, contiene cantidades nada despreciables de vitaminas liposolubles y β -caroteno (Hogan & O'Callaghan, 2020). La grasa o los lípidos de la leche están presentes como glóbulos de grasa microscópicos rodeados por una membrana biológica. Esta membrana del glóbulo graso es rica en proteínas, glicoproteínas, colesterol, esfingolípidos, glicerofosfolípidos y enzimas, entre otros. Además, es la responsable de mantener en emulsión la mayor parte de la grasa láctea, evita que los glóbulos se fusionen o agreguen, y la protege frente a las enzimas lipolíticas y procesos de oxidación lipídica (Hogan & O'Callaghan, 2020).

El total de proteínas de la leche se puede subdividir en dos grupos principales: caseínas y proteínas séricas. Las caseínas representan entre el 78 y 80% de las proteínas de la leche, está presente en forma de micelas formadas por asociaciones de 4 tipos diferentes de

caseínas denominadas α_{S1} -caseína (CN), α_{S2} -CN, β -CN y κ -CN, encontrándose en la leche de vaca aproximadamente en una proporción de 40:10:40:10, respectivamente. Las caseínas son, en general, de naturaleza hidrofóbica, pero la κ -CN contiene una porción hidrofílica conocida como glicomacropéptido, lo que hace que esta proteína tenga un papel estabilizador de las micelas de caseína (Qian et al., 2017). Para el procesamiento de la leche y la producción de queso y leches fermentadas es de especial interés el tamaño de las micelas de caseína, ya que las micelas de caseína nativas más pequeñas pueden mejorar las propiedades de gelificación (Glantz et al., 2010).

Las proteínas de la leche se consideran el núcleo de una amplia variedad de péptidos que, una vez liberados, se vuelven biológicamente activos con propiedades nutritivas y actividades de todo tipo, como inmunológicas, antioxidantes, anticancerígenas, antihipertensivas, con propiedades opioides, y antitrombóticas, entre otras (Patton & McNamara, 2021).

Las proteínas de suero representan aproximadamente entre un 20 y 22% del total de proteínas de leche e incluyen cuatro tipos principales: β -lactoglobulina (50%), α -lactoalbúmina (20%), seroalbúmina (10%) e inmunoglobulinas (20%) (Yasmin et al., 2019).

La lactosa es el carbohidrato mayoritario y exclusivo de la leche, conocida como el azúcar de la leche. Es un disacárido compuesto por glucosa y galactosa. Sin embargo, la leche contiene otros azúcares además de la lactosa, ya sea como componentes de glicoproteínas o como mono, di u oligosacáridos, e incluso azúcares ramificados, todos ellos considerados con gran importancia funcional para los recién nacidos (Shendurse & Khedkar, 2016). La lactosa contribuye al valor energético de la leche y es un importante ingrediente para la industria alimentaria y farmacéutica. A pesar de esto, la lactosa nunca se ha utilizado como un indicador en los índices de selección de la leche en las industrias, ni tampoco como un indicador para el sistema de pago de la leche (Costa et al., 2019).

La leche contiene las vitaminas liposolubles A, D, E y K en asociación con la fracción grasa, y vitaminas hidrosolubles del complejo B y C disueltas en la fase acuosa. Las vitaminas, sobre todo las hidrosolubles, son inestables y, por lo tanto, en el procesamiento de la leche, el contenido efectivo de vitaminas de la leche se puede reducir (Chauhan et al., 2021).

Parte de los minerales de la leche están asociados a las proteínas, a los fosfolípidos y una traza formando fosfatos de azúcar, pero la mayoría derivan de sales inorgánicas, especialmente cloruros, fosfatos, sulfatos y carbonatos de Na, K, Ca y Mg

(macroelementos) que las encontramos en las fases soluble y coloidal de la leche. Además, la leche contiene 30 elementos en concentraciones traza (microelementos). Los elementos inorgánicos son importantes para la nutrición, la estructura y las propiedades de muchas de las proteínas y la actividad de varias enzimas, aunque pueden también producir procesos de deterioro como la oxidación de lípidos (Fox, 2011).

El pH de la leche oscila entre 6,5 y 6,7 (Marouf & Sara, 2018) y sirve como indicador para identificar si la leche se encuentra deteriorada o proviene de animales con presencia de mastitis. Si el animal presenta un cuadro de mastitis, el pH de la leche puede aumentar o disminuir (Kandeel et al., 2019). Las reacciones enzimáticas y las de coagulación son afectadas por el pH de la leche, así al bajar el pH disminuye la estabilidad coloidal de la leche (De Marchi et al., 2009).

La densidad es un parámetro de interés para determinar la calidad de la leche, el cual sirve para identificar posibles alteraciones debido a la adición de agua, extracción de grasa u otro tipo de adulteración presente en la leche; en promedio la densidad de la leche es de 1,029-1,030 g/mL (Walstra et al., 2006; Herrera-Chávez et al., 2022).

En la industria láctea es importante conocer la acidez titulable de la leche, y es muy útil para identificar una leche de buena calidad higiénica-sanitaria, permitiendo conocer también la riqueza en la concentración de fosfatos y proteínas (Fox et al., 2015). La acidez titulable también influye en la tasa de sinéresis y determina la idoneidad de la leche para la elaboración de queso (De Marchi et al. 2009; Toffanin et al., 2015).

La capacidad tampón de la leche y de los productos lácteos es una significativa característica fisicoquímica, y tiene correspondencia con la capacidad que presenta un producto a acidificar o alcalinizar. La capacidad tampón está relacionada con la composición de la leche en compuestos ácido-básicos (Fox et al., 2015).

2.1.4. Calidad higiénica-sanitaria

La calidad higiénica hace referencia al nivel de higiene y ausencia de sustancias químicas en las fases de ordeño, almacenamiento, transporte y transformación de la leche (López & Barriga, 2016). La leche es un producto altamente perecible, siendo un medio ideal para el crecimiento y multiplicación de diversos microorganismos (Sarkar, 2015). La carga microbiana es un factor importante para determinar la calidad de la leche. Una mala calidad microbiológica de la leche cruda puede originarse por unas malas prácticas de higiene durante el ordeño (Ahmed & Abdellatif, 2013). La contaminación y posterior

crecimiento microbiano provoca cambios indeseables, lo cual afecta a la calidad de la leche.

Para mantener una buena calidad sanitaria de la leche es imprescindible mantener al ganado libre de enfermedades. En concreto, es necesario llevar un control exhaustivo de la mastitis subclínica, así como mantener el ganado libre de ella, así como de brucelosis, tuberculosis, etc. (López & Barriga, 2016). La mastitis es considerada como la enfermedad más común que se produce en las vacas lecheras originando considerables pérdidas económicas tanto para los productores lecheros como para la industria láctea (Geary et al., 2012). Para identificar la mastitis subclínica y definir los estándares de calidad se utiliza de forma rutinaria el recuento de células somáticas (macrófagos, neutrófilos polimorfonucleares, linfocitos y células epiteliales) por mililitro de leche. El número de células somáticas en la leche está influenciado por muchos factores, como la especie animal, el nivel de producción de leche, la etapa de lactación, factores ambientales, además de las prácticas de manejo. Un contenido elevado de células somáticas ($>10^5$ células/mL) está asociado con cambios en la composición de la leche, lo que resulta en una mala calidad de la misma, y de los productos lácteos derivados (Malik et al., 2018).

Entre los principales microorganismos patógenos que podrían estar presentes en la leche y los productos lácteos encontramos *Salmonella* spp, *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter* spp., *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Mycobacterium bovis*, *Brucella abortus* y *Brucella melitensis*. El recuento total de bacterias (mesófilos aerobios totales) constituye el principal indicador de la calidad sanitaria expresándose en unidades formadoras de colonia (Food & Authority, 2018; FAO, 2021).

Para la reducción, eliminación o inactivación de los microorganismos alterantes y patógenos presentes en la leche cruda se puede aplicar algunas técnicas de procesamiento como la termización, la pasteurización a baja temperatura y tiempo prolongado (LTLT; 63 °C, 30 min), la pasteurización a alta temperatura y corto tiempo (HTST; 72 °C, 15 s), la pasteurización alta (≥ 80 °C, ≥ 20 s), la ultrapasteurización (≥ 135 °C, 1-10 s) (Sarkar et al., 2015; Watts et al., 2016), o tratamientos alternativos a los térmicos como el ultravioleta (Pierson, 2007), el microondas (Tremonte et al., 2014), las altas presiones hidrostáticas (Trujillo et al., 2016), la homogeneización por ultra alta presión (Trujillo et al., 2016), y la aplicación de fluidos supercríticos en leche u otros productos lácteos (Sánchez Macías et al., 2014), entre otros. La aplicación de un tratamiento térmico a la

leche, como la pasteurización, reduce notablemente la amenaza microbiana, permitiendo preservar las cualidades nutricionales de la leche y de los productos derivados. Sin embargo, la falla en el tratamiento térmico adecuado ha resultado en retiros de productos y también brotes de enfermedades transmitidas por los alimentos (Lindsay et al., 2021). En la Tabla 2.2 se muestran ejemplos de tipos comunes de inactivación por calor en los procesos de fabricación de productos lácteos (Lindsay et al., 2021).

Para considerar una leche con calidad higiénica, además de cumplir con los criterios microbiológicos establecidos en las diferentes normativas de calidad según cada país, esta debe estar exenta de contaminación por antibióticos, antisépticos, pesticidas, metales, sustancias indeseables, y de todo fenómeno de lipólisis y proteólisis (alteración de las grasas y proteínas) provocado por dicha contaminación. La insuficiencia de calidad higiénica puede influir gravemente sobre las propiedades tecnológicas de la leche, principalmente en el caso de procesos industriales basados en la actividad bacteriana, como por ejemplo en la fabricación de queso, yogur, etc., pero también puede incidir sobre la salud del consumidor (Tochi et al., 2016; Chombo Morales & Ramírez Cerda, 2017).

2.1.5. Calidad sensorial

Las propiedades sensoriales son atributos de los alimentos que se detectan mediante los sentidos. La producción de leche de alta calidad es un requisito previo para mantener una industria láctea rentable (Malik et al., 2018). La alimentación, la variación estacional y la raza, son los factores que ocasionan variaciones en la composición y en las características sensoriales de la leche (Vanbergue et al., 2017). La leche presenta por lo general un color blanco amarillento, la intensidad del color tiene relación con el contenido de caseína, grasa o carotenos. Los carotenoides luteína y b-caroteno son aquellos que influyen significativamente en el color de la leche (Nozière et al., 2006). La leche tiene un sabor dulzón que depende principalmente de la lactosa. Además, tiene un olor característico fundamentalmente dado por el fosfato y caseinato de calcio (Fox et al., 2015).

De acuerdo con la literatura, los terpenos y los carotenoides que provienen de la alimentación de las vacas pueden afectar potencialmente el sabor de la leche directamente como compuestos aromáticos o indirectamente al actuar como precursores de otros compuestos aromáticos volátiles (Villanueva et al., 2013).

Tabla 2.2. Ejemplos de tratamientos comunes de inactivación por calor en los procesos de fabricación de productos lácteos (Lindsay et al., 2021).

Proceso	Temperatura (°C)	Tiempo	Ejemplos de aplicaciones	Microbiota inactivada
Termización	57-68	5 s - 30 min	Elaboración de algunos tipos de quesos	Algunas células vegetativas productoras de lipasa y proteinasa de psicrótrofos de descomposición (algunos patógenos pueden permanecer viables)
Pasteurización				
Baja temperatura y tiempo prolongado (LTLT)	63	30 min	Elaboración de algunos tipos de quesos	Patógenos que no forman esporas, bacterias psicrótrofas de descomposición, p. ej. Gram-negativas <i>Pseudomonas</i> y Enterobacteriaceae (no elimina esporas ni bacterias termodúricas, p. ej. <i>Streptococcus</i> , <i>Enterococcus</i>)
Alta temperatura y corto tiempo (HTST)	72	15-20 s	Leche pasteurizada, crema, queso, leche en polvo, leches recombinadas	Patógenos que no forman esporas, bacterias psicrótrofas de descomposición, p. ej. Gram-negativas <i>Pseudomonas</i> y Enterobacteriaceae (no elimina esporas ni bacterias termodúricas, p. ej. <i>Streptococcus</i> , <i>Enterococcus</i>)
HTST crema	>80	1-5 s	Crema	
Pasteurización por lotes				
Leche de yogur	90-95	15-30 min	Fabricación de iniciadores/elaboración de yogur	Todas las bacterias que no forman esporas y algunas psicrótrofas y esporas mesófilas (dependiendo del tratamiento térmico específico)
Leche de quesería	70 - >95	4-15 min	Procesamiento del queso	Todas las bacterias que no forman esporas y algunas psicrótrofas y esporas mesófilas (dependiendo del tratamiento térmico específico)
Leche de vida útil extendida o ultra-pasteurizada	125-140	1-10 s	Leche refrigerada de vida útil extendida	Todas las bacterias que no forman esporas y la mayoría de las psicrótrofas y esporas mesófilas
Esterilización en contenedor	110-120	10-20 min	Leche evaporada/condensada, para beber Leche con larga vida útil. nutricional bebidas lácteas	Todos los bacteriófagos, los no formadores de esporas y muchas esporas excepto las altamente resistentes al calor
UHT	135-150	1-10 s	Leche de consumo a temperatura ambiente con larga vida útil (6 – 9 meses)	Todas las bacterias que no forman esporas y todas las esporas, excepto las esporas altamente resistentes al calor de <i>G. sterothophilus</i> y <i>B. esporotermodurans</i> ; se produce unproducto comercialmente estéril

Los ácidos de cadena corta y media (C4:0–C10:0) presentes en la leche, tienen umbrales de sabor relativamente bajos, son de naturaleza volátil y aromática, lo cual podría influir directamente en el sabor de la leche (Kilcawley, 2017). El aroma de la leche está determinado por muchos compuestos volátiles, algunos son el resultado de conversiones menores de los constituyentes de la leche, por reacciones enzimáticas, procesos químicos (oxidativos o térmicos) y microbianos (Smith et al., 2016).

La pasteurización y el procesado a temperatura ultra alta se emplean universalmente para garantizar la calidad y seguridad de la leche. Sin embargo, existe ciertas limitaciones relacionadas con los tratamientos térmicos intensivos, como pérdidas nutricionales, modificaciones de color y cambios de sabor (Deshwal et al., 2021). El sabor, aspecto y olor pueden ser alterados en la leche por procesos como la fermentación, lipólisis y proteólisis, los mismos que pueden ser controlados con un adecuado manejo de los factores que están relacionados a estos procesos bioquímicos (Chombo Morales & Ramírez Cerda, 2017). En el caso de la leche, los principales descriptores sensoriales se muestran en la Tabla 2.3.

2.2. Pasteurización de la leche

Desde el siglo XIX, la pasteurización ha sido el método estándar utilizado para conservar la leche para consumo humano. Este procedimiento térmico inactiva microorganismos patógenos, previniendo la transmisión oral de enfermedades transmitidas por la leche. Además, la pasteurización aumenta la vida útil de la leche al inactivar la microbiota alterante mientras se mantienen casi íntegras las características y propiedades originales de la leche y los productos lácteos (Alegbeleye et al., 2018). Para la elaboración de productos lácteos, el tratamiento térmico es un proceso esencial, debido a la amenaza bacteriana para los consumidores, siendo los tratamientos más comunes utilizados en la industria láctea la pasteurización y el tratamiento a ultra alta temperatura (UHT) que es un tratamiento de esterilización (Ma et al., 2019).

La pasteurización es un proceso suave, que puede conservar mejor el valor nutricional en comparación al tratamiento UHT (Martin et al., 2018). De acuerdo con Lucey (2015), la pasteurización no provoca ningún cambio en la calidad de la proteína, si bien puede producir desnaturalización de las proteínas de suero (<7%), pero la desnaturalización de proteínas no tiene impacto en su calidad nutricional.

Tabla 2.3. Descriptores utilizados para describir el perfil sensorial de la leche (Citalan Cifuentes et al., 2016).

Características sensoriales	Descriptor	Definición	Términos de calificación
Apariencia	Apariencia	Relativo al color aspecto y consistencia característicos de la leche entera	Pobre-Óptima
	Color	Color opalescente, blanco o blanco amarillento característico de la leche entera de vaca.	Pobre-Óptimo
Olor	Olor característico	Olor característico de la leche entera de vaca	Nulo-intenso
	Olor extraño	Olor no característico de la leche entera	Nulo-intenso
	Olor frutal	Olor a frutas	Nulo-intenso
	Olor Agrío o fermentado	Relacionado con un olor amargo, a queso y ligeramente butírico	Nulo-intenso
Sabor	Sabor característico	Término general asociado a las notas propias de los productos lácteos elaborados con leche entera de vaca	Pobre – óptimo
	A leche entera	Relacionado con el sabor de la leche comercial envasada de vaca	Pobre – óptimo
	A leche de vaca	Relacionado con la leche fresca recién ordeñada de vaca	Pobre – óptimo
	Sabor extraño	Sabor no característico de la leche	Nulo-intenso
	Sabor dulce	Relacionado con la sensación o gusto básico correspondiente a la sacarosa disuelta en agua	Nulo-intenso
	A medicina	Sabor a producto químico	Nulo-intenso
	Metálico	Sensación química en la lengua, asociada con el hierro, cobre y/o cucharadas de plata	Nulo-intenso
	Rancio	Sabor oxidado	Nulo-intenso
	A falta de frescura	Asociado a material de envase.	Nulo-intenso
	Amargo	Relativo a notas asociadas a leche fermentada o proteínas descompuestas	Nulo-intenso
	A heno o forraje	Sabor a ensilado, alfalfa seca, granos secos o alimento para ganado	Nulo-intenso
A leche cocida	Relativo a las notas de la leche hervida	Nulo-intenso	
A grasa de leche	Aromáticos asociados con la grasa láctea	Nulo-intenso	
Textura en la boca (consistencia)	Normal	Relacionada con el movimiento y del producto sobre la lengua y la percepción en la boca como resultado del contenido de grasa y sólidos disueltos.	Pobre-óptima
	Espesa	Relacionada con la percepción de un alto contenido de grasa y sólidos disueltos que disminuye la fluidez del producto sobre la lengua y en la boca.	Nula-extrema
	Fluida o acuosa	Relacionada con una mayor fluidez o movimiento del producto en la boca como resultados de una consistencia aguda y desabrida producto de un menor contenido de sólidos disueltos y grasa en el producto.	Nula-extrema

Además, la pasteurización no provoca ningún cambio en las concentraciones de minerales, ya que estos son muy estables al calor, pero sí produce una migración de calcio y fósforo desde la fase coloidal a la soluble, con una intensidad proporcional a las condiciones de temperatura y tiempo aplicadas. La pasteurización puede causar pérdidas muy pequeñas (<10%) de vitamina C, folato (vitamina B9), vitamina B12, vitamina B6 y tiamina (vitamina B1).

La leche pasteurizada y la leche UHT mantienen el contenido de proteína y lactosa similar a la leche cruda, pero producen ligeros cambios en la composición de la leche, disminuyendo la grasa y los sólidos totales, y aumentando la concentración de urea (Pestana et al., 2015). La aplicación de estos tratamientos térmicos no cambia significativamente la composición y perfil de ácidos grasos de la leche cruda con respecto a sus potenciales propiedades nutritivas y los beneficios para la salud humana (Claeys et al., 2014).

Para el proceso de pasteurización existen combinaciones de tiempo y temperatura que se consideran tratamientos equivalentes (Tabla 2.4.).

Tabla 2.4. Combinaciones de tiempo y temperatura de pasteurización aplicadas a la leche (Lucey, 2015).

Temperatura (°C)	Tiempo
63	30 min
72	15 s
89	1,0 s
90	0,5 s
94	0,1 s
96	0,05 s
100	0,01 s

Dependiendo de las combinaciones de temperatura y tiempo, y del sistema de pasteurización utilizado (discontinuo o en *batch* y continuo), se pueden describir diferentes tipos de tratamiento de pasteurización (Watts, 2016): (1) Pasteurización a baja temperatura por largo tiempo (LTLT-Long temperature long time). Expone la leche a temperatura de 63 °C durante 30 min, con posterior enfriamiento durante 30 min; (2) Pasteurización a alta temperatura durante un periodo de tiempo corto (HTST- High Temperature/Short Time). En este tratamiento se expone al alimento a temperaturas superiores a los 72 °C durante un periodo breve de tiempo de alrededor de 15 s. Los tratamientos 1 y 2 son considerados de pasteurización baja; (3) Pasteurización alta, donde se expone al alimento a temperaturas ≥ 80 °C durante ≥ 20 s; y (4) Ultrapasteurización,

donde se expone a la leche a una temperatura < 135 °C por un período de 1-10 s, siendo este un tratamiento específico de pasteurización alta. La aplicación de un tratamiento térmico tiene como finalidad reducir la población microbiana para inactivar las enzimas y minimizar las reacciones químicas y los cambios físicos (Lewis & Deeth, 2009).

2.3. Calostro y su calidad

2.3.1. Calostro

El calostro es la secreción obtenida de la glándula mamaria después del parto, y proporciona los nutrientes y la inmunidad pasiva al recién nacido. Esta secreción proporciona factores inmunitarios al neonato durante las primeras horas de vida hasta que pueda desarrollar sus propios anticuerpos. La composición del calostro se diferencia de la leche madura por presentar mayor concentración de sólidos, proteínas (sobre todo inmunoglobulinas), grasas, péptidos con actividad antimicrobiana, factores de crecimiento, entre otros, fundamentales para la sobrevivencia, así como para el buen desempeño productivo del animal (Playford & Weiser, 2021; Puppel et al., 2019).

Las propiedades físicas y fisicoquímicas del calostro son sustancialmente diferentes de las de la leche madura (McGrath et al., 2016). De hecho, las características fisicoquímicas del calostro pueden cambiar de forma notable desde la primera semana posparto (Tsioulpas et al., 2007). El calostro contiene un alto contenido de proteínas, principalmente niveles altos de inmunoglobulinas y caseína, lo cual puede originar problemas en procesos industriales, como por ejemplo una pobre estabilidad en el proceso de pasteurización (McMartin et al., 2006). La presencia de calostro hasta en un 10% puede modificar la composición y las características fisicoquímicas de la leche, lo que podría afectar la capacidad de la leche para ser procesada en la industria quesera (Herrera-Chávez et al., 2022).

2.3.2. Calidad composicional del calostro

La composición del calostro difiere notablemente de la leche (Tabla 2.6.), ya que contiene más de 250 compuestos químicos activos diferentes, lo que refleja una diferencia en la función biológica de las dos secreciones (McGrath et al., 2016).

El calostro se diferencia significativamente de la leche en cuanto a las proporciones de los ingredientes principales, tanto las fracciones proteicas como las grasas (más rico en minerales y proteínas, pero con menos carbohidratos y lípidos) (Christiansen et al., 2010).

Tabla 2.5. Cambios en la composición, pH y acidez titulable (AT) del calostro, leche de transición y leche de vaca Holstein durante los primeros 90 d de lactación (Tsioulpas et al. 2007).

Tiempo (d)	pH	AT (% ácido láctico)	Grasa (%)	Proteína (%)	Lactosa (%)	Cenizas (%)
1	6,17	0,46	3,55	16,12	2,69	1,18
2	6,28	0,28	3,49	5,43	3,04	1,00
3	6,28	0,25	4,50	4,54	3,52	0,93
4	6,38	0,23	4,26	4,41	3,82	0,92
5	6,49	0,20	3,89	4,23	4,15	0,87
15	6,58	0,18	3,66	4,01	4,32	0,83
30	6,64	0,14	3,72	3,08	4,54	0,80
60	6,71	0,14	3,95	2,94	4,61	0,76
90	6,70	0,16	3,51	3,20	4,70	0,79

El calostro contiene un mayor contenido de proteínas totales que la leche madura, principalmente un alto contenido de caseínas e inmunoglobulinas IgG, IgA e IgM (Smolenski et al., 2007; Playford & Weiser 2021). También hay un grupo diferente de proteínas, las cuales son muy importantes por las propiedades bacteriostáticas y germicidas del calostro, y que consisten en agentes antimicrobianos no específicos como lisozima, lactoferrina y lactoperoxidasa (Wasowska & Puppel, 2018).

El calostro contiene aproximadamente entre 3,6 y 8% de grasa, un contenido mayor que el de la leche, en forma de glóbulos de grasa (El-Fattah et al., 2012; El-Loly et al., 2021). La fracción lipídica contiene múltiples componentes de potencial relevancia para la salud, incluidos los ácidos grasos poliinsaturados ω -3 y ω -6, el ácido linoleico conjugado, los ácidos grasos de cadena corta, los gangliósidos y los fosfolípidos (Playford & Weiser, 2021).

Los carbohidratos en el calostro incluyen lactosa, oligosacáridos, glicolípidos, glicoproteínas y azúcares de nucleótidos. La lactosa es el principal carbohidrato presente en el calostro y comprende aproximadamente 1,75-2,5% (Kehoe et al., 2007; El-Loly et al., 2021).

El calostro es rico en varios minerales esenciales como calcio, cobre, hierro, zinc, magnesio, manganeso y fósforo (Godden et al., 2019). De acuerdo con Tsioulpas et al. (2007), el calostro presenta altas concentraciones de calcio y fosfato, y según Kehoe et al. (2007), este presenta concentraciones medias de calcio y fósforo de aproximadamente 4 y 5 veces mayores, respectivamente que las concentraciones encontradas en la leche.

De acuerdo con Godden et al. (2019), el calostro contiene vitaminas liposolubles (A, D y E) e hidrosolubles (serie B), siendo la concentración, en la mayoría de las vitaminas, más alta en el calostro que en la leche madura, especialmente las vitaminas B₂, B₁₂, E y D.

Tabla 2.6. Concentraciones de macronutrientes, micronutrientes, inmunoglobulinas y péptidos antimicrobianos generales presentes en el calostro y en la leche madura (Godden et al., 2019).

Componente	Calostro	Leche madura
Sólidos totales (%)	24-28	12,9
Grasa (%)	6-7	3,6-4,0
Proteína (%)	14-16	3,1-3,2
Caseína (%)	4,8	2,5-2,6
Albúmina (%)	6,0	0,4-0,5
Inmunoglobulinas totales (mg/mL)	42-90	0,4-0,9
Lactosa (%)	2-3	4,7-5,0
Minerales		
Calcio (g/kg)	2,6-4,7	1,2-1,3
Fósforo (g/kg)	4,5	0,9-1,2
Potasio (g/kg)	1,4-2,8	1,5-1,7
Sodio (g/kg)	0,7-1,1	0,4
Magnesio (g/kg)	0,4-0,7	0,1
Zinc (mg/kg)	11,6-38,1	3,0-6,0
Vitaminas		
Tiamina (B ₁) (μg/mL)	0,58-0,90	0,4-0,5
Riboflavina (B ₂) (μg/mL)	4,55-4,83	1,5-1,7
Cobalamina (B ₁₂)	0,05-0,60	0,004-0,006
Vitamina A (μ/100 mL)	25	34
Vitamina D (IU/g de grasa)	0,89-1,81	0,41
Vitamina E (μg/g de grasa)	84	15
Inmunoglobulinas		
IgG1 (g/L)	34,0-87,0	0,31-0,40
IgG2 (g/L)	1,6-6,0	0,03-0,08
IgA (g/L)	3,2-6,2	0,04-0,06
IgM(g/L)	3,7-6,1	0,03-0,06
Antimicrobianos		
Lactoferrina (g/L)	1,5-5	0,02-0,75
Lactoperoxidasa (mg/L)	11-45	13-30
Lisozima (mg/L)	0,14-0,7	0,07-0,6

2.3.3. Calidad tecnológica del calostro

La calidad del calostro varía, y esa variabilidad está determinada tanto por los individuos como por factores ambientales, número de parto, alimentación, estación del año, raza, duración del período seco, estado de salud y retraso en la recolección de calostro (Ferdowski et al., 2010; Wasowska & Puppel, 2018). El pH del calostro al momento del parto varía de 6,0 -6,61, es bajo inicialmente y aumenta con el tiempo hasta alcanzar un pH de 6,5 después de 2 semanas (Tsioulpas et al., 2007; Jeong et al., 2009). La acidez del calostro es de 2 a 2,5 veces más elevada que la de la leche (1,046-1,056) (Tsioulpas et al. 2007; Godden et al., 2019). Según Herrera-Chávez et al. (2022), la capacidad tampón significativamente mayor del calostro en comparación con la leche madura, y el color del calostro es diferente con relación a la leche madura debido a la presencia de altas concentraciones de β -caroteno.

Uno de los parámetros indicadores de calidad del calostro es medida de acuerdo con la concentración de inmunoglobulinas (Ig), existiendo en el calostro distintos tipos de Igs como IgG, IgM y IgA (Costa et al., 2021). El nivel de Igs en el calostro se puede evaluar utilizando varios métodos (Bartens et al., 2016). El método de inmunodifusión radial y la evaluación con calostrómetro se consideran métodos estándar. El método más fácil, pero menos preciso, para determinar la calidad del calostro es la medida de su densidad, ya que esta se correlaciona con el contenido de Igs, y se realiza mediante un dispositivo que es el calostrómetro. Este dispositivo incluye una escala de varios colores, los cuales indican los niveles específicos de calidad del calostro. El color verde indica un calostro de buena calidad, el color amarillo para un calostro promedio y el color rojo para un calostro de mala calidad (Puppel et al., 2019).

El índice de refracción de la luz procesado a través de la escala Brix con el uso de dispositivos ópticos y electrónicos ha sido catalogado como un indicador valioso que diferencia los calostros de buena y mala calidad, y es por ello que algunos autores indican que el método refractométrico es más preciso que la utilización del calostrómetro. Se ha descrito que la evaluación del índice de refracción usando una escala Brix con un refractómetro, está altamente correlacionada con la concentración de IgG en el calostro (Buczinski & Vandeweerd, 2016). Uno de los métodos más precisos para la medición de las concentraciones de IgG en el calostro es el ensayo inmunoabsorbente ligado a enzimas (ELISA), la misma que es considerada como una prueba basada en anticuerpos, la cual es altamente sensible y confiable, lo que permite minimizar el uso de técnicas sofisticadas, costosas y lentas (Sengupta et al., 2021).

2.3.4. Calidad higiénico-sanitaria del calostro

Los principales microorganismos patógenos que podrían encontrarse en el calostro incluyen *Mycobacterium avium* subsp. *paratuberculosis*, *Salmonella* spp., *Mycoplasma* spp., *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter* spp., *Mycobacterium bovis* y *Escherichia coli* (Elizondo et al., 2008). Estos patógenos pueden tener su origen en la glándula mamaria o por contaminación del calostro durante la recolección, procesos de manipulación y almacenamiento (Stewart et al., 2005). El calostro presenta un recuento microbiano más alto que la leche madura (Godden et al., 2019). Así Herrera-Chávez et al. (2022) observaron un recuento total en placa de 5,46 log ufc/mL en el calostro crudo, muy superior al encontrado en la leche cruda (3,67 ufc/mL).

Como se ha comentado anteriormente, el tratamiento térmico de la leche y los productos lácteos tiene como objetivo principal eliminar microorganismos e inactivar enzimas (McGrath et al., 2016). De acuerdo con Mann et al. (2020), calentar el calostro a 60 °C durante 60 min permite reducir el nivel de las bacterias viables, pero también disminuye la abundancia de ciertos factores inmunológicos y de crecimiento. En otros estudios encontraron que someter al calostro caprino a tratamientos térmicos de 56 °C durante 1 h y 63 °C durante 30 min podrían ayudarnos a obtener calostros higiénicos de buena calidad microbiológica preservando la concentración de Ig (Trujillo et al., 2016). Otros autores observaron que el tratamiento a 60 °C durante 30 minutos resultó en una reducción de aproximadamente 2 log del contenido bacteriano (Elizondo et al., 2010). Por otro lado, al calentar el calostro a 60 °C se reduce la concentración de Ig en un 9% cuando se calienta durante 30 min y en un 12% cuando se calienta durante 60 min (Saldana et al., 2019).

Con respecto a la microbiología del calostro se ha observado que, si la recolección, almacenamiento y administración del calostro no se hace en las condiciones adecuadas, se propagan patógenos, provocando el efecto contrario al deseado, produciendo infección en neonatos sin una defensa inmunitaria eficaz (Mohanta et al., 2007). Al extremar las condiciones de higiene durante la recolección del calostro, se precisa conocer el estado sanitario de la vaca, ya que nunca se debe recolectar calostro de vacas positivas a paratuberculosis o que muestren signos de enfermedad postparto. Por otra parte, se precisa una limpieza de la ubre de la vaca y llevar a cabo una rutina de desinfección efectiva del pezón para minimizar el riesgo de la presencia de bacterias, así como cuidar las propias manos de la persona, pues puede ser un trasmisor de patógenos (Godden, 2008). Para una conservación duradera del calostro el método más utilizado es el de la congelación a una temperatura mínima de -18 a -20 °C (Puppel et al., 2019).

2.3.5. Usos del calostro

La utilización de calostro para alimentar a los recién nacidos tiene como objetivo poder otorgar inmunidad pasiva, debido a que el calostro es un alimento con abundante composición en agentes inmunológicos, lo que permite garantizar la protección y ayuda al desarrollo del sistema gastrointestinal del neonato (Nikolic et al., 2017). El calostro es una rica fuente de macro y micronutrientes, moduladores inmunes (incluyendo la IgG), factores de crecimiento y otras moléculas bioactivas, por lo que puede ser utilizado para uso clínico y veterinario. Además, el calostro tiene varias ventajas sobre los suplementos de un solo ingrediente, y se lo considera como un "superalimento" completo para la alimentación de personas de cualquier edad (Playford & Weiser, 2021). Entre los beneficios para humanos, se encuentra especialmente indicado para aquellas personas activas en el rendimiento atlético y para aquellas que desean prevenir o tratar enfermedades gastrointestinales, respiratorias, inflamatorias y del desarrollo óseo (Sangild et al., 2021). Los productos de calostro disponibles en los mercados de EE. UU. incluye calostro en polvo entero crudo, calostro crudo en polvo descremado, y concentrado de proteína de calostro (Anderson et al., 2019).

2.4. Queso

2.4.1. Producción y consumo de queso

El comercio internacional de productos de queso alcanzó los 2,8 millones de toneladas en 2020, con un crecimiento aproximado del 4,1% en comparación al año anterior. Este incremento está respaldado por la sólida y continua demanda de importación de varios países, especialmente Rusia, Irak, China y la República de Corea. Por otro lado, las importaciones han decrecido en los Estados Unidos de América, Japón y México (FAO, 2021).

Se prevé que la Unión Europea tendrá un 46% de las exportaciones mundiales de queso para el 2030, seguido de Estados Unidos y Nueva Zelanda. Por otro lado, se prevé que para el 2030 los cinco principales importadores de queso serán Rusia, Japón, Arabia Saudita y la Unión Europea, con lo cual se espera que exista más opciones de quesos disponibles para los consumidores (OCDE-FAO, 2021).

En el año 2020, Ecuador produjo 36.261 t de queso. El consumo promedio por hogar fue de 2,5 kg por hogar, y el 81,5% del mercado de quesos corresponde a la variedad de queso fresco. El mercado ecuatoriano de quesos es bastante complejo existiendo alrededor de

300 marcas en este mercado, con prestigiosas empresas que lideran el mercado, con muchos años de tradición y presencia en el mercado (ICEX, 2021).

2.4.2. Características generales y específicas del queso fresco

De acuerdo al *Codex Alimentarius* de la FAO/OMS (2011), “el queso es un producto sólido o semisólido madurado o fresco, cuya relación entre las proteínas del suero y la caseína no supera al de la leche, y que es obtenido por coagulación total o parcial de la proteína de la leche por medio de la acción del cuajo u otros agentes coagulantes adecuados, y por escurrimiento que se desprende como consecuencia de la mencionada coagulación”. El queso es el grupo más diverso de los productos lácteos, presenta cambios biológicos y bioquímicos dinámicos y en consecuencia son inherentemente inestables. A lo largo de la fabricación y la maduración del queso ocurren una serie de eventos bioquímicos consecutivos y concomitantes que, sincronizados y equilibrados, conducen a productos con aromas y sabores deseables, pero cuando están desequilibrados resultan en malos sabores y olores (Fox & Mcsweeney, 2017). Las características nutritivas, funcionales, texturales y sensoriales difieren entre cada tipo de queso. Se estiman más de 2000 variedades de queso entre madurados, semi-madurados y frescos (Gunasekaran & Ak, 2002).

Se entiende por queso fresco el que está dispuesto para el consumo al finalizar el proceso de fabricación (BOE, 2006). El queso fresco es un queso suave, desmenuzable, de color blanco a crema, descrito como que tiene un sabor suave a leche fresca y un sabor ligeramente salado (Van Hekken & Farkye, 2003). Según la norma INEN NTE 1528 (2012), de Ecuador, se define como queso fresco “al queso no madurado, ni escaldado, moldeado, de textura relativamente firme, levemente granular, preparado con leche entera, semidescremada, coagulada con enzimas y/o ácidos orgánicos, generalmente sin cultivos lácticos. También se designa como “queso blanco”.

Por lo general, en la fabricación de quesos frescos no se utilizan fermentos lácticos, y la leche se pasteuriza entre 70 y 80 °C por el lapso de 15 a 40 s. La aplicación de temperaturas más altas tiene efectos adversos en la formación de la cuajada, tiempos de coagulación más largos y geles más débiles (Singh & Waungana, 2001), y en la sinéresis de la cuajada, reteniendo un mayor contenido de humedad (Rynne et al., 2004). Finalizada la pasteurización se añade a la leche CaCl_2 con el objetivo de mejorar los procesos de coagulación, y después se adiciona las soluciones coagulantes y la sal. La sal puede añadirse directamente a la leche antes del proceso de coagulación, aunque

también se puede añadir junto con el suero o posteriormente al completar el drenaje del suero, directamente a la cuajada o en salmuera (Hnosko et al., 2009). Este proceso evita la proliferación de los microorganismos, controla la actividad enzimática y resalta el sabor del queso (Guinee & Fox, 2017). La temperatura y el tiempo de coagulación oscilan entre 28 y 32 °C y entre 15 y 45 min según las características y dosis del coagulante utilizado. Dado que generalmente no se utilizan iniciadores lácticos, la coagulación es de tipo enteramente enzimática al pH natural de la leche (Zamora, 2009). Los procedimientos de fabricación posteriores a la coagulación tienen como objetivo la reducción del contenido de agua de la cuajada y la formación de granos. En condiciones de reposo, un gel de leche coagulada con cuajo muestra sinéresis, es decir, expulsa suero, porque el gel (cuajada) se contrae (Dejmek & Walstra, 2004). La adición de CaCl_2 provoca una ligera disminución del pH, lo que resulta en una mayor tasa de sinéresis. Cortar la cuajada en pedazos crea una superficie libre a través de la cual puede ocurrir la sinéresis. La sinéresis no solo se mejora aumentando la cantidad de superficie libre cortando en granos o coágulos pequeños, sino también por el hecho de que los granos pequeños de cuajada se encogen más que los grandes (Zamora, 2009). Por lo general para el moldeado del queso fresco, se realiza vertiendo los granos obtenidos directamente en moldes para adquirir forma y tamaño según el formato, y finalmente los quesos son prensados directamente por gravedad y volteo, o bien reciben, en el mismo molde, un proceso ligero de prensa, y deben ser almacenados a < 8 °C (Farkye, 2004).

2.4.3. Composición del queso

El queso es una excelente fuente de proteínas, grasas y minerales como calcio, hierro y fósforo, vitaminas y aminoácidos esenciales y, en consecuencia, es un alimento importante en la dieta humana (Van Hekken & Farkye, 2003). La composición del queso depende en gran medida de la composición de la leche y del proceso de fabricación (Farkye, 2004). Además, la composición del queso también puede depender del tipo de tecnología aplicada por parte del fabricante y puede tener una amplia variabilidad de acuerdo con la variedad de queso, como se indica en la Tabla 2.7. En Ecuador la norma INEN NTE 1528 (2012), indica la clasificación de quesos frescos en cuanto a su composición química y características físicas del producto. Así, se pueden designar los quesos de la siguiente manera: (1) De acuerdo con el contenido de humedad: duro, semiduro, semiblando y blando; y (2) De acuerdo con el contenido de grasa: rico en

grasa, entero o graso, semidescremado o bajo en grasa, descremado o magro. Por lo general los quesos frescos presentan un pH de 5,3-6,5, un 41-59% de humedad, 18-29% de grasa, 17-21% de proteína y de 1-3% de sal (Hnosko et al., 2009).

Tabla 2.7. Composición de algunas variedades de quesos (% por peso) (Gutiérrez Méndez et al., 2013; O'Brien & O'Connor, 2004; Mehta, 2015).

Queso	Agua	Proteína	Grasa
Fresco	46-57	17-21	18-29
Fresco Italiano	49	28	16
Chihuahua	33-45	22-28	21-36
Blanco (ácido)	55	19,7	20,4
Ricotta	72,1-72,2	9,4-11,2	11,0-12,7
Cottage	79,1-79,8	13,8-17,3	0,42-3,9
Mozarella	49,8-54,1	19,4-25,1	21,0-21,6
Cheddar	36,0-36,7	24,9-25,5	33,1-34,4
Camembert	50,7-51,8	19,8-20,9	23,7-24,3
Gouda	40,1-41,5	24,0-25,0	27,4-31,0

2.4.4. Calidad del queso

Las propiedades fisicoquímicas, reológicas, microbiológicas y sensoriales de los quesos dependen considerablemente de la calidad composicional de la leche empleada en su elaboración (ver sección 2.1.4), así como del procesado de la leche para la elaboración de queso y las condiciones de elaboración utilizadas (Farkye, 2004; Kelly et al., 2008).

La composición química de la leche, especialmente las concentraciones de caseína, grasa, calcio y pH, tiene una gran influencia en varios aspectos de la fabricación del queso, especialmente en la coagulabilidad del cuajo, fuerza de gel, sinéresis de la cuajada, por lo que puede repercutir en la composición propiedades sensoriales y rendimiento del queso (Coulon et al., 2004; Fox et al., 2017; Tilocca et al., 2020). El método utilizado para coagular la leche para la elaboración del queso influye en la estructura general, las características y la firmeza del queso. Los dos métodos básicos para la coagulación de la leche para la fabricación de queso son: (1) la enzimática por acción del cuajo u otras proteasas similares, (2) la ácida por uso de bacterias lácticas o la inclusión de ácidos, y (3) la mixta, una combinación de los dos métodos anteriores. En general, los quesos coagulados vía ácida son blandos, mientras que los quesos coagulados con cuajo o enzimas similares son más firmes (Farkye, 2004).

Existen diferentes metodologías de evaluación de calidad del queso, incluido el queso

de tipo fresco. Dentro de las determinaciones analíticas aplicadas en el queso encontramos: (1) las fisicoquímicas que incluyen las de composición como el pH, y los contenidos en sólidos totales, grasa y proteína, las determinaciones instrumentales de color y textura, y las relativas al seguimiento de procesos bioquímicos como la proteólisis o la lipólisis, que en el caso del fresco son procesos indeseables; (2) las microbiológicas orientadas a detectar posibles patógenos y realizar recuentos totales o de grupos microbiológicos específicos; y (3) las sensoriales, que pueden incluir comúnmente la evaluación de los parámetros sensoriales más característicos de la variedad de queso a través de un panel de catadores entrenados o familiarizados con el producto, y una evaluación de aceptación del queso por catadores no entrenados, según la finalidad del análisis sensorial en el estudio a realizar.

En la actualidad existe un gran interés constante en la búsqueda de estrategias más novedosas y sofisticadas para el pretratamiento de la leche en la elaboración de queso con el objetivo de mejorar sus características de calidad, como por ejemplo el uso de tecnologías de procesamiento alternativas al tratamiento térmico (filtración por membrana, tratamiento de alta presión, homogeneización, tratamientos térmicos más severos que la pasteurización) o la adición de fuentes de proteínas o sólidos lácteos (leche en polvo, productos de proteína de suero) o enzimas (Kelly et al., 2008).

La pasteurización de la leche para la elaboración de queso se realiza normalmente mediante un intercambiador de calor de placas continuas a 72-74 °C durante 15 a 30 s (HTST) (alta temperatura/proceso corto tiempo), y en plantas más pequeñas, por lo general se utiliza el tratamiento a baja temperatura/proceso de larga duración (LTLT) (calentamiento por lotes a 63–65 °C durante 30 min) (Panthi et al., 2017). Como ocurre con todos los productos lácteos, el principal objetivo de la pasteurización de la leche de quesería es garantizar la inocuidad mediante la inactivación de posibles microorganismos patógenos que pueden estar presentes en la leche cruda (Verraes et al., 2015). La pasteurización también revierte algunos fenómenos que pueden ocurrir durante el almacenamiento en frío de la leche y que de otro modo podría dificultar la elaboración del queso, por ejemplo, la solubilización del fosfato cálcico coloidal y disociación de caseínas (Maciel et al., 2015).

El uso de leche con alto recuento de células somáticas (SCC) puede producir quesos con características alteradas. Generalmente, en la fabricación de queso, existe una relación directa entre la calidad, idoneidad de la leche y su SCC (Panthi et al., 2017). Por ejemplo, el uso de leche con alto SCC puede afectar negativamente la coagulación, la maduración,

el rendimiento final, la composición química, la textura general y el desarrollo de sabores desagradables del queso. Aquí, vale la pena enfatizar que varios informes han mostrado resultados contradictorios significativos sobre la función real de los SCC en el proceso de elaboración del queso (Leitner et al., 2016).

La transmisión de patógenos bacterianos durante la elaboración, la maduración y el almacenamiento del queso se puede atribuir a eventos de contaminación directa o cruzada durante el procesado, en entornos minoristas y domésticos (Jordan et al., 2018). Si bien la leche cruda se considera la principal fuente de contaminación de los quesos la capacidad de los patógenos para formar biopelículas y persistir en las superficies en contacto con los alimentos se ha relacionado con la contaminación cruzada durante la producción (Schön et al., 2016). En las manos de los trabajadores y en las superficies de los vehículos para plantas de procesado que tienen contacto con el queso, se han identificado *Staphylococcus aureus* (Carrascosa et al., 2016). También se han observado contaminaciones de puntos críticos en la interfaz entre la recepción de materias primas y las áreas de procesamiento industrial, mientras que para algunos patógenos como *Listeria monocytogenes*, la contaminación también podría diseminarse en toda la planta de procesamiento, incluidos los desagües del piso (Dzieciol et al., 2016).

Por lo general los defectos microbianos que aparecen en el queso son el desarrollo de gases de manera tardía o temprana, pero estos problemas pueden solucionarse con una mejor higiene en la producción de leche y mejor control de calidad en las plantas de elaboración de queso. La formación temprana de gas generalmente ocurre dentro de 1 o 2 días después de la fabricación. Se caracteriza por la aparición de muchos pequeños gases agujeros en el interior del queso y es causado por bacterias coliformes y/o levaduras. El gas producido por los coliformes es principalmente H₂, mientras que el producido por levaduras es CO₂, aunque ambos se producen a partir de la lactosa. La producción temprana de gas es más problemática en los quesos blandos y semiblandos que en los quesos duros debido a la mayor a_w de los quesos blandos (Hayaloglu, 2016). Como se ha comentado anteriormente, los quesos frescos pertenecen a un grupo de quesos blandos sin madurar que son muy populares entre los consumidores. Sin embargo, debido a su composición y propiedades específicas, estos quesos tienen una vida útil limitada y condicionada a mantenerse a bajas temperaturas de 0-8 °C (Barukčić et al., 2020). La humedad superficial del queso fresco contiene a menudo ácido láctico, péptidos y aminoácidos, que favorecen el rápido crecimiento de las levaduras, especialmente en presencia de oxígeno. Ciertas levaduras pueden crecer incluso a concentraciones de

oxígeno más bajas, características para el envasado al vacío. Además, las bacterias patógenas como los estafilococos coagulasa positivos (*S. aureus*) o las bacterias psicrotróficas Gram negativas como las *Enterobacteriaceae* pueden crecer y limitar la vida útil del queso fresco (Samaržija et al., 2012). Según la literatura, los principales métodos para la extensión de la vida útil del queso incluyen la adición de conservantes, la inclusión de atmósferas modificadas, la aplicación de alta presión hidrostática, el uso de recubrimientos activos y/o comestibles y la combinación entre ellos (Jalilzadeh et al., 2015).

Una de las características físicas más importantes en quesos es la textura, ya que es considerada como un parámetro de calidad cuyas características son decisivas para los consumidores y fabricantes. Bourne (2022) define la textura como un factor muy importante que determina la calidad de un alimento. Particularmente, en el queso, la textura es uno de los atributos más importantes que ayudan a determinar la identidad y tipo de queso. La textura “es un conjunto de propiedades mecánicas, geométricas y de superficie en un producto perceptibles por los mecano-receptores, los receptores táctiles y en ciertos casos los visuales y auditivos”. Las propiedades mecánicas son aquellas relacionadas con la reacción del producto a una fuerza y están divididas en cinco características primarias: dureza, cohesividad, viscosidad, elasticidad y adhesividad (UNE-EN ISO 5492:2010, 2010). Las propiedades geométricas son aquellas que se relacionan con la forma, tamaño y orientación de las partículas dentro del alimento y las propiedades de superficie se relacionan con la percepción de humedad o contenido de grasa (Szczeniak, 2002).

Hoy en día, uno de los equipos más usado para determinar los parámetros requeridos de textura es el texturómetro, que recopila la mayoría de las pruebas en un solo aparato y porque puede desarrollar técnicas de simulación (Khan & Rahman, 2021).

Las características organolépticas de un tipo específico de queso, incluida la textura, el aroma y el sabor, dependen de sus compuestos y moléculas constituyentes, por ejemplo, compuestos volátiles, aminoácidos libres, fenoles, etc. Para entender los aspectos que diferencian los quesos, se puede utilizar un método de gran valor como es el análisis sensorial, el cual comprende una variedad de herramientas poderosas y sensibles para medir las respuestas a los alimentos y otros productos (Drake, 2007). Para definir la calidad sensorial pueden ser usadas las características de textura, color, sabor, aroma y la apariencia visual (DiMonaco et al., 2014; Chen & Opara, 2013). Existen tres tipos de pruebas que evalúan la calidad sensorial: pruebas hedónicas/afectivas, cuyo objetivo es determinar si los consumidores aceptan o no un producto,

las pruebas de discriminación y las pruebas descriptivas, que son pruebas analíticas que utilizan a los humanos como instrumentos para medir y cuantificar las propiedades sensoriales de los alimentos. Las pruebas analíticas más empleadas para la evaluación de quesos son las descriptivas, ya que constituyen una herramienta para diferenciar cualitativa y cuantitativamente diversos tipos de quesos. Para realizar un análisis sensorial descriptivo es necesario: (1) selección de un panel, (2) entrenamiento en base a los descriptores del perfil sensorial del producto en estudio, y (3) definir la escala de evaluación, usualmente numéricas, con el menor puntaje de calificación en el lado izquierdo y el mayor en el derecho (Chen & Opara, 2013).

2.5. Referencias Bibliográficas

- Agregán, R., Echegaray, N., López, M., Kharabsheh, R., Franco, D., & Lorenzo, J. (2021). Proteomic Advances in Milk and Dairy Products. *Molecules*, 26(13), 5-10. <https://doi.org/10.3390/molecules26133832>
- Ahmad, S., Gaucher, I., Rousseau, F., Beaucher, E., Piot, M., Grongnet, J., & Gaucheron, F. (2008). Effects of acidification on physico-chemical characteristics of buffalo milk: A comparison with cow's milk. *Food Chemistry*, 106(1), 11-17. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.04.021>
- Ahmed, K., & Abdellatif, N. (2013). Quality control of milk in the dairy industry. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 8(1), 18-26. [http://www.idosi.org/wjdfs/wjdfs8\(1\)13/3.pdf](http://www.idosi.org/wjdfs/wjdfs8(1)13/3.pdf)
- Alegbeleye, O. O., Guimarães, J. T., Cruz, A. G., & Sant'Ana, A. S. (2018). Hazards of a 'healthy' trend? An appraisal of the risks of raw milk consumption and the potential of novel treatment technologies to serve as alternatives to pasteurization. En *Trends in Food Science and Technology* 82. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.007>
- Anderson, R., Dalziel, J., Haggarty, N., Dunstan, K., Gopal, P., & Roy, N. (2019). Processed bovine colostrum milk protein concentrate increases epithelial barrier integrity of Caco-2 cell layers. *Journal of Dairy Science*, 102(2), 10772-10778. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16951>
- Bartens, M., Drillich, M., Rychli, K., Iwersen, M., Arnholdt, T., Meyer, L., & Klein, D. (2016). Assessment of different methods to estimate bovine colostrum quality on farm. *New Zealand Veterinary Journal*, 64(5), 263-267. <https://doi.org/10.1080/00480169.2016.1184109>
- Barukčić, I., Ščetar, M., Marasović, I., Lisak, K., Galić, K., & Božanić, R. (2020). Evaluation of quality parameters and shelf life of fresh cheese packed under modified atmosphere. *Journal of Food Science and Technology*, 57(7), 2722-2731. <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04308-6>
- BOE. (2006). *Real Decreto por el que se aprueban las normas de calidad para quesos y quesos fundidos*. Boletín Oficial del Estado (BOE)

- Bourne, M. (2002). Preface to the Second Edition. En *Food Texture and Viscosity*, 2(1), 25-28. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417044-5.00058-5>
- Buczinski, S., & Vandeweerd, J. (2016). Diagnostic accuracy of refractometry for assessing bovine colostrum quality: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7381-7394. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10955>
- Carrascosa, C., Millán, R., Saavesra, P., Jaber, J., Raposo, A., & Sanjuán, E. (2016). Identification of the risk factors associated with cheese production to implement the hazard analysis and critical control points (HACCP) system on cheese farms. *Journal of Dairy Science*, 99(4), 2606-2616. <https://doi.org/https://doi.org/10.3168/jds.2015-10301>
- Chauhan, S., Powar, P., & Mehra, R. (2021). A review on nutritional advantages and nutraceutical properties of cow and goat milk. *International Journal of Applied Research*, 7(10), 101-105. <https://doi.org/10.22271/allresearch.2021.v7.i10b.9025>
- Chen, L., & Opara, U. (2013). Texture measurement approaches in fresh and processed foods - A review. *Food Research International*, 51(2), 823-835. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.01.046>
- Chombo Morales, P., & Ramírez Cerda, E. (2017). Producción y manejo inócuo de leche y productos de leche en México. En *Inocuidad y Trazabilidad en los Alimentos Mexicanos*, 1(1), 84-104. <http://ciatej.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1023/608>
- Christiansen, S., Guo, M., & Kjelden, D. (2010). Chemical composition and nutrient profile of low molecular weight fraction of bovine colostrum. *International Dairy Journal*, 20(9), 630-636. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2009.12.005>
- Cinar, M., Serbester, U., Ceyhan, A., & Gorgulu, M. (2015). Effect of somatic cell count on milk yield and composition of first and second lactation dairy cows. *Italian Journal of Animal Science*, 14(1), 105-108. <https://doi.org/10.4081/ijas.2015.3646>
- Citalan Cifuentes, L., Ramos Juárez, J., Salinas Hernández, R., Bucio Galindo, A., Osorio Arce, M., Herrera Haro, J., & Orantes Zebadua, M. (2016). Análisis sensorial de leche de vacas suplementadas con un alimento fermentado a base de pollinaza. *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios*, 3(8), 181-191. <https://doi.org/10.19136/era.a3n8.817>
- Claeys, W., Cardoen, S., Daube, G., De Block, J., Dewettinck, K., Dierick, K., . . . Hernán, L. (2013). Raw or heated cow milk consumption: Review of risks and benefits. *Food Control*, 31(1), 251-262. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2012.09.035>
- Claeys, W., Verraes, C., Cardoen, S., De Block, J., Huyghebaert, A., Raes, K., . . . Hernán, L. (2014). Consumption of raw or heated milk from different species: An evaluation of the nutritional and potential health benefits. *Food Control*, 42(1), 188-201. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2014.01.045>

- Costa, A., Goi, A., Penasa, M., Nardino, G., Posenato, L., & De Marchi, M. (2021). Variation of immunoglobulins G, A, and M and bovine serum albumin concentration in Holstein cow colostrum. *Animal*, *15*(7), 1751-7311. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100299>
- Costa, A., Lopez Villalobos, N., Sneddon, N., Shalloo, L., Franzoi, M., De Marchi, M., & Penasa, M. (2019). Invited review: Milk lactose—Current status and future challenges in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, *102*(7), 5883-5898. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15955>
- Coulon, J., Delacroix, A., Martin, B., & Pirisi, A. (2004). Relationships between ruminant management and sensory characteristics of cheeses: A review. *Lait*, *84*(3), 221-241. <https://doi.org/10.1051/LAIT:2004008>
- De Marchi, M., Bittante, G., Dal Zotto, R., Dalvit, C., & Cassandro, M. (2008). Effect of Holstein Friesian and Brown Swiss breeds on quality of milk and cheese. *Journal of Dairy Science*, *91*(10), 4092-4102. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0788>
- De Marchi, M., Fagan, C., O'Donnell, C., Cecchinato, A., Dal Zotto, R., Cassandro, M., . . . Bittante, G. (2009). Prediction of coagulation properties, titratable acidity, and pH of bovine milk using mid-infrared spectroscopy. *Journal of Dairy Science*, *92*(1), 423-432. <https://doi.org/10.3168/jds.2008-1163>
- Dejmek, P., & Walstra, P. (2004). The Syneresis of Rennet-coagulated Curd. In *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, *1*(3), 71-73. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1874-558X\(04\)80063-0](https://doi.org/10.1016/S1874-558X(04)80063-0)
- Deshwal, G., Tiwari, S., & Kadyan, S. (2021). Applications of emerging processing technologies for quality and safety enhancement of non-bovine milk and milk products. *Lebensmittel Wissenschaft Technologie*, *149*(1), 111845. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111845>
- Drake, M. (2007). Invited review: Sensory analysis of dairy foods. *Journal of Dairy Science*, *90*(11), 4925-4937. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0332>
- Dzienciol, M., Schornsteiner, E., Muhterem, M., Steesl, B., Wagner, M., & Schmitz, S. (2016). Bacterial diversity of floor drain biofilms and drain waters in a *Listeria monocytogenes* contaminated food processing environment. *International Journal of Food Microbiology*, *223*(1), 33-40. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.02.004>
- El Universo. (25 de julio de 2021). *El consumo de leche en Ecuador sube el 16 % en este año de pandemia*. <https://www.eluniverso.com/noticias/2020/11/26/nota/8060482/consumo-leche-crece-pandemia-ecuador>
- El-Fattah, A., Alaa, M., Abd Rabo, F. H., EL-Dieb, S. M., & El-Kashef, H. A. (2012). Changes in composition of colostrum of Egyptian buffaloes and Holstein cows. *BMC Veterinary Research*, *8*(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-8-19>

- El-Loly, M. M. (2022). Colostrum ingredients, its nutritional and health benefits-an overview. *Clinical Nutrition Open Science*, 44, 126-143. <https://doi.org/10.1016/j.nutos.2022.07.001>
- Elizondo-Salazar, J. A., & Heinrichs, A. J. (2008). Heat treating bovine colostrum. *The Professional Animal Scientist*, 24(6), 530-538. [https://doi.org/10.15232/S1080-7446\(15\)30902-5](https://doi.org/10.15232/S1080-7446(15)30902-5)
- Elizondo, J., Jayarao, B., & Heinrichs, A. (2010). Effect of heat treatment of bovine colostrum on bacterial counts, viscosity, and immunoglobulin G concentration. *Journal of Dairy Science*, 93(3), 961-967. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2388>
- FAO. (2021). Dairy market review, Food and Agriculture Organisation of the United Nations. *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, 1(1), 1-13.
- FAO/OMS. (2011). *Codex Alimentarius - Leche y Productos Lácteos. Norma del Codex para las cremas y las cremas preparadas*. (2nd ed.). Roma, Italia: CODEX STAN 288-196.
- FAO-OMS. (2013). *Norma general del Codex para el uso de términos lecheros*. Codex 2.
- FAOSTAT. (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, Estadísticas). (9 de febrero de 2022). <https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL>
- Farkye, N. (2004). Cheese technology. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2), 91-98. [https://doi.org/10.1016/S1874-558X\(04\)80051-4](https://doi.org/10.1016/S1874-558X(04)80051-4)
- Ferdowsi, E., Nikkhah, A., Rahmani, H., Alikhani, M., Mohammad, M., & Ghorbani, G. (2010). Increased colostrum somatic cell counts reduce pre-weaning calf immunity, health and growth. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 94(5), 628-634. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0396.2009.00948.x>
- Fleming, A., Schenkel, F., Ali, R., Corredig, M., Carta, S., Gregu, C., . . . Miglior, F. (2019). Phenotypic investigation of fine milk components in bovine milk and their prediction using mid-infrared spectroscopy. *Canadian Journal of Animal Science*, 99(2), 218-227. <https://doi.org/10.1139/cjas-2018-0058>
- Food, E., & Authority, S. (2018). The European Union summary report on trends and sources of zoonoses, zoonotic agents and food-borne outbreaks in 2017. *EFSA Journal*, 16(12), 1-5. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5500>
- Fox, P. (2011). Milk: Introduction. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2(1), 458-466. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374407-4.00310-1>
- Fox, P., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P., O'Mahony, J. (2015). Salts of milk. En: *Dairy Chemistry and Biochemistry*. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14892-2_5
- Fox, P., & Mcsweeney, P. (2017). *Cheese : An Overview*. En *Cheese Fourth Edition*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4/00001-6>

- Fox, P., Cogan, T., & Guinee, T. (2017). Factors that affect the quality of cheese. En *Cheese: Chemistry. Physics and Microbiology: Fourth Edition*, 1(1). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00025-9>
- Geary, U., Lopez Villalobos, N., Begley, N., McCoy, F., O'Brien, B., O'Grady, L., & Shalloo, L. (2012). Estimating the effect of mastitis on the profitability of Irish dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 95(7), 3662-3673. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4863>
- Glantz, M., Devold, T., Vegarud, G., Lindmar Mansson, H., Stalhammar, H., & Paulsson, M. (2010). Importance of casein micelle size and milk composition for milk gelation. *Journal of Dairy Science*, 93(4), 1444-1451. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2856>
- Godden, S. (2008). Colostrum management for dairy calves. En *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, 24(1), 19-39. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2007.10.005>
- Godden, S., Lombard, J., & Woolums, A. (2019). Colostrum management for dairy calves. En *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, 35(2), 535-556. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.005>
- Guinee, T., & Fox, P. (2017). Salt in cheese: Physical, chemical and biological aspects. En *Cheese: Chemistry. Physics and Microbiology: Fourth Edition*, 1(1), 317-375. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00013-2>
- Gunasekaran, S., & Ak, M. (2002). *Cheese rheology and texture*. En *Cheese Rheology and Texture*. CRC Press. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4549.2004.28501.x>
- Gutiérrez-Méndez, N., Troncoso-Reyes, N., & Leal-Ramos, M. Y. (2013). Texture profile analysis of Fresh cheese and Chihuahua cheese using miniature cheese models. *Tecnociencia Chihuahua*, 7(2), 65-74.
- Hayaloglu, A. (2016). Cheese: Microbiology of cheese. *Reference Module in Food Science*, 1(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100596-5.00675-2>
- Herrera, B., Trujillo, A., Calero, P., Falconi, M., & Sánchez, D. (2022). Effects of colostrum in milk on the effectiveness of the pasteurization process and cheese milk quality. *Journal of Applied Animal Research*, 50(1), 246-253. <https://doi.org/10.1080/09712119.2022.2056466>
- Hnosko, J., Clark, S. & Hekken, D. Van. (2009). En *The Sensory Evaluation of Dairy Products* (editado por S. Clark, M. Costello, M. Drake & F. Bodyfelt). 489-504. New York, NY: Springer US.
- Hogan, S., & O'Callaghan, T. (2020). Milk fat: Chemical and physical modification. En *Advanced Dairy Chemistry*, 2(1), 3-7. https://doi.org/10.1007/978-3-030-48686-0_7
- ICEX. (12 de junio de 2021). *El mercado de queso en Ecuador*. <file:///C:/Users/USER/Downloads/doc2020851677@a.pdf>

- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2021). *Manual del encuestador y supervisor "Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua ESPAC"*. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-agropecuarias-2/>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2012). *Norma técnica Ecuatoriana INEN NTE 1528:2012. Norma general para quesos frescos no madurados. Requisitos*. <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/1528.pdf>
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2012). *Norma técnica Ecuatoriana INEN NTE 9:2012 Leche cruda. Requisitos*. http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_9-5.pdf
- Jalilzadeh, A., Tunçtürk, Y., & Hesari, J. (2015). Extension shelf life of cheese: A review. *International Journal of Dairy Science*, 10(2), 44-60. <https://doi.org/10.3923/ijds.2015.44.60>
- Jordan, K., Hunt, K., Lourenco, A., & Pennone, V. (2018). *Listeria monocytogenes* in the food processing environment. En *Current Clinical Microbiology Reports*, 5(2), 106-119. <https://doi.org/10.1007/s40588-018-0090-1>
- Kandeel, S. A., Megahed, A. A., Ebeid, M. H., & Constable, P. D. (2019). Ability of milk pH to predict subclinical mastitis and intramammary infection in quarters from lactating dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 102(2), 1417-1427. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-14993>
- Kehoe, S., Jayarao, B., & Heinrichs, A. (2007). A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on Pennsylvania dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 90(9), 4108-4116. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0040>
- Kelly, A., Huppertz, T., & Sheehan, J. (2008). Pre-treatment of cheese milk: Principles and developments. *Dairy Science and Technology*, 88(4-5), 549-572. <https://doi.org/10.1051/dst:2008017>
- Khan, K., & Rahman, M. (2021). Introduction on techniques to measure food safety and quality. En *Techniques to measure food safety and quality*, 1(1), 1-10. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68636-9_1
- Kilcawley, K. (2017). Cheese flavour. En *Fundamentals of cheese science*, 1(1), 443-474.
- Leitner, G., Lavon, Y., Matzrafi, Z., Benun, O., Bezman, D., & Merin, U. (2016). Somatic cell counts, chemical composition and coagulation properties of goat and sheep bulk tank milk. *International Dairy Journal*, 58(1), 9-13. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.11.004>
- Lewis, M., & Deeth, H. (2009). *Heat treatment of milk*. En *Milk*. Blackwell Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781444301649.ch7>
- Lindmark, H. (2008). Fatty acids in bovine milk fat. *Food & Nutrition Research*, 52(1), 1821. <https://doi.org/10.3402/fnr.v52i0.1821>
- Lindsay, D., Robertson, R., Fraser, R., Engstrom, S., & Jordan, K. (2021). Heat induced inactivation of microorganisms in milk and dairy products. *International Dairy Journal*, 121(1), 105096-105097. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105096>

- Liu, Z., Moate, P., Cocks, B., & Rochfort, S. (2015). Comprehensive polar lipid identification and quantification in milk by liquid chromatography-mass spectrometry. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, 1(1), 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2014.11.036>
- López Ruiz, A. L., & Barriga Velo, D. (2016). La leche, composición y características. *Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural. Instituto de Investigación, Formación Agraria y Pesquera de Andalucía*, 2-5.
- Lucey, J. (2015). Raw Milk Consumption risks and benefits. *Nutrition and Food Science*, 50(4), 189-193. <https://doi.org/10.1097/NT.0000000000000108>
- Ma, Y., Zhang, L., Wu, Y., & Zhou, P. (2019). Changes in milk fat globule membrane proteome after pasteurization in human, bovine and caprine species. *Food Chemistry*, 279(1), 209-215. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.12.015>
- Maciel, G., Hammershoj, M., Frederiksen, P., Sorensen, J., Bakman, M., Poulsen, N., & Larsen, L. (2015). Dairy processing and cold storage affect the milk coagulation properties in relation to cheese production. *Dairy Science and Technology*, 95(1), 101-114. <https://doi.org/10.1007/s13594-014-0202-5>
- Malik, T., Mohini, M., Mir, S., Ganai, B., Singh, D., Varun, T., . . . Thakur, S. (2018). Somatic cells in relation to udder health and milk quality-A review. *Journal of Animal Health and Production*, 6(1), 18-26. <https://doi.org/10.17582/journal.jahp/2018/6.1.18.26>
- Mann, S., Curone, G., Chandler, T., Moroni, P., Cha, J., Bhawal, R., & Zhang, S. (2020). Heat treatment of bovine colostrum: I. Effects on bacterial and somatic cell counts, immunoglobulin, insulin, and IGF-I concentrations, as well as the colostrum proteome. *Journal of Dairy Science*, 103(10), 9368-9383. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18618>
- Marouf, A., & Sara, I. E. (2018). Monitoring pH during pasteurization of raw cow's milk using Nd: YAG laser. *International Journal of Advanced Research in Physical Science*, 4(12), 1-4.
- Martin, N., Boor, K., & Wiedmann, M. (2018). Symposium review: Effect of post-pasteurization contamination on fluid milk quality. *Journal of Dairy Science*, 101(1), 861-870. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13339>
- Mehta, B. M. (2015). Chemical composition of milk and milk products. En *Handbook of food chemistry*. (Pp. 511-553). Springer, Berlin, Heidelberg.
- McGrath, B., Fox, P., & McSweeney, P. (2016). Composition and properties of bovine colostrum: a review. En *Dairy Science and Technology*, 96(2), 133-158. <https://doi.org/10.1007/s13594-015-0258-x>
- McMartin, S., Godden, S., Metzger, L., Feirtag, J., Bey, R., Stabel, J., . . . Chester, H. (2006). Heat treatment of bovine colostrum. I: Effects of temperature on viscosity and immunoglobulin G level. *Journal of Dairy Science*, 89(6), 2110-2118. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72281-0](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72281-0)

- McSweeney, P., Fox, P., & O'Mahony, J. (2020). Advanced Dairy Chemistry: Lipids. *Springer*, 2(4), 10-22. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-48686-0>
- Mohanta, K., Swain, S., & Das, P. (2007). Quality and composition of bovine colostrum. 01(07), 16–21. *ICAR- National Dairy Research Institute*, 1(7), 16-21.
- El-Loly, M. M. (2022). Colostrum ingredients, its nutritional and health benefits-an overview. *Clinical Nutrition Open Science*.
- Moore, M., Tyler, J., Chigerwe, M., Dawes, M., & Middleton, J. (2005). Effect of delayed colostrum collection on colostrum IgF concentration in dairy cows. *Journal of the American Veterinary Medical Association*, 226(8), 1375-1377. <https://doi.org/10.2460/javma.2005.226.1375>
- Morrill, K., Conrad, E., Lago, A., Campbell, J., Quigley, J., & Tyler, H. (2012). Nationwide evaluation of quality and composition of colostrum on dairy farms in the United States. *Journal of Dairy Science*, 95(1), 3997-4005. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5174>
- 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. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-11172>
- Nikolic, I., Stojanovic, I., Vujicic, M., Fagone, P., Mangano, K., Stosic, S., . . . Saksida, T. (2017). Standardized bovine colostrum derivative impedes development of type 1 diabetes in rodents. *Immunobiology*, 222(2), 272-279. <https://doi.org/10.1016/j.imbio.2016.09.013>
- Nozière, P., Graulet, B., Lucas, A., & Martin, B. (2006). Carotenoids for ruminants: From forages to dairy products. *Animal Feed Science and Technology*, 13(3-4), 418-450. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2006.06.018>
- O'Brien, N., & O'Connor, T. (2004). *Nutritional Aspects of Cheese*. En *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*. Elsevier Academic Press.
- OCDE-FAO. (2021). *Lácteos y sus productos, OCDE-FAO Perspectivas Agrícolas 2020-2029*. OECD iLibrary. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/02b800e9-es/index.html?itemId=/content/component/02b800e9-es#section-d1e26440>
- Panthi, R., Jordan, K., Kelly, A., & Sheehan, J. (2017). Selection and treatment of milk for Cheesemaking. En *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology: Fourth Edition*, 1(1), 23-50. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-417012-4.00002-8>
- Patton, S., McNamara, J. (2022). Milk in human health and nutrition. *Encyclopedia of Dairy Sciences (Third Edition)*. Academic Press, 867-872.
- Pestana, J., Gennari, A., Monteiro, B., Lehn, D., & De Souza, C. (2015). Effects of pasteurization and ultra-high temperature processes on proximate composition and fatty acid profile in bovine milk. *American Journal of Food Technology*, 10(6), 265-272. <https://doi.org/10.3923/ajft.2015.265.272>

- Pierson, M. (2007). Effects of ultraviolet irradiation on chemical and sensory properties of goat ilk. *Journal of Dairy Science*, 90(7), 3178-3186. <https://doi.org/10.3168/jds.2006-642>
- Playford , R., & Weiser, M. (2021). Bovine colostrum: Its constituents and uses. *In Nutrients*, 13(1), 1-24. <https://doi.org/10.3390/nu13010265>
- Puppel, K., Gołębiewski, M., Grodkowski, G., Slósarz, J., Kunowska, M., Solarczyk, P., . . . Przysucha, T. (2019). Composition and factors affecting quality of bovine colostrum: A review. *Animals*, 9(12), 25-37. <https://doi.org/10.3390/ani9121070>
- Qian, F., Sun, J., Cao, D., Tuo , Y., Jiang, S., & Mu, G. (2017). Experimental and modelling study of the denaturation of milk protein by heat treatment. *Korean Journal Food Science Animal Resourch*, 37(1), 44-51.
- Quigley, J., Lago, A., Chapman, C., Erickson, P., & Polo, J. (2013). Evaluation of the Brix refractometer to estimate immunoglobulin G concentration in bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, 96(2), 1148-1155. <https://doi.org/10.3168/jds.2012-5823>
- Reyes, J. (27 de noviembre de 2020). *El consumo de leche en Ecuador sube el 16 % en este año de pandemia*. El Universo: <https://cutt.ly/7nL6QoN>
- Roy, D., Ye, A., Moughan, P., & Singh, H. (2020). Composition, structure, and digestive dynamics of milk from different species—A Review. *Frontiers in Nutrition*, 7(1), 1-17. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.577759>
- Rynne, N., Beresford, T., Kelly, A., & Guinee, T. (2004). Effect of milk pasteurization temperature and in situ whey protein denaturation on the composition, texture and heat-induced functionality of half-fat Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, 14(11), 989-1001. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.03.010>
- Saldana, D., Gelsinger, S., Jones, C., & Heinrichs, A. (2019). Effect of different heating times of high-, medium-, and low-quality colostrum on immunoglobulin G absorption in dairy calves. *Journal of Dairy Science*, 102(3), 2068-2074. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15542>
- Samaržija, D., Zamberlin, Š., & Pogačić, T. (2012). Psihrotrofne bakterije i njihovi negativni utjecaji na kvalitetu mlijeka i mliječnih proizvoda. *Mljekarstvo*, 62(2), 77-95.
- Sánchez, F., Alonso, J., Zancada, L., & Hueso, P. (2009). Distribution and fatty acid content of phospholipids from bovine milk and bovine milk fat globule membranes. *International Dairy Journal*, 19(5), 273-278. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2008.11.006>
- Sánchez-Macías, D., Castro, N., Argüello, A., & Flores, R. J. (2014). Supercritical fluid extraction application on dairy products and by-products. En J. Osborne (Ed). *Handbook on Supercritical Fluids* (pp. 281-300). New York: Nova Publishers.
- Sangild, P., Vonderohe, C., Melendez, V., & Burrin, D. (2021). Potential benefits of bovine colostrum in pediatric nutrition and health. *Nutrients*, 13(8), 1-41. <https://doi.org/10.3390/nu13082551>

- Sarkar, S. (2015). Sarkar, S. (2015). Microbiological considerations: Pasteurized milk. *International Journal of Dairy Science*, *10*(5), 2-8. <https://doi.org/10.3923/ijds.2015.206.218>
- Schön, K., Schornsteiner, E., Dzieciol, M., Wagner, M., Muller, M., & Schmitz, S. (2016). Microbial communities in dairy processing environment floor-drains are dominated by product-associated bacteria and yeasts. *Food Control*, *70*(1), 210-215. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.05.057>
- Sengupta, P., Wang, C. W., & Ma, Z. F. (2021). Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) technique for food analysis. En *Techniques to Measure Food Safety and Quality*. Springer, Cham. 91-115.
- Shendurse, A., & Khedkar, C. (2016). *Encyclopedia of Food and Health*. Elsevier Ireland Ltd. <https://doi.org/doi:10.1016/B978-0-12-384947-2.00415-3>
- Singh, H., & Waungana, A. (2001). Influence of heat treatment of milk on cheesemaking properties. *International Dairy Journal*, *11*(4-7), 543-551. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00085-1](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00085-1)
- Singh, P., Wani, A., Karim, A., & Langowski, H. (2012). The use of carbon dioxide in the processing and packaging of milk and dairy products : A review. *International Journal of Dairy Technology*, *65*(2), 3-5. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2011.00744.x>
- Smith, T. J., Campbell, R. E., Jo, Y., & Drake, M. A. (2016). Flavor and stability of milk proteins. *Journal of Dairy Science*, *99*(6), 4325-4346. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-10847>
- Smolenski, G., Haines, S., Kwan, F., Bond, J., Farr, V., Davis, S., . . . Wheeler, T. (2007). Characterisation of host defence proteins in milk using a proteomic approach. *Journal of Proteome Research*, *6*(1), 207-215. <https://doi.org/10.1021/pr0603405>
- Stewart, S., Godden, S., Bey, R., Rapnicki, P., Fetrow, j., Farnsworth, R., . . . Ferrouillet, C. (2005). Preventing bacterial contamination and proliferation during the harvest, storage, and feeding of fresh bovine colostrum. *Journal of Dairy Science*, *88*(7), 2571-2578. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72933-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72933-7)
- Szczesniak, A. (2002). Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, *13*(4), 215-225. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(01\)00039-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(01)00039-8)
- Toffanin, V., De Marchi, M., Lopez-Villalobos, N., & Cassandro, M. (2015). Effectiveness of mid-infrared spectroscopy for prediction of the contents of calcium and phosphorus, and titratable acidity of milk and their relationship with milk quality and coagulation properties. *International Dairy Journal*, *41*, 68-73. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.10.002>
- Tilocca, B., Constanzo, N., Morittu, V., Spina, A., Soggiu, A., Britti, D., . . . Piras, C. (2020). Milk microbiota: Characterization methods and role in cheese production. *Journal of Proteomics*, 210. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jprot.2019.103534>
- Tochi, B., Peng, J., Song, S., Liu, L., Kuang, H., & Xu, C. (2016). Determination of sarafloxacin and its analogues in milk using an enzyme-linked immunosorbent

assay based on a monoclonal antibody. *Analytical Methods*, 8(7), 1626-1636. <https://doi.org/10.1039/c5ay02702k>

- Tremonte, P., Tipaldi, L., Succi, M., Panella, G., Falaska, L., Capilongo, V., . . . Sorrentino, E. (2014). Raw milk from vending machines: Effects of boiling, microwave treatment, and refrigeration on microbiological quality. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3314-3320. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-7744>
- Trujillo, A., Roig, A., Zamora, A., & Ferragut, V. (2016). High-pressure homogenization for structure modification. *Innovative Food Processing Technologies*, 1(12), 315-344. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100294-0.00012-2>
- Tsioulpas, A., Grandison, A., & Lewis, M. (2007). Changes in physical properties of bovine milk from the colostrum period to early lactation. *Journal of Dairy Science*, 90(11). <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0192>
- UNE-EN ISO 5492:2010, 2. (2010). *Análisis sensorial. Vocabulario*. Madrid: Asociación Española de Normalización y Certificación (AENOR).
- Urgu, M., Türk, A., Ünlütürk, S., & Kaymak, E. (2019). Milk fat substitution by microparticulated protein in reduced-fat cheese emulsion: The effects on stability, microstructure, rheological and sensory properties. *Food Science of Animal Resources*, 39(1), 23-34. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2018.e60>
- Van Hekken, D., & Farkye, N. (2003). Hispanic Cheeses: The quest for queso. *Food technology*, 57(1), 32-38. https://www.ift.org/news-and-publications/food-technology-magazine/issues/2003/january/features/developing-foods_hispanic-cheeses-the-quest-for-queso
- Vanbergue, E., Delaby, L., Peyraud, J., Colette, S., Gallard, Y., & Hurtaud, C. (2017). Effects of breed, feeding system, and lactation stage on milk fat characteristics and spontaneous lipolysis in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 100(6), 4623-4636. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12094>
- Verraes, C., Vlaemynck, G., Van Weyenberg, S., De Zutter, L., Daube, G., Sindic, M., . . . Hernán, L. (2015). A review of the microbiological hazards of dairy products made from raw milk. *International Dairy Journal*, 50(1), 32-44. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.05.011>
- Villanueva, M., Lebeuf, Y., Gervais, R., Tremblay, G., Vuilleumard, J., Fortin, J., & Chouinard, P. (2013). Milk volatile organic compounds and fatty acid profile in cows fed timothy as hay, pasture, or silage. *Journal of Dairy Science*, 96(11), 7181-7194. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6785>
- Walstra, P., Wouters, J., & Geurts, T. (2006). Milk components. *Dairy science and technology*, 2(1), 17-108.
- Wasowska, E., & Puppel, K. (2018). Changes in the content of immunostimulating components of colostrum obtained from dairy cows at different level of production. *Journal Science Food Agricultural*, 13(1), 5062-5068. <https://doi.org/10.1002/jsfa.9043>
- Watts, S. (2016). A mini review on technique of milk pasteurization. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 5(5), 99-101.

- Yasmin, I., Saeed, M., Pasha, I., & Zia, M. (2019). Development of Whey Protein Concentrate-Pectin-Alginate Based Delivery System to Improve Survival of *B. longum* BL-05 in Simulated Gastrointestinal Conditions. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, *11*(2), 413-426. <https://doi.org/10.1007/s12602-018-9407-x>
- Zamora, A. (2009). Ultra-high pressure homogenisation of milk: effects on cheese-making. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=83114>

Capítulo 3. Efecto de la presencia de calostro en la leche sobre la efectividad del proceso de pasteurización y la calidad de la leche de quesería



Capítulo 3. Efecto de la presencia de calostro en la leche sobre la efectividad del proceso de pasteurización y la calidad de la leche de quesería

Los resultados de este capítulo han sido publicados en la revista *Journal of Applied Animal Research*, con la siguiente referencia:

Herrera, B., Trujillo, A., Calero, P., Falconi, M., & Sánchez, D. (2022). Effects of colostrum in milk on the effectiveness of the pasteurization process and cheese milk quality. *Journal of Applied Animal Research*, 50(1), 246-253. <https://doi.org/10.1080/09712119.2022.2056466>.

A continuación, se adjunta el preprint de la publicación.

Effects of colostrum presence in milk on the effectiveness of the pasteurization process and cheese milk quality

Byron Herrera-Chávez^{a,b}, Antonio José Trujillo^b, Paola Calero^a, María Inés Falconí^a, Davinia Sánchez-Macías^{a*}

^aAnimal Production and Industrialization Research Unit, Faculty of Engineering, Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, EC060150, Ecuador, bherrera@unach.edu.ec

^bCentre d'Innovació, Recerca i Transferència en Tecnologia dels Aliments (CIRTTA), TECNIO, XIA, Departament de Ciència Animal i del Aliments, Facultat de Veterinària, Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 08193, Spain, toni.tujillo@uab.cat

*Corresponding author: Email address: dsanchez@unach.edu.ec. Telephone number: (593) 969027873. Postal address: Avda. Antonio José de Sucre, s/n, Riobamba, Chimborazo, Ecuador.

Abstract

Colostrum presence in the milk bulk tank could affect cheese milk and characteristics of the final product leading to multiple problems in industrial processes. The objective of this study was to evaluate the presence of colostrum concentrations (0, 1, 5 and 10%) in cheese milk subjected to two discontinuous heat treatments (56 °C for 1 h or 63 °C for 30 min) on the physicochemical characteristics, cheese-making properties, and the effectiveness of pasteurization. All the physicochemical parameters were modified by

colostrum presence, and some of them were varied due to the thermal treatment. Milk rennet coagulation characteristics were no different among the thermal treatments applied when colostrum (up to 10 %) was added to milk. Both thermal treatments had the same effectiveness in reducing total plate count in raw milk without the presence of colostrum; however, when colostrum was added, the treatment at 63 °C for 30 min proved to be more efficient.

Keywords: colostrum, cheese-making property, pasteurization effectiveness, bacterial count.

3.1. Introduction

Microorganism can be introduced into milk at any stage in the production to consumption chain (Sharma, Bremer, Oey, & Everett, 2014). Recently, Alegbeleye, Guimarães, Cruz, & Sant'Ana (2018) listed the primary sources and routes presence of microorganisms in milk, such as commensal microflora, diseases, mastitis, environmental contamination, and post-pasteurization contamination. These authors, as well, summarized the microbiological hazards associated with the consumption of raw milk, such as relative benign symptoms to more severe complications, even long-term and chronic complications. These risks can be extended to the consumption of non-well pasteurized milk or low efficiency pasteurization process.

Colostrum is the mammary secretion obtained after partum, which provides the nutrients and the passive immunity to newborn. Abd El -Fattah, Abd Rabo, EL-Dieb, & Elkashef (2012), Sánchez-Macías, Moreno-Indias, Castro, Morales-delaNuez, & Argüello (2014) and Tsioulpas, Grandison, & Lewis (2007), working with bovine, goat, and buffalo colostrum, respectively, reported extreme differences in the physical and technological parameters between colostrum and mature milk. Colostrum is obtained in large quantities and is considered as nutraceutical, contains plenty of physiologically active components, including immunoglobulins (Igs), lactoferrin, lysozyme, cytokines, growth factors, hormones, oligosaccharides, and lipid components (Borad, Sanket, & Singh, 2018; Korohnen, 2009; Pakkanen & Aalto, 1997). The main difference between mature milk and colostrum is the level of Ig concentration (0.72-0.90 versus 32-212 mg mL⁻¹ of bovine immunoglobulin G, respectively) (Gapper, Copestake, Otter, & Indyk, 2007; Godden, Lombard, & Woolums, 2019). Moreover, colostrum presents a higher microbial count than mature milk, which could represent and increase the load of bacteria if colostrum is added to milk bulk tank (Godden et al., 2019).

To address food security concerns, many countries, through governments, regulatory authorities, and public health practitioners, require undergoing processing techniques to treat raw milk to eliminate pathogenic microorganisms. These significantly reduce spoilage microflora and inactivate enzymes, with the objective to enhance the shelf-life of the dairy products. These techniques are thermization, pasteurization, sterilization, ultraviolet treatment, high pressures, microwave treatment, membrane processing, and microfiltration, among others (Bucci, Van Hekken, Tunick, Renye, & Tomasula, 2018; Sarkar, 2015). However, scientific evidence shows that pasteurization is so far, the primary, incontrovertible safeguard for to ensure milk quality (Alegbeleye et al., 2018). Low-temperature-long-time pasteurization or holder method is a typical batch method where milk is placed in an open vat and heated to 63 °C and held at that temperature for 30 min (Gedam, Prasad, & Vijay, 2007). This is considered the standard minimum time-temperature combination recognized worldwide. It has less impact on milk and therefore, better retains of raw milk constituents while inactivating relevant pathogens (Angulo, LeJeune, & Rajala-Schultz, 2009). However, there are so many countries and regions where raw milk is used for dairy products processing, as well consumer's attitudes show a trend towards increased consumption of raw milk or raw dairy products (Verraes et al., 2015).

Heat treatment adversely affects the bioactivity of colostrum immunoglobulins. Different authors have found onset of thermal unfolding of Igs starting at 62.6 °C, depending on the pH of colostrum, and complete denaturation at 89 °C (Lindström et al. 1994; Singh & Havea, 2003). Moreover, and it is established that Igs are vulnerable to heating above 65 °C (Indyk, Williams, & Patel, 2008; Borad et al., 2019), causing an increase in viscosity and gelation. The thermo-labile nature of colostrum Igs and other bioactive compounds is well-established and depends on temperature, treatment time, pH, and compositional factors (McGrath, Fox, McSweeney, & Kelly, 2016; Borad et al., 2018; Morales-delaNuez et al., 2020). Commercial pasteurization time-temperature combinations (63 °C for 30 min or 72 °C for 15 s) significantly reduce IgG, IgM, IGF-1 and lactoferrin, and increase the viscosity of colostrum compared with 60 °C for 60 min treatment (El-Fattah, Rabo, El-Dieb, & Elkashef, 2014); Steinbach, Kreutzer, & Meyer (1981) and Trujillo et al. (2007) did not observe differences in IgG concentration in colostrum after pasteurization at 65 °C for 30 min or 56 °C for 60 min, respectively.

There is scarce literature about the effects of colostrum presence on the effectiveness of milk pasteurization and cheese milk quality. In this study, we used the lowest colostrum

heat treatment found in the literature (56 °C for 60 min) that reduce the bacterial load but affecting minimally Igs concentration (Argüello et al., 2003; Morales-delaNuez et al., 2020), and conventional milk batch low temperature-long time pasteurization (LTLT, 63 °C for 30 min). McGrath et al. (2016) observed that the duration reported for which the mammary secretion is classified as colostrum varies according to the literature from immediately after parturition to 5-7 days post-partum, which is considered unmarketable and often excluded from bulk milk collection for milk processing. The introduction of colostrum to the milk bulk tank on a farm is also possible due to bad farming practices, either intentionally or unintentionally. Its composition and the high content of antimicrobial compounds leads to multiple problems and may affect the industrial and fermentation processes (Marnila & Korohnen, 2002; McGrath et al. 2016). Even, this could interfere on the effectiveness of pasteurization of milk. For this reason, we proposed a study with the objective to evaluate the effects of two different heat treatments applied to milk containing 0, 1, 5, and 10% of colostrum on physicochemical characteristics, pasteurization effectiveness and cheese-making properties.

3.2. Material and methods

Colostrum and Milk Handling

Colostrum and mature milk were obtained from a Holstein dairy farm (Chimborazo Province, Ecuador) using mechanical milking. Animals had good health status, including low somatic cells count, and did not receive veterinary treatment before or during the experimental period. First-milking bovine colostrum of ten multiparous Holstein cattle was procured and frozen (-26 °C) to create a colostrum bank. Thawed colostrum at 4 °C was pooled to create a unique 80-L batch to ensure uniformity of the colostrum sample used in experimental trials. On the other hand, fresh mature milk was collected of 32 animals in their middle lactation from the same Holstein dairy farm when needed for each batch.

For both colostrum and mature milk collection, proximate composition, physicochemical characteristics, color, total plate count and IgG quantification were performed to ensure the quality of the samples.

Experimental Design and Processing of Milk and Colostrum

The present experiment was conducted at the laboratories of the Engineering Faculty of the Universidad Nacional de Chimborazo (Riobamba, Ecuador). To study the influence

of different concentrations of colostrum in mature milk on the pasteurization effectiveness and cheese milk quality, colostrum was added to milk in different concentrations (0, 1, 5 and 10%) until a total volume of 3L. Each group was subdivided into three subgroups of 1L: the first one was treated at 56 °C for 60 min (LT56), the second one at 63 °C for 30 min (LT63), and the third one received no thermal treatment (Raw). Thermal treatment was performed in 2L sterilized bottles in a water bath, using an extra bottle to control the internal temperature of the milk during heating. Time started when the experimental temperature was reached. When time was reached, milk was cooled down and analyzed at 20 °C. Samples were taken and frozen (−80 °C) for later IgG quantification. Each treatment was carried out in triplicate.

Physicochemical Characteristics of colostrum and milk

Proximate composition (fat, protein, lactose, total solids, and non-fat solids) of colostrum and milk samples was estimated using a Milkoscan 6000 FT (Foss Electric, Hillerød, Denmark). Titratable acidity (percentage of lactic acid) of the samples was measured according to Sánchez-Macías et al. (2014) and the ethanol stability was determined according to Tsioulpas, Lewis, & Grandison (2007). The buffering capacity was evaluated adding 100 µL of 0.5 M HCl every 30 s in a 100-mL of colostrum or milk sample, and the final buffering capacity was counted when a constant pH of 4.5 was reached (Huppertz et al., 2004). Milk density and pH were determined using a lactodensimeter (Alla France, Chemillé, France) and a digital pH-meter (Hach, Gel-filled, USA), respectively. A Minolta colorimeter CR-400 (Illuminant D65, Konica Minolta, Osaka, Japan) was used to determine lightness (L^*), yellow index (b^*), and red index (a^*) for each sample. For determining total color differences among milk samples ΔE^* was calculated as $\sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$. Final values of ΔE^* were compared with a range established by the Zmeškal scale (Nedomova et al., 2017). All these parameters were measured in triplicate.

Cheese-making Properties

LT56 and LT65 milk samples with 0, 1, 5, and 10% of colostrum, heat-treated or raw, were coagulated with a commercial recombinant chymosin (CHY-MAXs extra; EC 3.4.23.4, isozyme B, 600 IMCU/mL, Chr. Hansen Inc., Barcelona, Spain) at 0,035% (v/v) and 32 °C. Milk coagulation characteristics were analyzed for rennet clotting time (RCT,

min), rate of curd firming (RCF, $\Delta\%T/\text{min}$), curd firmness at 30, 45 and 60 min (F30, F45 and F60, $\Delta\%T$), using a near-infrared optical device (Optigraph Ysebaert SA, Frépillon, France). Also, the potential cheese yield (CY, %) and curd draining capacity (CD, %) were assessed according to Calvo and Balcones (1998) and Calvo and Espinoza (1999), respectively, by using the same chymosin concentration described above.

Microbiological Analysis and IgG Quantification

To assess the total plate count, samples were serially diluted in saline solution (0.9% of NaCl) and then plated on 3M™ Petrifilm Aerobic Count plates (3M Microbiology, St. Paul, MN, USA) for aerobic total plate count (TPC). All plates were incubated at 32 °C and the colonies were enumerated after 48 h. The obtained results were expressed in log colony-forming units per mL of sample ($\log \text{cfu mL}^{-1}$). The inactivation ratios were expressed as cell survival percentage ($N/N_0 \times 100$), where N is the number of cells in the heat-treated sample and N_0 is the initial number of cells in the untreated sample.

To determine colostrum and milk IgG concentrations, commercial ELISA sets (Bethyl Laboratories, Montgomery, TX, USA) were used. Purified bovine IgG was used as standard reference. Samples were individually analyzed in duplicate, and results were expressed as milligrams of IgG per milliliter.

Statistical Analysis

Statistical analyses were performed using SAS program (V.9, SAS Institute Inc., Cary, NC). The ANOVA procedure was used to compare compositional, physicochemical properties, cheese-making properties and TPC between mature milk and colostrum samples. The ANOVA procedure for repeated measurements was used to evaluate the effect of different concentrations of colostrum in milk and heat treatments on proximate composition, physicochemical characteristics, cheese-making properties, and bacterial inactivation. Significantly different means were identified using the Tukey test ($P < 0.05$).

3.3. Results and discussion

Raw Colostrum and Milk Characteristics

Table 1 summarizes the proximate composition, physicochemical parameters, total plate count, as well IgG quantification of raw colostrum and mature milk used in the experiment. The results showed that the composition of colostrum differs markedly from mature milk for all analyzed parameters. The values of fat, protein, non-fat solids, and

total solid, as well density and lactic acid content were higher in colostrum than in milk, while lactose content and pH was lower. Likewise, a markedly higher buffering capacity was found in colostrum, as found by other authors (Borad et al., 2019). These results are according to the literature when comparing colostrum to mature milk (Jeong et al., 2009; Kehoe et al. 2007; Madsen et al., 2004; Marnila & Korohnen, 2002; Sánchez-Macías et al., 2014; Tsioulpas, Lewis, & Grandison, 2007).

Total plate count in colostrum was higher ($5.46 \log \text{ cfu mL}^{-1}$) than in milk ($3.67 \log \text{ cfu mL}^{-1}$). Morrill et al. (2012) found that up to 60% of colostrum produced in USA dairy farms does not meet the minimum bacteriological standards for milk (TPC of $<100,000 \text{ cfu mL}^{-1}$) in this country. The values of TPC found in our study for colostrum are according or like those found in the literature. For example, Donahue et al. (2012) reported that TPC ranged from 5.0 to 5.9 $\log \text{ cfu mL}^{-1}$ in fresh colostrum from six large commercial dairy farms in USA. Gelsing et al. (2014) reported $4.59 \log \text{ cfu mL}^{-1}$ in raw colostrum, while Elizondo-Salazar et al. (2010) reported $4.60 \log \text{ cfu mL}^{-1}$.

The higher TPC values in colostrum than in mature milk can represent an increased load of microorganisms if colostrum is added to the milk bulk tank. Elizondo-Salazar et al. (2010) reported presence of bacterial in naturally contaminated colostrum such as environmental streptococci ($4.23 \log \text{ cfu mL}^{-1}$), *Staphylococcus aureus* ($4.31 \log \text{ cfu mL}^{-1}$), and coliform count ($4.31 \log \text{ cfu mL}^{-1}$) among others. In addition, Elizondo-Salazar & Heinrichs (2008) and Elizondo-Salazar et al. (2010) reported that disease-causing pathogens that may be transmitted to dairy calves through colostrum secretions include *Mycobacterium avium subsp. paratuberculosis*, *Salmonella spp.*, *Mycoplasma spp.*, *Listeria monocytogenes*, *Campylobacter spp.*, *Mycobacterium bovis*, and *Escherichia coli* (also pathogenic bacteria relevant to human health risks). For this reason and considering the existence of different types of microorganisms in colostrum, their presence in milk bulk tank can be a contamination factor that requires an adequate milk heat treatment to ensure its sanitation.

The Igs concentration was also significantly higher in colostrum (61.15 mg mL^{-1}) than in mature milk (1.32 mg mL^{-1}). Different authors have found that albumins and Igs represent higher concentration (6% each) in colostrum compared with mature milk (0.5 y 0.09%, respectively) (Smolenski et al., 2007; Zhang et al., 2011), making up to 70-80% of the total protein in colostrum (Larson, 1992).

These results reflect the biological function and technological differences between colostrum and mature milk which could alter, according to different authors (McGrath et

al., 2016; Rynne et al., 2004), the technological characteristics and the rennet coagulation properties for cheese processing if colostrum is added to cheese-milk.

Physicochemical Characteristics of Milks Containing Colostrum

The proximate composition of the milk containing 0, 1, 5 and 10% of colostrum, raw or pasteurized is summarized in Table 2. As was expected, as the presence of colostrum increased in the milk, percentages of fat, protein, total solids, and non-fat solids were increased, while lactose contents decreased. These results are according to those found by other authors in transitional milk from colostrum to milk (Romero, Beltrán, Pérez-Baena, Rodríguez, & Molina, 2014; Sánchez-Macías et al., 2014; Tsioulpas, Lewis, & Grandison, 2007). According to Bogahawaththa, Chandrapala, & Vasiljevic (2017), a high protein (mainly whey protein) and mineral contents might render milk unsuitable for food processing operations, such as ultra-high temperature processes, and incompliant with the requirements regarding milk composition for processing (Marnila & Korohnen 2002; Sánchez-Macías et al., 2014; Tsioulpas, Lewis, & Grandison, 2007).

The physicochemical characteristics of raw or thermally treated milk samples containing concentrations of colostrum up to 10%, are detailed in Tables 3 and 4. As concentration of colostrum was increased up 10%, acidity and density also increased in milk. However, pH decreased significantly when the colostrum concentration in milk was 10%. These results are according to those found in transitional milk from colostrum to milk (Romero et al., 2014; Sánchez-Macías et al., 2014; Tsioulpas, Lewis, & Grandison, 2007).

An important characteristic of milk is its buffering capacity, i.e., resistance to changes in pH on addition of acid or base. The salts present in mature milk (especially soluble calcium phosphate, citrate, and bicarbonate) and acidic and basic amino acid side-chains of proteins are the main responsible of the buffering capacity (Fox, Uniacke-Lowe, McSweeney, & O'Mahony, 2015). The buffering capacity of milk was not affected by colostrum presence up 10 %. As well, ethanol stability values (near to 70% or higher) were not affected by colostrum presence or heat treatment.

After the heat treatment of milk containing 0, 1, 5, or 10% of colostrum, density and pH values decreased in all cases, while acidity values increased. Pasteurization causes some change in pH due to the loss of CO₂ and precipitation of calcium phosphate (Fox, et al., 2015). As well, heat treatments can result in a decrease on pH due to the thermal oxidation of lactose to various organic acids, hydrolysis of organic phosphate, among other, which accounts for 50 and 30% of the pH decrease, respectively (Singh, 2004). This fact could

explain the acidity increase and pH decrease of milk after heat treatment in this work.

Literature manifests that acid-base equilibria in milk are influenced by processing operations, such as pasteurization above 100 °C (Fox et al., 2015). However, in this experiment neither the milk buffering capacity nor the alcohol stability were affected by the heat treatment, possibly because the pasteurization temperatures were low (56 and 63 °C).

L* and a* values were similar in mature milk and colostrum samples, but yellow index (b*) differed markedly between colostrum (24.42 ± 12.17) and milk (13.73 ± 2.00) (Table 1). Table 4 summarizes the instrumental color parameters of milk samples containing 0, 1, 5 and 10% of colostrum. L* values were not affected by colostrum presence in milk or pasteurization process. Red index values (greenish, negative values) were also not affected by colostrum presence, however, the values increased as pasteurization temperature was higher. The b* values of raw milk increased when the colostrum was added up to 5%, however these differences due to colostrum presence disappeared when milk was pasteurized. On the other hand, the values of b* in raw milk and with 1% of colostrum were not affected by the pasteurization process, while this parameter decreased after LT56 and LT63 treatments in milks with 5 and 10% of colostrum. According to the criteria of Zmeškal et al. (2002), when 1% of colostrum was added to milk, the difference in color related to the raw milk was considered lightly perceptible, while adding 5 to 10 % colostrum resulted in higher differences respect to raw milk (middle differences according to Zmeškal's et al. scale). On the other hand, color differences decreased with the pasteurization process, and these differences were lower as pasteurization temperature increased.

The probable reason for differences in color data can be the higher carotenoids content of colostrum than in mature milk (Kehoe, Jayarao, & Heinrichs, 2007), which varies from yellow to orange and deep red-orange as the concentration of carotenoids increases (Antone et al., 2015).

Cheese-making Properties of Milks

As colostrum exhibits some extreme physical properties, this could be an important issue for the dairy industry because it could affect milk processability when it is present in milk bulk tank, as suggested by Sánchez-Macías et al. (2014) and Tsioulpas, Lewis, & Grandison (2007). As reported in scientific literature, casein content in milk is double than in colostrum, while the latter has reduced proportions of α_S -caseins and elevate

proportions of κ -casein (Sobczuk-Szul, Wielgosz-Groth, Wroński, & Rzemieniewski, 2013). Alteration of protein content and the proportion of the individual proteins in milk, could alter the quality of the milk after heat treatment, and consequently the cheesemaking properties, the effectiveness of pasteurization and the quality of final product. However, according to the obtained results (Table 5), there were not statistical differences in the rennet coagulation properties for RCT, RCF, F30, F45 and F60 parameters between non-added colostrum milk and those containing 1-10% of colostrum treated at 56 °C for 1 h or at 63 °C for 30 min. Furthermore, CY values were higher in LT63 milk samples than in their LT56 counterparts, while CD values were lower, but there were no statistical differences for these two parameters when colostrum was present in milk up to 10%.

According to Singh and Fox (1985, 1986) heating at pH values less than 6.7 results in a greater quantity of denatured whey proteins associating with casein micelles. During rennet coagulation process, a weak curd structure and higher cheese yield could be the result of the incorporation of denatured whey proteins, mainly due to the interactions of these proteins with casein micelles after pasteurization (Singh & Waungana, 2001). On the other hand, according to Bogahawaththa et al. (2017), the main whey proteins (IgG, β -lactoglobulin, α -lactalbumin and bovine serum albumin) are heat sensitive with various thermal denaturation extensions, depending on the nature of the heat treatment, the individual physicochemical characteristics of these proteins and the influence of the interprotein interactions, generally through the interchange reactions between free sulfhydryl groups and disulfide bonds of proteins (Bogahawaththa et al, 2017; Wijayanti, Bansal, & Deeth, 2014). Therefore, increasing the level of whey protein denaturation (by elevating the pasteurization temperature) could impair the rennet coagulation properties of milk when is pasteurized above 72 °C (Guinee, 2021).

Pasteurization has been shown to have either a positive influence (Salwa & Galal, 2002; San Martín-González et al., 2007) or no effect on cheese yield (Drake, Harrison, Asplund, Barbosa-Canovas, & Swanson, 1997). Cheese yield depends almost entirely on the moisture content of the cheese, fat and casein contents of milk, and the retention of each during cheese making (De Marchi, Bittante, Dal Zotto, Dalvit, & Cassandro, 2008; Guinee et al., 2007). It was expected that the intensity of heat treatment could affect in degree the denaturation of whey proteins, which could be incorporated into cheese curd, resulting in a higher cheese yield when LT63 treatment was applied in comparison to LT56 treatment. The lower level of CD observed in curds from milks LT63-treated could

be explained by the higher water retention of these curds due to the incorporation of a high extent of denatured whey proteins (Guinee, 2021) compared to curds from milks LT56-treated.

Microbiological Characteristics

Table 6 shows the mean values of TPC of each milk sample, as well as the pasteurization effectiveness through bacterial reduction in percentage. TPC in raw milk was 3.67 log cfu mL⁻¹. As colostrum concentration was higher in raw milk, TPC was increasing, and it was statistically different when 5% of colostrum was included in milk (4.41 log cfu mL⁻¹). Both thermal treatments had similar bacterial reduction (99.81-99.90% of reduction) on raw milk (0% colostrum addition). However, the effectiveness of these discontinuous heat treatments diminished when 1, 5 y 10% of colostrum was included in milk (from 99.9% to 94.59 in LT56; and from 99.81 to 98.83 in LT63, when 10% of colostrum was added). These values are similar than others reported in the literature for LTLT treatment, such as those found by Liu et al. (2020). These authors compared heat conventional and non-conventional treatment on milk and observed that thermal treatment at 63°C for 30 min resulted in a near three-log cycle reduction (99.85%) in total bacterial count (from 5.08 in raw milk to 2.26 log cfu mL⁻¹ in pasteurized milk).

Johnson, Godden, Molitor, Ames, & Hagman (2007) demonstrated that a heat treatment performed at 60 °C for 30 min can significantly reduce pathogenic bacteria in colostrum. Elizondo-Salazar, Jayarao, & Heinrichs, (2010) found that most bacterial groups require approximately 30 min or less at 60 °C to destroy 90% of its populations in colostrum, however, environmental streptococci require at least 65 min at 57 °C or 45 min at 63 °C. Similarly, Donahue et al. (2012) reported that bath heat treatment of colostrum at 60 °C for 60 min significantly decreased coliform counts and TPC by 2.25 log and did not affect native IgG concentration.

In this study, after the heat treatment was carried out, the bacterial load decreased between 94.6 and 99.9% (from 1.3 to 3.1 log CFU mL⁻¹ microbial reduction, as shown in Figure 1), depending on the presence of colostrum, which is considered a very good reduction. However, as reported by Elizondo-Salazar et al. (2010), colostrum requires a longer time or temperature than the standard treatment at 63 °C for 30 min, to eliminate a greater burden of environmental streptococci. These microorganisms are usually present in milk or colostrum due to environmental contamination, which is why it is necessary to maintain good hygiene and control, both udders and during the milking process, to reduce

the contamination of this pathogen.

In view of these results, when dairy industry suspects milk fraud with colostrum, or when transitional milk is used, the conventional LTLT pasteurization process (63 °C for 30 min) must be used to ensure the safety of their products. Various researchers (Barbano, Ma, & Santos, 2006; Boor et al., 1998) have shown poor quality of finished dairy products due to a higher bacteria content in raw milk. Current traditional methods of pasteurization have been effective at reducing bacterial load by as much as 5.0 log cfu mL⁻¹ (Guan, Chen, & Hoover, 2005).

It is also necessary to mention that the high content of antimicrobial components in colostrum could affect the fermentation process (Marnila & Korohnen, 2002; McGrath et al., 2016), or even the residual microbial content during the life of the products during storage. For this reason, it is necessary further studies in the future to evaluate the presence of colostrum in milk on processed products during different storage periods.

3.4. Conclusions

Presence of colostrum up to 10% can modify the proximate composition and physicochemical characteristics of milk, which could impair the ability of the milk to be processed in the cheese industry. Cheese-making properties of milk are not affected by colostrum presence up to 10%, contrary to the expected. However, the heat treatment at 63 °C for 30 min results in a milk with higher values for CY and lower CD values, respectively, when compared with milk heat-treated at 56 °C for 60.

Microbiological analysis results show the effectiveness of the two discontinuous thermal treatments (63 °C for 30 min and 56 °C for 60 min) reducing the TPC used in the processing of milk for the cheese industry. However, the first heat treatment proves to be more efficient for reducing the TPC in comparison to the second when colostrum is present in milk as low as 1%.

Because of these results, the conventional HTLT treatment of 63 °C for 30 min is recommended to be used when the presence of colostrum is suspected to ensure the safety of dairy products. However, it is necessary further experiment in the future to evaluate the presence of colostrum on processed products during their storage periods.

As a recommendation for milk producers, the incidence of colostrum in milk bulk tank may be minimized by adopting appropriate operation and maintenance of milking equipment, as well as contemporary dairy husbandry practices.

Funding: This work was supported by Universidad Nacional de Chimborazo and Universitat Autònoma de Barcelona through the project Presence of colostrum and its effect on the quality of milk and cheese, and the impact on hygienization prior to its use in industry [Presencia de calostro y su efecto sobre la calidad de la leche y el queso, y su repercusión en la higienización de la misma previo a su utilización en la industria].

Acknowledgements: The authors are grateful to all members of the Research Group “Producción Animal e Industrialización” from Universidad Nacional de Chimborazo.

3.5. References

- Abd El-Fattah, A. M., Abd Rabo, F. H. R., El-Dieb, S. M., & Elkashef, H. A. S. (2014). Preservation methods of buffalo and bovine colostrum as a source of bioactive components. *International Dairy Journal*, 39(1). <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2014.04.008>
- Abd El -Fattah, A. M., Abd Rabo, F. H. R., EL-Dieb, S. M., & Elkashef, H. A. S. (2012). Changes in composition of colostrum of Egyptian buffaloes and Holstein cows. *BMC Veterinary Research*, 8. <https://doi.org/10.1186/1746-6148-8-19>
- Alegbeleye, O. O., Guimarães, J. T., Cruz, A. G., & Sant’Ana, A. S. (2018). Hazards of a ‘healthy’ trend? An appraisal of the risks of raw milk consumption and the potential of novel treatment technologies to serve as alternatives to pasteurization. In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 82). <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.10.007>
- Angulo, F. J., LeJeune, J. T., & Rajala-Schultz, P. J. (2009). Unpasteurized milk: a continued public health threat. *Clinical Infectious Diseases*, 48(1), 93-100.
- Antone, U., Zagorska, J., Sterna, V., Jemeljanovs, A., Berzins, A., & Ikauniece, D. (2015). Effects of dairy cow diet supplementation with carrots on milk composition, concentration of cow blood serum carotenes, and butter oil fat-soluble antioxidative substances. *Agronomy Research*, 13(4).
- Argüello, A., Castro, N., Capote, J., Ginés, R., Acosta, F., & López, J. L. (2003). Effects of refrigeration, freezing-thawing and pasteurization on IgG goat colostrum preservation. *Small Ruminant Research*, 48(2), 135–139. [https://doi.org/10.1016/S0921-4488\(02\)00277-8](https://doi.org/10.1016/S0921-4488(02)00277-8)
- Barbano, D. M., Ma, Y., & Santos, M. V. (2006). Influence of raw milk quality on fluid milk shelf life. In *Journal of dairy science: Vol. 89 Suppl 1*.

[https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(06\)72360-8](https://doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(06)72360-8)

- Bogahawaththa, D., Chandrapala, J., & Vasiljevic, T. (2017). Thermal denaturation of bovine immunoglobulin G and its association with other whey proteins. *Food Hydrocolloids*, 72. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.06.017>
- Boor, K. J., & Murphy, S. C. (2002). Microbiology of market milks. In R. K. Robinson (Ed.), *Dairy microbiology handbook* (3rd ed., pp. 91e122). New York, NY, USA: John Wiley and Sons, Inc.
- Borad, S. G., Singh, A. K., Kapila, S., Behare, P., Arora, S., & Sabikhi, L. (2019). Influence of unit operations on immunoglobulins and thermal stability of colostrum fractions. *International Dairy Journal*, 93, 85–91. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2019.02.007>
- Borad, Sanket G., & Singh, A. K. (2018). Colostrum immunoglobulins: Processing, preservation and application aspects. In *International Dairy Journal* (Vol. 85). <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.05.016>
- Bucci, A. J., Van Hekken, D. L., Tunick, M. H., Renye, J. A., & Tomasula, P. M. (2018). The effects of microfluidization on the physical, microbial, chemical, and coagulation properties of milk. *Journal of Dairy Science*, 101(8). <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13907>
- Burton, H. (1994). Chemical and physical changes in milk at high temperatures. In *Ultra-high-temperature processing of milk and milk products* (pp. 44-76). Springer, Boston, MA.
- Calvo, M. M., & Balcones, E. (1998). Influence of Heat Treatment on Rennet Clotting Properties of Mixtures of Cow's, Ewe's, and Goat's Milk and on Cheese Yield. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 46(8). <https://doi.org/10.1021/jf9801623>
- Calvo, M. M., & Espinoza, N. A. (1999). Syneresis rate of cow's, ewe's, and goat's curd. Effect of thermal treatment and ultrafiltration. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(3). <https://doi.org/10.1021/jf980783w>
- Daviau, C., Famelart, M. H., Pierre, A., Goudédranche, H., & Maubois, J. L. (2000). Rennet coagulation of skim milk and curd drainage: Effect of pH, casein concentration, ionic strength and heat treatment. *Lait*, 80(4). <https://doi.org/10.1051/lait:2000134>
- Donahue, M., Godden, S. M., Bey, R., Wells, S., Oakes, J. M., Sreevatsan, S., & Fetrow, J. (2012). Heat treatment of colostrum on commercial dairy farms decreases

- colostrum microbial counts while maintaining colostrum immunoglobulin G concentrations. *Journal of dairy science*, 95(5), 2697-2702. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-5220>
- De Marchi, M., Bittante, G., Dal Zotto, R., Dalvit, C., & Cassandro, M. (2008). Effect of Holstein Friesian and Brown Swiss breeds on quality of milk and cheese. *Journal of Dairy Science*, 91(10). <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0788>
- Drake, M. A., Harrison, S. L., Asplund, M., Barbosa-Canovas, G., & Swanson, B. G. (1997). High pressure treatment of milk and effects on microbiological and sensory quality of cheddar cheese. *Journal of Food Science*, 62(4). <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1997.tb15468.x>
- Elizondo-Salazar, J. A., Jayarao, B. M., & Heinrichs, A. J. (2010). Effect of heat treatment of bovine colostrum on bacterial counts, viscosity, and immunoglobulin G concentration. *Journal of dairy science*, 93(3), 961-967. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2388>
- Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., & O'Mahony, J. A. (2015). Heat-Induced Changes in Milk. In *Dairy Chemistry and Biochemistry*. https://doi.org/10.1007/978-3-319-14892-2_9
- Gapper, L. W., Copestake, D. E. J., Otter, D. E., & Indyk, H. E. (2007). Analysis of bovine immunoglobulin G in milk, colostrum and dietary supplements: A review. In *Analytical and Bioanalytical Chemistry* (Vol. 389, Issue 1, pp. 93–109). <https://doi.org/10.1007/s00216-007-1391-z>
- Gedam, K., Prasad, R., & Vijay, V. K. (2007). The Study on UHT Processing of Milk: A Versatile Option for Rural Sector. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 2(2).
- Georgiev, I. P. (2008). Differences in Chemical Composition Between Cow Colostrum and Milk. *Bulgarian Journal of Veterinary Medicine*, 11(1).
- Godden, S. M., Lombard, J. E., & Woolums, A. R. (2019). Colostrum Management for Dairy Calves. In *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice* (Vol. 35, Issue 3, pp. 535–556). W.B. Saunders. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.005>
- Godden, S., McMartin, S., Feirtag, J., Stabel, J., Bey, R., Goyal, S., Metzger, L., Fetrow, J., Wells, S., & Chester-Jones, H. (2006). Heat-treatment of bovine colostrum. II: Effects of heating duration on pathogen viability and immunoglobulin G. *Journal of Dairy Science*, 89(9). [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(06\)72386-4](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(06)72386-4)
- Gross, J. J., Kessler, E. C., & Bruckmaier, R. M. (2014). Colour measurement of

- colostrum for estimation of colostral IgG and colostrum composition in dairy cows. *Journal of Dairy Research*, 81(4). <https://doi.org/10.1017/S0022029914000466>
- Guan, D., Chen, H., & Hoover, D. G. (2005). Inactivation of *Salmonella typhimurium* DT 104 in UHT whole milk by high hydrostatic pressure. *International Journal of Food Microbiology*, 104(2). <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.01.014>
- Guinee, T. P., Mulholland, E. O., Kelly, J., & Callaghan, D. J. O. (2007). Effect of protein-to-fat ratio of milk on the composition, manufacturing efficiency, and yield of cheddar cheese. *Journal of Dairy Science*, 90(1), 110–123. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)72613-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)72613-9)
- Guinee, Timothy P. (2021). Effect of high-temperature treatment of milk and whey protein denaturation on the properties of rennet–curd cheese: A review. *International Dairy Journal*, 105095. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2021.105095>
- Huppertz, T., Fox, P. F., & Kelly, A. L. (2004). Influence of high pressure treatment on the acidification of bovine milk by lactic acid bacteria. *Milchwissenschaft*, 59(5–6).
- Indyk, H. E., Williams, J. W., & Patel, H. A. (2008). Analysis of denaturation of bovine IgG by heat and high pressure using an optical biosensor. *International Dairy Journal*, 18(4). <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2007.10.004>
- Jeong, S.-G., Ham, J.-S., Kim, D.-H., Ahn, C.-N., Chae, H.-S., You, Y.-M., Jang, A., Kwon, I.-K., & Lee, S.-G. (2009). Physicochemical Properties of Colostrum by Milking Time of Gyeonggi Province. In *Korean J. Food Sci. Ani. Resour* (Vol. 29, Issue 4).
- Johnson, J. L., Godden, S. M., Molitor, T., Ames, T., & Hagman, D. (2007). Effects of feeding heat-treated colostrum on passive transfer of immune and nutritional parameters in neonatal dairy calves. *Journal of dairy science*, 90(11), 5189-5198. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0219>
- Kehoe, S. I., Jayarao, B. M., & Heinrichs, A. J. (2007). A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on Pennsylvania dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 90(9). <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0040>
- Korhonen, H. (2009). Milk-derived bioactive peptides: From science to applications. *Journal of functional foods*, 1(2), 177-187.
- Larson, B. L. (1992). Immunoglobulins of the mammary secretions. *Advanced dairy chemistry-1: Proteins.*, (Ed. 2), 231-254.
- Liu, G., Carøe, C., Qin, Z., Munk, D. M., Crafacck, M., Petersen, M. A., & Ahrné, L. (2020). Comparative study on quality of whole milk processed by high hydrostatic pressure or

- thermal pasteurization treatment. *LWT*, *127*, 109370.
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109370>
- Madsen, B. D., Rasmussen, M. D., Nielsen, M. O., Wiking, L., & Larsen, L. B. (2004). Physical properties of mammary secretions in relation to chemical changes during transition from colostrum to milk. *Journal of Dairy Research*, *71*(3).
<https://doi.org/10.1017/S0022029904000263>
- McGrath, B. A., Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., & Kelly, A. L. (2016). Composition and properties of bovine colostrum: a review. In *Dairy Science and Technology* (Vol. 96, Issue 2, pp. 133–158). Springer-Verlag France. <https://doi.org/10.1007/s13594-015-0258-x>
- Marnila, P. & Korhonen, H. (2002). Colostrum. *Encyclopedia of Dairy Sciences*. 1, 473–478
- Morales-delaNuez, A., Hernández-Castellano, L. E., Moreno-Indias, I., Sánchez-Macías, D., Argüello, A., & Castro, N. (2020). Use of glycerol and propylene glycol as additives in heat-treated goat colostrum. *Journal of Dairy Science*, *103*(3).
<https://doi.org/10.3168/jds.2019-17535>
- Nedomová, Š., Kilián, L., Pytel, R., & Kumbár, V. (2017). Effect of ripening time on colour and texture properties in cheese. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*, *11*(1). <https://doi.org/10.5219/744>
- Pakkanen, R., & Aalto, J. (1997). Growth factors and antimicrobial factors of bovine colostrum. *International Dairy Journal*, *7*(5). [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(97\)00022-8](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(97)00022-8)
- Romero, T., Beltrán, M. C., Pérez-Baena, I., Rodríguez, M., & Molina, M. P. (2014). Effect of the presence of colostrum on microbial screening methods for antibiotic detection in goats' milk. *Small Ruminant Research*, *121*(2–3), 376–381.
<https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2014.07.007>
- Rynne, N. M., Beresford, T. P., Kelly, A. L., & Guinee, T. P. (2004). Effect of milk pasteurization temperature and in situ whey protein denaturation on the composition, texture and heat-induced functionality of half-fat Cheddar cheese. *International Dairy Journal*, *14*(11). <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2004.03.010>
- Salwa, A. A., & Galal, E. A. (2002). Effect of milk pretreatment on the keeping quality of Domiati cheese. *Pakistan journal of Nutrition*, *1*(3), 132-136.
- San Martín-González, M. F., Rodríguez, J. J., Gurrám, S., Clark, S., Swanson, B. G., & Barbosa-Cánovas, G. V. (2007). Yield, composition and rheological characteristics

- of cheddar cheese made with high pressure processed milk. *LWT - Food Science and Technology*, 40(4). <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2006.03.022>
- Sánchez-Macías, D., Moreno-Indias, I., Castro, N., Morales-delaNuez, A., & Argüello, A. (2014). From goat colostrum to milk: Physical, chemical, and immune evolution from partum to 90 days postpartum. *Journal of Dairy Science*, 97(1). <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6811>
- Sarkar, S. (2015). Microbiological considerations: Pasteurized milk. *International Journal of Dairy Science*, 10(5). <https://doi.org/10.3923/ijds.2015.206.218>
- Sharma, P., Bremer, P., Oey, I., & Everett, D. W. (2014). Bacterial inactivation in whole milk using pulsed electric field processing. *International Dairy Journal*, 35(1). <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.10.005>
- Singh, H. (2004). Heat stability of milk. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2–3). <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00143.x>
- Singh, H., & Fox, P. F. (1985). Heat stability of milk: pH-dependent dissociation of micellar K-casein on heating milk at ultra high temperatures. In *Journal of Dairy Research* (Vol. 52). 529-538
- Singh, H., & Fox, P. F. (1986). Heat stability of milk: further studies on the pH-dependent dissociation of micellar /c-casein. In *Journal of Dairy Research* (Vol. 53). 237-248
- Singh, H., & Havea, P. (2003). Thermal denaturation, aggregation and gelation of whey proteins. In *Advanced dairy chemistry—1 proteins* (pp.1261-1287). Springer, Boston, MA.
- Singh, H., & Waungana, A. (2001). Influence of heat treatment of milk on cheesemaking properties. *International Dairy Journal*, 11(4–7). [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00085-1](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00085-1)
- Smolenski, G., Haines, S., Kwan, F. Y. S., Bond, J., Farr, V., Davis, S. R., Stelwagen, K., & Wheeler, T. T. (2007). Characterisation of host defence proteins in milk using a proteomic approach. *Journal of Proteome Research*, 6(1). <https://doi.org/10.1021/pr0603405>
- Sobczuk-Szul, M., Wielgosz-Groth, Z., Wroński, M., & Rzemieniewski, A. (2013). Changes in the bioactive protein concentrations in the bovine colostrum of jersey and polish holstein-friesian cows. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 37(1). <https://doi.org/10.3906/vet-1107-42>
- Steinbach, G., Kreutzer, B., & Meyer, H. (1981). Zum einfluss der erwärmung auf den immunbiologischen wert des rinderkolostrums. *Monatshefte für Veterinärmedizin*.

29-31.

- Trujillo, A. J., Castro, N., Quevedo, J. M., Argüello, A., Capote, J., & Guamis, B. (2007). Effect of heat and high-pressure treatments on microbiological quality and immunoglobulin G stability of caprine Colostrum. *Journal of Dairy Science*, *90*(2). [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(07\)71567-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(07)71567-9)
- Tsioulpas, A., Grandison, A. S., & Lewis, M. J. (2007). Changes in physical properties of bovine milk from the colostrum period to early lactation. *Journal of Dairy Science*, *90*(11). <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0192>
- Verraes, C., Vlaemyck, G., Van Weyenberg, S., De Zutter, L., Daube, G., Sindic, M., Uyttendaele, M., & Herman, L. (2015). A review of the microbiological hazards of dairy products made from raw milk. In *International Dairy Journal* (Vol. 50, pp. 32–44). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2015.05.011>
- Wijayanti, H. B., Bansal, N., & Deeth, H. C. (2014). Stability of Whey Proteins during Thermal Processing: A Review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *13*(6). <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12105>
- Zhang, L. Y., Wang, J. Q., Yang, Y. X., Bu, D. P., Li, S. S., & Zhou, L. Y. (2011). Comparative proteomic analysis of changes in the bovine whey proteome during the transition from colostrum to milk. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, *24*(2). <https://doi.org/10.5713/ajas.2011.10122>

Table 3.1. Physicochemical and microbiological characteristics of colostrum and milk.

Item	Colostrum	Milk	SEM ¹
Fat (%)	4.56 ^a	4.18 ^b	0.21
Protein (%)	11.57 ^a	3.36 ^b	4.50
Lactose (%)	3.60 ^a	4.60 ^b	0.55
Non-fat solids (%)	15.76 ^a	9.06 ^b	4.22
Total solids (%)	20.79 ^a	13.39 ^b	4.05
Acidity (%)	0.46 ^a	0.17 ^b	0.16
pH	6.22 ^a	6.63 ^b	0.23
Density (g mL ⁻¹)	1.049 ^a	1.030 ^b	0.01
Buffering capacity (mL)	46.93 ^a	28.67 ^b	10.31
Ethanol Stability (%)	50 ^a	72.66 ^b	16.46
Total plate count (log cfu mL ⁻¹)	5.46 ^a	3.67 ^b	1.00
Immunoglobulin G (mg mL ⁻¹)	61.15 ^a	1.32 ^b	34.55
Color parameters			
L*	82.37 ^a	86.38 ^a	3.35
a*	-3.98 ^a	-4.28 ^a	0.33
b*	24.42 ^a	13.73 ^b	8.35

^{a-b} Means for the same variable in the same row with different superscript differs significantly ($P < 0.05$).

¹ SEM: Standard Error of the Mean

Table 3.2. Composition of raw or pasteurized milk containing 0, 1, 5 and 10% of colostrum treated at 56 °C for 1 h (LT56) or at 63 °C for 30 min (LT63).

Item	Treatment	Colostrum concentration (%)				SEM ¹
		0	1	5%	10	
Fat (%)	Raw	4.18 ^a	4.20 ^a	4.23 ^b	4.28 ^c	0.01
	LT56	4.25 ^a	4.28 ^b	4.30 ^c	4.32 ^d	0.01
	LT63	4.14 ^a	4.18 ^a	4.34 ^b	4.42 ^c	0.04
	SEM	0.01	0.03	0.01	0.01	
Protein (%)	Raw	3.36 ^a	3.55 ^b	3.85 ^c	4.56 ^{dz}	0.17
	LT56	3.27 ^a	3.46 ^b	3.84 ^c	4.47 ^{dy}	0.17
	LT63	3.36 ^a	3.45 ^a	3.84 ^b	4.25 ^{cx}	0.13
	SEM	0.01	0.02	0.02	0.01	
Lactose (%)	Raw	4.60 ^a	4.54 ^b	4.41 ^c	4.31 ^d	0.04
	LT56	4.54 ^a	4.46 ^b	4.40 ^c	4.34 ^d	0.03
	LT63	4.56 ^a	4.55 ^a	4.41 ^b	4.27 ^c	0.04
	SEM	0.02	0.02	0.01	0.01	
Non-fat solids (%)	Raw	8.06 ^a	8.22 ^b	8.48 ^c	9.22 ^d	0.17
	LT56	7.95 ^a	8.12 ^b	8.43 ^c	9.09 ^d	0.16
	LT63	8.03 ^a	8.14 ^b	8.42 ^c	8.85 ^d	0.12
	SEM	0.03	0.02	0.01	0.01	
Total solids (%)	Raw	13.39 ^a	13.42 ^b	13.69 ^c	14.40 ^d	0.15
	LT56	13.29 ^a	13.59 ^b	13.71 ^c	14.36 ^d	0.15
	LT63	13.20 ^a	13.25 ^a	13.46 ^b	14.72 ^c	0.24
	SEM	0.01	0.02	0.02	0.02	

^{a-d} Means for the same variable in the same row with different superscript differs significantly ($P < 0.05$).

^{z-x} Means for the same variable in the same column with different superscript differs significantly ($P < 0.05$).

¹ SEM: Standard Error of the Mean.

Table 3.3. Physicochemical characteristic of raw or pasteurized milk containing 0, 1, 5 and 10% of colostrum treated at 56 °C for 1 h (LT56) or at 63 °C for 30 min (LT63).

Item	Treatment	Colostrum concentration (%)				SEM ¹
		0	1	5	10	
pH	Raw	6.63 ^{az}	6.63 ^{az}	6.62 ^{az}	6.59 ^{az}	0.01
	LT56	6.55 ^{ay}	6.54 ^{ay}	6.51 ^{by}	6.48 ^{cy}	0.01
	LT63	6.52 ^{ay}	6.50 ^{ay}	6.46 ^{ay}	6.46 ^{ay}	0.01
	SEM	0.02	0.02	0.02	0.02	
Acidity (%)	Raw	0.17 ^{az}	0.19 ^{abz}	0.20 ^b	0.22 ^b	0.01
	LT56	0.19 ^{azy}	0.20 ^{abzy}	0.21 ^{ab}	0.22 ^b	<0.00
	LT63	0.20 ^{ay}	0.21 ^{aby}	0.22 ^b	0.24 ^b	0.01
	SEM	<0.00	<0.00	0.01	0.01	
Density (g mL ⁻¹)	Raw	1.030 ^{az}	1.031 ^{az}	1.032 ^{abz}	1.033 ^{bz}	<0.00
	LT56	1.027 ^{ay}	1.028 ^{ay}	1.029 ^{ay}	1.029 ^{ay}	<0.00
	LT63	1.026 ^{ay}	1.026 ^{aby}	1.027 ^{aby}	1.029 ^{by}	<0.00
	SEM	<0.00	<0.00	<0.00	<0.00	
Buffering Capacity (mL)	Raw	28.67	29.40	30.80	31.47	0.89
	LT56	30.33	30.93	31.93	32.93	0.69
	LT63	28.87	30.13	31.53	32.33	0.71
	SEM	0.89	0.81	0.80	0.85	
Ethanol Stability (%)	Raw	72.66	70.66	70.66	69.33	1.71
	LT56	72.00	70.00	70.00	68.66	0.83
	LT63	76.66	75.33	74.66	73.33	0.99
	SEM	1.61	1.66	1.61	1.44	

^{a-c} Means for the same variable in the same row with different superscript differs significantly ($P < 0.05$).

^{z-y} Means for the same variable in the same column with different superscript differs significantly ($P < 0.05$).

¹ SEM: Standard Error of the Mean.

Table 3.4. Instrumental color analysis of raw or pasteurized milk containing 0, 1, 5 and 10% of colostrum treated at 56 °C for 1 h (LT56) and 63 °C for 30 min (LT63).

Item	Treatment	Colostrum concentration (%)				SEM ¹
		0%	1%	5%	10%	
Luminosity	Raw	86.38	86.28	86.60	86.08	0.79
	LT56	86.42	86.22	86.29	86.31	0.64
	LT63	86.59	86.38	86.32	86.30	0.68
	SEM	0.86	0.83	0.82	0.83	
Red index (a*)	Raw	-4.28 ^z	-4.64 ^z	-4.48 ^z	-4.61 ^z	0.10
	LT56	-4.79 ^y	-4.71 ^{zy}	-4.91 ^y	-4.73 ^{zy}	0.08
	LT63	-4.90 ^y	-4.93 ^y	-5.00 ^y	-4.91 ^y	0.07
	SEM	0.14	0.08	0.13	0.10	
Yellow index (b*)	Raw	13.73 ^a	13.82 ^a	17.94 ^{bz}	18.16 ^{bz}	0.94
	LT56	12.62	11.80	13.73 ^y	15.70 ^y	1.04
	LT63	12.14	11.45	12.71 ^y	13.33 ^y	0.76
	SEM	0.80	1.06	1.09	1.36	
ΔE^*	Raw	-	2.31 ^{az}	4.73 ^{abz}	5.31 ^{bz}	0.59
	LT56	-	1.31 ^{ay}	1.95 ^{ay}	3.66 ^{bzy}	0.32
	LT63	-	1.21 ^{ay}	0.78 ^{ay}	1.56 ^{by}	0.18
	SEM		0.44	0.69	1.21	

^{a-b} Means for the same variable in the same row with different superscript differs significantly ($P < 0.05$).

^{z-y} Means for the same variable in the same column with different superscript differs significantly ($P < 0.05$).

¹ SEM: Standard Error of the Mean

Table 3.5. Cheese-making properties of raw or pasteurized milk containing 0, 1, 5 and 10% of colostrum treated at 56 °C for 1 h (LT56) or at 63 °C for 30 min (LT63).

Parameters	Treatment	Colostrum concentration (%)				SEM ¹
		0%	1%	5%	10%	
RCT (min)	LT56	12.8	12.94	12.00	11.50	0.68
	LT63	13.53	13.25	12.11	11.01	1.15
	SEM	0.52	0.22	0.08	0.34	
RCA ($\Delta\%$ T/min)	LT56	1.03	1.02	1.06	1.14	0.06
	LT63	1.04	1.02	1.14	1.23	0.10
	SEM	0.01	0.00	0.06	0.06	
F30 ($\Delta\%$ T)	LT56	10.43	10.33	10.66	11.1	0.35
	LT63	10.84	10.37	10.52	10.9	0.25
	SEM	0.29	0.03	0.10	0.14	0.06
F45 ($\Delta\%$ T)	LT56	13.16	13.02	13.34	13.77	0.33
	LT63	13.74	13.1	13.11	13.34	0.30
	SEM	0.41	0.05	0.17	0.31	
F60 ($\Delta\%$ T)	LT56	14.8	14.73	14.99	15.49	0.34
	LT63	15.64	14.89	14.83	15.07	0.37
	SEM	0.59	0.11	0.12	0.3	
CY (%)	LT56	22.60 ^z	22.83 ^z	24.41 ^z	25.68 ^z	1.44
	LT63	35.10 ^y	34.96 ^y	34.29 ^y	34.24 ^y	0.45
	SEM	8.84	8.58	6.99	6.05	
CD (%)	LT56	20.22 ^z	20.76 ^z	21.06 ^z	20.86 ^z	0.36
	LT63	16.60 ^y	16.99 ^y	16.98 ^y	17.05 ^y	0.21
	SEM	2.56	2.66	2.88	2.70	0.11

^{z-y} Means for the same variable in the same column with different superscript differs significantly ($P < 0.05$).

Rennet coagulation time (RCT, min), rate of curd firming (RCF, $\Delta\%$ T/min), curd firmness at 30, 45 and 60 min (F30, F45 and F60, $\Delta\%$ T). Potential cheese yield (CY, %) and curd draining capacity (CD, %).

¹ SEM: Standard Error of the Mean

Table 3.6. Means values of total bacterial counts (log cfu mL⁻¹) and bacterial reduction (%) of raw or pasteurized milk containing 0, 1, 5 and 10% of colostrum treated at 56 °C for 1 h (LT56) or at 63 °C for 30 min (LT63).

Treatment	Colostrum concentration (%)				SEM ¹
	0%	1%	5%	10%	
Raw	3.67 ^{az}	3.75 ^{az}	4.01 ^{bz}	4.41 ^{cz}	0.09
LT56	0.84 ^{ay}	2.06 ^{by}	2.77 ^{cy}	3.12 ^{cy}	0.31
LT63	0.52 ^{ay}	1.31 ^{abx}	2.00 ^{bcx}	2.32 ^{cx}	0.22
SEM	0.51	0.36	0.51	0.33	
Bacterial reduction (%)					
LT56	99.90 ^a	97.92 ^{az}	95.28 ^{bz}	94.59 ^{bz}	0.08
LT63	99.81 ^a	99.63 ^{ay}	98.69 ^{by}	98.88 ^{by}	0.09
SEM	0.08	0.74	0.08	0.68	

^{a-c} Means for the same variable in the same row with different superscript differs significantly ($P < 0.05$).

^{z-x} Means for the same variable in the same column with different superscript differs significantly ($P < 0.05$).

¹ SEM: Standard Error of the Mean.

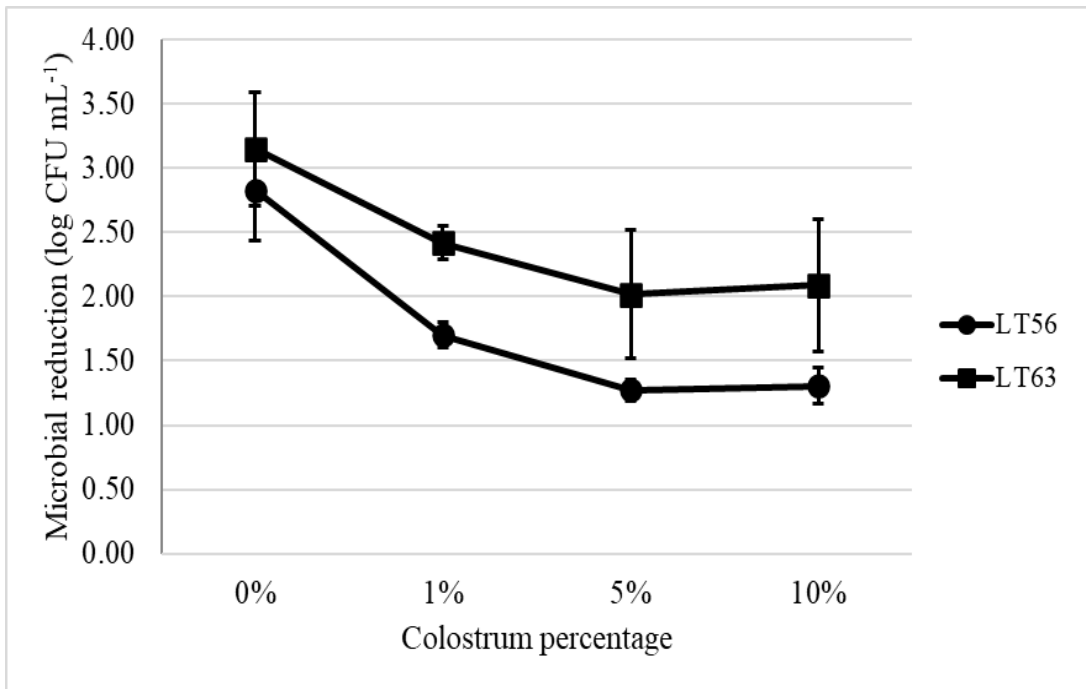


Figure 3.1. Microbial reduction (log cfu mL⁻¹) of milk containing 0, 1, 5 and 10% of colostrum after heat treatment at 56 °C for 1 h (LT56) or at 63 °C for 30 min (LT63).

Capítulo 4. Determinación del protocolo de textura instrumental aplicado en queso fresco



Capítulo 4. Determinación del protocolo de textura instrumental aplicado en queso fresco

4.1. Introducción

La textura es uno de los atributos sensoriales que los consumidores utilizan para evaluar la aceptabilidad de los alimentos y la decisión de compra, la calidad y características funcionales del queso y también para buscar diferencias entre variedades de quesos o en un proceso de investigación (Wendin et al., 2000; Foegeding et al., 2003; Rahman et al., 2021). La textura de los alimentos se puede medir mediante pruebas sensoriales como el análisis sensorial descriptivo con jueces capacitados y mediante el uso de métodos instrumentales (Foegeding et al., 2011). La textura del queso, al ser una propiedad sensorial, se expresa en última instancia en términos o descriptores sensoriales. Sin embargo, los paneles de textura entrenados pueden ser difíciles y costosos de establecer y mantener. Los métodos instrumentales son más fáciles de realizar, estandarizar y reproducir, y requieren el uso de menos personas capacitadas (Fox et al., 2017). Para la caracterización de la textura del queso, las técnicas más utilizadas son la compresión uniaxial, la relajación por fluencia y el análisis del perfil textural (TPA) (Ramírez-López & Vélez-Ruiz, 2018).

El TPA se utiliza como medición instrumental común para la evaluación de la textura del queso (Gunasekaran, 2002). Es una prueba popular imitativa de compresión uniaxial doble para simular el movimiento de la mandíbula durante la masticación, la cual permite determinar propiedades texturales de los alimentos. Esta prueba resulta casi siempre en la ruptura del alimento, proporcionando información sobre cómo se comportan las muestras cuando se mastican. El TPA mide la respuesta del queso a la compresión de dos compresiones continuas, y además de la firmeza, el estrés de fractura y la tensión, también permite una predicción de parámetros de otros parámetros, como por ejemplo la cohesión, adhesividad, masticabilidad y gomosidad, que son importantes durante la masticación del consumidor (Fox et al., 2017).

Demonte (1995) cita la fracturabilidad, elasticidad, dureza, cohesividad, adhesividad, gomosidad y masticabilidad como los principales parámetros texturales obtenidos con el ensayo de TPA en el queso. Las mediciones proporcionan datos objetivos cuantificables, siempre y cuando las condiciones de medición estén bien definidas. En las propiedades mecánicas descritas influye la estructura propia del alimento en cuestión; fuera de esto el

estado físico del alimento afecta en forma importante a los alimentos de humedad baja (Roos, 1995). Bourne (1968) fue el pionero en adaptar una máquina que permitió realizar mediciones de textura con la finalidad de desarrollar el análisis del perfil de textura.

Analizar la textura instrumental de los quesos ayuda en parte a entender cómo evoluciona o cambia, o incluso analizar posibles factores externos que pueden afectar a su textura (Guzmán et al., 2015). Tener datos fiables de textura instrumental, que puedan correlacionarse con la textura que pueda ser percibida por los consumidores es fundamental para el desarrollo y la innovación o detección de problemas industriales. Sin embargo, si se encuentra que el protocolo de análisis aplicado o la forma y tamaño de la muestra pueden interferir en los resultados del TPA, debemos realizar un análisis más profundo de los protocolos y estandarizar los procesos a la variedad de queso que se quiere analizar.

Existe una gran cantidad de información bibliográfica acerca de las condiciones utilizadas para realizar el ensayo TPA en diferentes variedades de queso, tal y como se muestra en la Tabla 4.1, donde se recogen las condiciones utilizadas por otros autores para este tipo de ensayo en algunas variedades de queso. Sin embargo, no existe un protocolo específico definido y estandarizado respecto a los parámetros de análisis en el equipo o forma y dimensión de las muestras de queso, existiendo diferentes velocidades de análisis (de 0,5 a 2 mm/s), porcentajes de compresión de la muestra (de 20 a 80%), así como geometrías de muestras (cúbicas o cilíndricas), y de diversos tamaños, tal y como se observa en la tabla antes mencionada (Lobato-Calleros et al., 2008; Tunick & Van Hekken, 2010; Diamantino et al., 2014). El intervalo más común encontrado en la literatura para el porcentaje de compresión de la muestra es de 75-80% (Buffa et al., 2001; Van Hekken et al., 2005; Sánchez-Macias et al., 2010), teniendo en cuenta que es un valor de compresión con el cual se puede obtener más información durante la prueba, en contraposición a, por ejemplo, un 20% de compresión, donde casi no se destruye la muestra y no se obtiene una información completa de la misma. En pruebas preliminares realizadas en nuestros laboratorios para determinar el protocolo ideal para analizar el perfil de textura de diferentes variedades de quesos de la provincia de Chimborazo (Ecuador), se evidenció en primera instancia que el protocolo, así como la forma y tamaño de la muestra, podrían interferir en los resultados obtenidos durante el TPA. Por tal motivo, el objetivo de esta investigación fue realizar un estudio del efecto de la forma (cilíndrica o cúbica) y dimensión (2 o 3 cm \varnothing / 1,5 o 2 cm³) de muestras de queso fresco y velocidad de prueba (0,3; 0,7 y 1 mm/s) sobre los resultados del TPA, a un porcentaje de compresión del 75%.

Tabla 4.1. Protocolos de Análisis de Perfil de Textura (TPA) utilizados en distintas variedades de queso.

Tipo de queso	Tipo de instrumento utilizado	Forma y tamaño de la muestra	Velocidad de la prueba (mm/s)	Porcentaje de compresión	Referencia
Queso fresco (sin iniciadores lácticos)	TA-TX2 Texture Analyzer (Stable Micro System, Surrey, Reino Unido)	Cilindros de 25 mm de diámetro por 20 mm de altura	0,8	80	Zamora (2009)
Queso fresco elaborado con leche de cabra cruda, pasteurizada y tratada a altas presiones	TA-TX2 Texture Analyzer (Stable Micro System, Surrey, Reino Unido)	Cubos de 10 mm	1,3	80	Buffa et al. (2001)
Queso suave de leche de cabra	Máquina universal de ensayos (modelo SM-25-155, Material Testing Products Systems Corp., Eden Prairie, MN)	Bloques cilíndricos de aprox. 14,5 mm de diámetro y altura	1,6	75	Van Hekken et al. (2005)
Queso fresco de México	Máquina universal de ensayos Sintech 1/G (MSS Systems, Eden Prairie, MN)	Cilindros de 15 mm de diámetro y 15 mm de altura	1,6	75	Tunick & Van Hekken (2010)
Queso fresco y Chihuahua de México	Analizador de Textura TA. XTplus (Stable Micro Systems, Londres, Reino Unido)	Cilindros de 12 mm de diámetro y 15 mm de altura	0,5	75	Gutiérrez-Méndez et al. (2013)
Queso fresco elaborado con diferentes tipos de coagulantes	Analizador de Textura TA. XTplus (Stable Micro Systems, Londres, Reino Unido)	Cubos de 2 × 2 × 1,5 cm	1,0	60	García-Gómez et al. (2019)
Queso de oveja	Analizador de Textura Universal TAXT2i (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido)	Cilindros de 20 mm de diámetro y de 17 mm de altura	0,8	20	Santini et al. (2007)
Queso elaborado con suero concentrado por ultrafiltración	Máquina universal de ensayos	Cilindros de 20 mm de diámetro y de 20 mm de altura	1,66	75	Guerrero et al. (2015)
Queso fresco Minas	TA-XT2i (Stable Micro Systems Ltd., Godalming, Reino Unido)	Cilindros de 2,5 cm de diámetro y 3 cm de altura	2,0	20	Diamantino et al. (2014)
Quesos bajos en grasa, entero y ahumados	Máquina de prueba universal (Stable Micro Systems, Modelo TA-XT2, Scarsdale, NY, USA)	Cubos 20 mm ³	1,0	50	Adhikari et al. (2003)
Queso azul español (queso Valdeón)	Texturómetro de Software experto (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido)	Cilindros 15 mm de diámetro y 19 mm de altura	0,5	80	Diezhandino (2016)

Tabla 4.1. (Continuación)

Tipo de queso	Tipo de instrumento utilizado	Forma y dimensión de las muestras	Velocidad de prueba (mm/s)	Porcentaje de compresión (%)	Referencia
Queso duro con bajo contenido de sal	Texturómetro de Sistemas Micro estable TA-XT2i (Textura Technologies Corp., White Plains, NY, USA.)	Cilindros 3 cm de diámetro y 2 cm de altura	1,0	55	Floury . et al. (2009)
Queso reducido en grasa (hecho con leche descremada)	Texturometer de Sistemas Micro estable modelo TA-XT2i (Texture Technologies Corp., White Plains, NY, USA.)	Cilindros de 1 cm de diámetro y 1 cm de altura	2,0	50	Lobato-Calleros et al. (2008)
Queso de cabra de estilo artesanal	Analizador de Textura TA-XT2i (Stable Micro Systems Ltd. Godalming, Reino Unido)	Muestras cilíndricas de 2 cm de diámetro y 5 cm de altura	0,33	75	Sánchez-Macías et al. (2010)

4.2. Materiales y métodos

4.2.1. Muestreo y preparación de las muestras de queso fresco

Para este estudio se seleccionó un queso tipo fresco, sin fermento, de coagulación enzimática, procedente de una empresa de procesamiento de lácteos (San Salvador, Riobamba, Ecuador) que representa al tipo de queso fresco más consumido. La empresa, para la fabricación del queso fresco, pasteuriza la leche a $63\text{ }^{\circ}\text{C} \times 30\text{ min}$, añade cloruro cálcico y el cuajo a $35\text{ }^{\circ}\text{C}$, coagula por 30 min y realiza el corte de la cuajada en cubos de 2 cm^3 . A continuación la cuajada se enmolda y prensa durante 20 min, los quesos se sumergen en salmuera y finalmente se envasan al vacío y se mantienen en refrigeración a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. La composición química básica del queso utilizado para este experimento fue de 55% de humedad, 19% de grasa, 20% de proteína, y pH de 6,7.

Se obtuvieron quesos procedentes de 3 producciones independientes. Una vez eliminada la corteza, del centro de los quesos se obtuvieron las muestras necesarias para realizar el experimento completo. Cada una de estas muestras fueron obtenidas según los procedimientos establecidos por Bourne (2002), pero con modificaciones según se describe a continuación. Las muestras cilíndricas del queso tipo fresco se obtuvieron con un molde de acero inoxidable en forma de cilindro de 2 y 3 cm (Figura 4.1a). Las muestras cúbicas fueron tomadas con moldes del mismo material en forma de cubo de 1,5 y 2 cm^3 (Figura 4.1b). Se mantuvieron a temperatura ambiente ($20\text{ }^{\circ}\text{C}$) en un recipiente cerrado de plástico para evitar la pérdida de humedad.

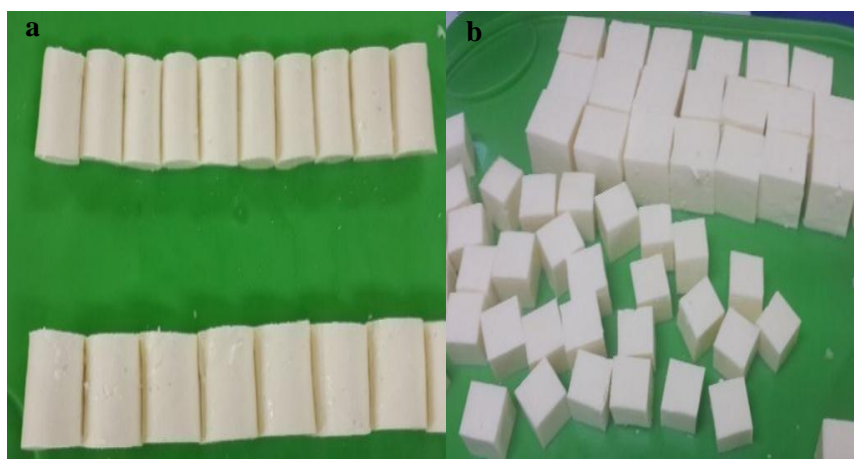


Figura 4.1. Muestras de queso cilíndricas de 2 y 3 cm de diámetro \times 3 cm de altura (a) y muestras cúbicas de 1.5 y 2 cm^3 (b), utilizadas en el ensayo de perfil de textura.

Cada grupo de las muestras obtenidas (60 cilíndricas de 2 cm de diámetro, 60 cilíndricas de 3 cm de diámetro, 60 cúbicas de 1,5 cm³, 60 cúbicas de 2 cm³), se dividieron a su vez en 3 partes, para ser analizadas en el texturómetro a 3 velocidades diferentes (0,3; 0,7 y 1 mm/s).

A manera de resumen, se ensayaron dos formas diferentes de muestra (cilíndrica y cúbica), dos tamaños diferentes de muestra por cada forma, y 3 velocidades de la prueba de TPA, repitiendo el ensayo 20 veces.

4.2.2. Análisis de perfil de textura

Para la realización del análisis del perfil de textura se utilizó un texturómetro TexturePro CT V1.6 Build 26 (Brookfield, Middleboro, EE.UU.) (Figura 4.2a). Como sonda se utilizó el cilindro TA4/1000 (38,1 mm D, 20 mm L) del TA General Probe Kit (Brookfield) (Figura 4.2b).



Figura 4.2. Texturómetro Brookfield (a) y sonda TA4/1000 con muestra cilíndrica de queso fresco de 2 cm de diámetro \times 3 cm de altura, utilizados en el ensayo de perfil de textura.

En este estudio, la prueba instrumental de TPA realizada con el equipo TexturePro CT Brookfield nos dio información de los parámetros presentados en la Tabla 4.2. El porcentaje de compresión de la muestra fue siempre del 75%. La Figura 4.3 muestra una curva ideal de un análisis de TPA en donde se aprecian algunos de los principales parámetros que se evalúan. Con el objetivo de eliminar el efecto de las dimensiones de la muestra, se realizó la expresión de las características de compresión en forma de curvas de tensión y compresión en lugar de curvas de desplazamiento de fuerza.

Tabla 4.2. Definiciones de los parámetros de textura obtenidos en ensayo de Análisis de Perfil de Textura (TPA) con el equipo TexturePro CT Brookfield.

Parámetro	Definición	Unidad
Dureza 1 y 2	Fuerza máxima requerida para comprimir un alimento, también es llamada firmeza. Valor de carga máximo del ciclo 1 (dureza 1) o del ciclo 2 (dureza 2)	Gramos × centímetros
Elasticidad (“springiness”)	Es la altura que recupera el alimento durante el tiempo que recorre entre el primer ciclo y el segundo (Distancia2/Distancia1). Mide cuanto estructura original del alimento se ha roto por la compresión inicial.	Adimensional (<1)
Cohesividad	Cociente entre el área positiva bajo la curva de fuerza de la segunda compresión (Área 2) y el área bajo la curva de la primera compresión (Área 1)	Adimensional (<1)
Fracturabilidad	Fuerza correspondiente a la primera rotura significativa durante la primera compresión (primer pico).	Gramos × centímetros
Adhesividad	Area negativa por debajo de la línea base del perfil que representa el trabajo necesario para retirar el émbolo de la muestra (A3, área 3)	Gramos × centímetros
Masticabilidad (sólidos)	Dureza × cohesividad × elasticidad. Representa el trabajo necesario para desintegrar un alimento hasta que esté listo para ser deglutido.	Gramos
Trabajo dureza terminado	Trabajo necesario para vencer la fuerza interna que mantiene un alimento unido (Area 1)	Gramos × centímetros
Trabajo total	Trabajo necesario para vencer la fuerza interna que mantiene unido a un alimento más trabajo recuperado tras el análisis (Área 1 + Área 3)	Gramos × centímetros

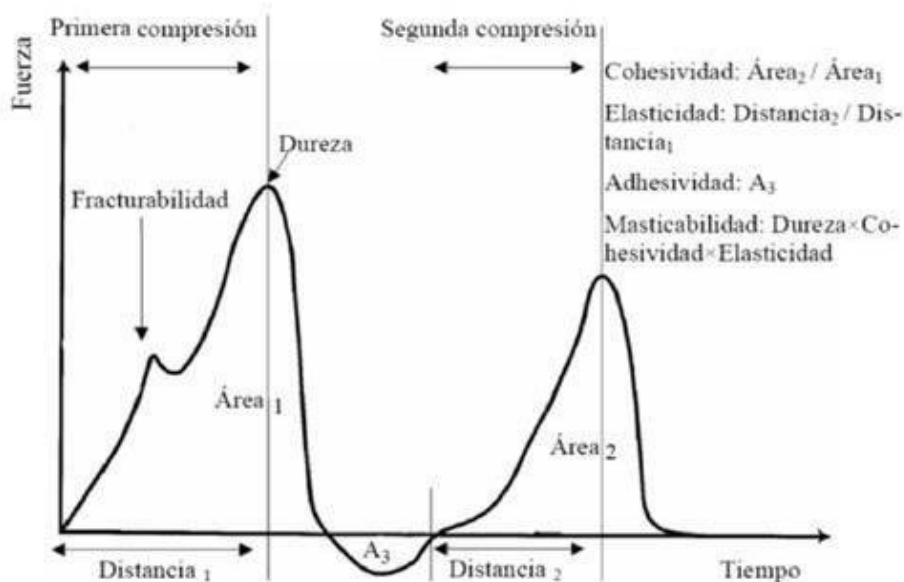


Figura 4.3. Gráfica general ideal del perfil de textura (Hleap & Velasco, 2010).

4.2.3. Análisis estadístico

Tras la tabulación de los datos se realizó el análisis de datos con el programa estadístico SAS versión 9.2 (SAS Institute, 2008), mediante un procedimiento de ANOVA de Medidas Repetidas, el cual analizó el efecto de la forma y dimensiones de las muestras de queso fresco (cilindros de 2 y 3 cm \varnothing y cubos de 1,5 y 2 cm³), y de la velocidad de la prueba del equipo (0,3; 0,7 y 1 mm/s) sobre los diferentes parámetros de perfil de textura instrumental. Para determinar entre qué medias existían diferencias significativas, se realizó el test de Tukey con un nivel de significancia de $P < 0,05$.

4.3. Resultados

4.3.1. Muestras cilíndricas de queso

Los valores medios del análisis del perfil de textura instrumental aplicando tres velocidades (0,3; 0,7 y 1 mm/s) y 75% de compresión a muestras cilíndricas de queso tipo fresco de 2 y 3 cm de diámetro están resumidos en la Tabla 4.3.

En las muestras cilíndricas, para ambos tamaños, se observó claramente que la dureza de los quesos al primer ciclo fue mucho mayor comparada con la dureza de las muestras en el segundo ciclo de compresión. Por otro lado, el trabajo total, que corresponde al trabajo necesario para vencer la fuerza interna que mantiene un alimento unido más el trabajo recuperado tras el análisis (adhesividad), siempre va a ser superior al trabajo de dureza terminado, que es solamente el trabajo necesario para vencer la fuerza interna del alimento.

Respecto al posible efecto de la velocidad sobre los datos obtenidos, cuando se analizaron las muestras de queso cilíndricas de 2 cm de diámetro, los resultados arrojados por el equipo para todos los parámetros de TPA no se vieron modificados debido a la velocidad de la prueba aplicada. Es decir, a cualquier velocidad entre 0,3 y 1 mm/s, el texturómetro no fue capaz de ofrecer resultados diferentes. Sin embargo, cuando se analizaron las muestras cilíndricas de 3 cm de diámetro, sí se observó un efecto debido a la velocidad de la prueba en algunos de los parámetros. En este caso, a medida que aumentó la velocidad de la prueba, aumentaron los valores de dureza al primer y segundo ciclo, fracturabilidad, trabajo dureza terminado y trabajo total, a pesar de ser el mismo queso, con muestras de misma forma y tamaño. Para el resto de parámetros, no se observó variación en los resultados debido a la velocidad de prueba del equipo.

Cuando se evaluó el efecto del diámetro de los cilindros de queso sobre los resultados, se observó que en los parámetros de dureza al primer y segundo ciclo, fracturabilidad, adhesividad, trabajo dureza terminado y trabajo total, los valores fueron mayores en las muestras de 3 cm de diámetro en comparación a las muestras cilíndricas de 2 cm de diámetro. Sin embargo, los resultados obtenidos para los parámetros de cohesividad, elasticidad y masticabilidad, no se vieron afectados por el tamaño de la muestra cilíndrica de queso.

Tabla 4.3. Valores medios de los parámetros del análisis de perfil de textura instrumental de muestras cilíndricas de 2 y 3 cm de diámetro de queso fresco.

Parámetro	Tamaño	Velocidad (mm/s)			EEM
		0,3	0,7	1,0	
Dureza ciclo 1 (g × cm)	2cm	19,15 ± 1,90 ^z	22,16 ± 1,77 ^z	23,15 ± 2,43 ^z	1,19
	3cm	32,18 ± 2,30 ^{ay}	37,06 ± 2,90 ^{aby}	43,68 ± 3,76 ^{by}	1,83
	EEM	1,80	2,05	2,75	
Dureza ciclo 2 (g × cm)	2cm	8,89 ± 0,84 ^z	9,88 ± 1,00 ^z	9,40 ± 1,02 ^z	0,55
	3cm	15,24 ± 1,33 ^{ay}	15,97 ± 1,65 ^{aby}	20,65 ± 2,17 ^{by}	1,04
	EEM	0,93	1,07	1,49	
Fracturabilidad (g)	2cm	16,27 ± 1,88 ^z	19,65 ± 1,81 ^z	21,34 ± 2,46 ^z	1,20
	3cm	28,32 ± 2,68 ^{ay}	34,94 ± 3,18 ^{aby}	40,31 ± 3,95 ^{by}	1,98
	EEM	1,88	2,18	2,75	
Adhesividad (g × cm)	2cm	5,59 ± 1,02 ^z	6,82 ± 1,06 ^z	6,91 ± 1,29 ^z	0,65
	3cm	11,37 ± 1,57 ^y	13,84 ± 1,66 ^y	13,44 ± 1,86 ^y	0,98
	EEM	1,03	1,12	1,24	
Cohesividad	2cm	0,13 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,12 ± 0,01 ^z	0,01
	3cm	0,14 ± 0,01	0,12 ± 0,01	0,18 ± 0,04 ^y	0,01
	EEM	0,01	0,01	0,02	
Elasticidad	2cm	1,82 ± 0,22	1,86 ± 0,25	1,96 ± 0,24	0,14
	3cm	1,94 ± 0,20	2,09 ± 0,23	1,97 ± 0,19	0,12
	EEM	0,15	0,17	0,15	
Masticabilidad (g)	2cm	474,93 ± 7,52	562,07 ± 102,13	514,75 ± 2,91	53,76
	3cm	871,90 ± 154,89	1040,51 ± 167,67	1631,89 ± 359,65	145,87
	EEM	93,38	104,19	203,98	
Trabajo dureza terminado (g × cm)	2cm	2011,71 ± 211,46 ^z	2406,40 ± 182,69 ^z	2504,62 ± 247,70 ^z	125,45
	3cm	3697,93 ± 283,87 ^{ay}	4379,39 ± 345,26 ^{by}	4565,58 ± 393,38 ^{by}	201,00
	EEM	220,8	249,24	282,61	
Trabajo Total (g × cm)	2cm	2145,12 ± 223,59 ^z	2572,60 ± 197,33 ^z	2668,92 ± 263,37 ^z	133,68
	3cm	3924,02 ± 301,26 ^{ay}	4645,52 ± 70,10 ^{aby}	4920,17 ± 416,08 ^{by}	214,50
	EEM	233,60	265,32	302,58	

EEM: Error estándar de la media

^{a-b} Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (p<0,05) por velocidad de la prueba.

^{z-y} Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente (p<0,05) por tamaño de la muestra.

4.3.2. Muestras cúbicas de queso

La Tabla 4.4 presenta los valores medios del análisis del perfil de textura instrumental aplicando tres velocidades (0,3; 0,7 y 1 mm/s) y 75% de compresión a muestras cúbicas de queso de 1,5 y 2 cm³.

Igual que en los resultados obtenidos para las muestras cilíndricas, en las muestras cúbicas se observó también valores más altos para el parámetro de dureza al primer ciclo que para el parámetro de dureza al segundo ciclo, así como mayores también para el parámetro trabajo total respecto al parámetro trabajo dureza terminado.

Tabla 4.4. Valores medios de los parámetros del análisis de perfil de textura instrumental de muestras cúbicas de 2 y 3 cm³ de queso fresco.

Parámetro	Tamaño	Velocidad (mm/s)			EEM
		0,3	0,7	1,0	
Dureza ciclo 1 (g × cm)	1,5cm	35,47 ± 1,82 ^{az}	40,41 ± 2,81 ^b	42,13 ± 2,40 ^b	1,39
	2cm	36,77 ± 1,90 ^{ay}	41,67 ± 1,77 ^b	46,50 ± 2,43 ^c	1,35
	EEM	1,17	2,01	1,53	
Dureza ciclo 2 (g × cm)	1,5cm	25,03 ± 1,41 ^a	26,05 ± 2,14 ^{ab}	26,29 ± 1,69 ^b	1,00
	2cm	22,70 ± 0,84 ^a	25,60 ± 1,00 ^{ab}	26,45 ± 1,54 ^b	0,88
	EEM	0,88	1,4	1,12	
Fracturabilidad (g)	1,5cm	30,49 ± 2,85 ^a	36,78 ± 3,30 ^{bz}	36,76 ± 2,94 ^b	1,77
	2cm	27,12 ± 1,28 ^a	31,76 ± 1,16 ^{ay}	39,15 ± 2,46 ^b	0,95
	EEM	1,56	1,77	1,58	
Adhesividad (g × cm)	1,5cm	7,85 ± 1,61	7,39 ± 1,50	6,48 ± 1,30 ^z	0,84
	2cm	11,11 ± 2,03	11,47 ± 2,19	14,68 ± 2,68 ^y	1,33
	EEM	1,3	1,35	1,61	
Cohesividad	1,5cm	0,24 ± 0,01	0,22 ± 0,02	0,22 ± 0,01	0,00
	2cm	0,24 ± 0,01	0,22 ± 0,02	0,19 ± 0,01	0,01
	EEM	0,01	0,10	0,01	
Elasticidad	1,5cm	0,91 ± 0,02 ^z	0,94 ± 0,01 ^z	0,91 ± 0,04 ^z	0,02
	2cm	1,21 ± 0,02 ^{ay}	1,31 ± 0,04 ^{by}	1,30 ± 0,03 ^{by}	0,02
	EEM	0,03	0,03	0,04	
Masticabilidad (g)	1,5cm	785,09 ± 49,63	860,51 ± 67,09 ^z	864,08 ± 76,84 ^z	37,47
	2cm	885,65 ± 43,42 ^a	1137,03 ± 78,88 ^{by}	1123,20 ± 71,32 ^{by}	40,52
	EEM	33,52	55,7	55,75	
Trabajo dureza terminado (g × cm)	1,5cm	1245,99 ± 25,72 ^z	1450,55 ± 61,12 ^z	1534,01 ± 47,72 ^z	31,05
	2cm	2394,96 ± 75,40 ^{ay}	2700,11 ± 121,45 ^{ay}	3114,77 ± 79,43 ^{by}	65,92
	EEM	100,04	120,46	134,57	
Trabajo Total (g × cm)	1,5cm	1322,52 ± 26,40 ^z	1537,58 ± 62,27 ^z	1628,03 ± 50,86 ^z	32,36
	2cm	2547,4 ± 75,16 ^{ay}	3892,92 ± 1057,54 ^{by}	3300,97 ± 263,37 ^{aby}	355,76
	EEM	105,65	555,82	124,51	

EEM: Error estándar de la media

^{a-c} Medias en la misma fila con diferente letra difieren estadísticamente (p<0,05) por velocidad de la prueba.

^{z-y} Medias en la misma columna con diferente letra difieren estadísticamente (p<0,05) por tamaño de la muestra.

En el caso de las muestras en forma de cubo de $1,5 \text{ cm}^3$ se observó que a medida que aumentó la velocidad de la prueba, aumentaron también los valores de los parámetros de dureza al ciclo 1, dureza al ciclo 2, elasticidad y fracturabilidad. Sin embargo, en el resto de parámetros medidos no hubo variaciones en los resultados debido a la velocidad de la prueba.

Por otro lado, cuando se analizaron las muestra cúbicas de 2 cm^3 , se encontró que a medida que aumentaba la velocidad de la prueba también aumentaban los valores medios de los parámetros de dureza al primer ciclo, adhesividad, dureza al segundo ciclo, fracturabilidad y trabajo dureza terminado, mientras que este fenómeno no se observó para el resto de parámetros.

Cuando se evaluó el efecto del tamaño de los cubos de queso sobre los resultados del TPA, se observó que en los parámetros de elasticidad, trabajo dureza terminado y trabajo total, para cualquier velocidad, los valores fueron estadísticamente mayores en las muestras de 2 cm^3 comparadas a las de $1,5 \text{ cm}^3$. En el caso de dureza al primer ciclo, solo se evidenció diferencias entre ambas muestras a la velocidad de $0,3 \text{ mm/s}$, mientras que para fracturabilidad, la diferencia se encontró a la velocidad de $0,7 \text{ mm/s}$. Por otro lado, para masticabilidad se encontraron diferencias estadísticas debido al tamaño de la muestra cuando se utilizaron las velocidades de prueba de $0,7$ y 1 mm/s , pero no cuando la prueba se realiza a una velocidad de $0,3 \text{ mm/s}$.

4.4. Discusión

En este experimento, se observó claramente que la dureza de los quesos al primer ciclo fue mucho mayor, en todos los casos, comparada con la dureza de las muestras en el segundo ciclo de compresión. Esto se debe principalmente porque la muestra ya sufrió una rotura de su estructura en el primer ciclo, por lo que al segundo ciclo la sonda se encontró menos resistencia al aplastar la muestra.

El objetivo de eliminar el efecto de las dimensiones de la muestra, mediante la expresión de las características de compresión en forma de curvas de tensión (Guinee, 2022), se cumplió en nuestro estudio en la mayoría de parámetros aunque no para la totalidad de los analizados. A valores bajos de compresión, el efecto de las dimensiones de la muestra puede eliminarse de esta manera. Sin embargo, para una gran tensión en el material, especialmente mayor que la compresión natural ($> 70\%$), la distribución de la tensión y la compresión dentro de la muestra depende de las dimensiones de la muestra, ya que la muestra puede deformarse en una forma irregular, debido a la fractura, la forma

y la presión a medida que se reduce la altura de la muestra, el queso se extiende en una dirección lateral. En nuestro estudio se observó una deformación de manera irregular en las muestras de queso de forma cilíndricas y cúbicas de mayor dimensión.

De acuerdo a un estudio realizado por O'Callaghan & Guinee (2004) con muestras cilíndricas y cúbicas, solo se observaron pequeñas diferencias en el estrés-tensión, características hasta el punto de fractura (40% de compresión). Sin embargo, para mayor tensión de fractura, la compresión de muestras cúbicas da lugar a fuerzas significativamente mayores que en muestras cilíndricas (Culioli y Sherman, 1976). En nuestro estudio (con un 75% de compresión) se observó resultados similares de mayor tensión de fractura en muestras de queso cúbicas en comparación con las muestras cilíndricas.

En un estudio realizado por Sandoval-Copado et al. (2016), en muestras de queso artesanal e industrial de la variedad Oaxaca, se analizaron parámetros de TPA en muestras en forma de paralelepípedo (2,5 x 2,5 x 0,8 cm) de a una velocidad de prueba de 50 mm/min. Se determinó la inexistencia de diferencias significativas entre los tipos de quesos en términos de cohesividad y elasticidad, sin embargo no compararon diferentes protocolos o muestras de queso. De acuerdo con los datos obtenidos en nuestro estudio se evidenció que el efecto de la forma y la velocidad en las muestras cúbicas en los parámetros de cohesividad y elasticidad se mantiene en las muestras analizadas a excepción de las muestras de 2 cm³, ya que estas presentan diferencias significativas debido a la velocidad. Estos resultados de los parámetros de textura encontrados por Sandoval-Copado et al. (2016) puede ser debido al contenido de humedad de los diferentes quesos, ya que nuestro estudio está centrado en quesos de tipo fresco, los cuales tienen un alto grado de humedad.

De acuerdo a un estudio realizado por Ayyash et al. (2011), analizaron parámetros de TPA en un queso blanco denominado Halloumi, el cual es de textura distintiva en capas muy parecido al queso Mozzarella. En este estudio aplicaron a las muestras de queso en forma de cilindros de 2,5 x 2 cm, con un porcentaje de compresión de 50% a velocidad de 0,4683 mm/s. Estos autores no encontraron diferencias significativas tomando en cuenta la forma y la velocidad, en parámetros como la dureza, cohesividad, y adhesividad. Estos resultados son similares a los hallados en nuestro estudio, a excepción de los parámetros de dureza primer ciclo y dureza al segundo ciclo, los mismos que en muestras cilíndricas de 3 cm de diámetro presentaron diferencias a velocidades de 0,30 y 1 mm/s, pero ninguna de estas difieren a velocidad de 0,70 mm/s.

En otro estudio observaron parámetros de TPA en queso Mozzarella, comprimidos entre el 65 y 75%, a una velocidad de 2 mm/s. Estos autores observaron un aumento inicial en el parámetro de dureza del queso, que oscila entre 109,05 y 112,18 N. El parámetro de la masticabilidad se mantuvo constante, La elasticidad del TPA de las muestras proporcionó una pequeña variación (de 0,651 a 0,617) cuando aumentó el grado de compresión. La cohesividad y fracturabilidad disminuyó linealmente cuando la compresión fue aumentando (Fogaça, et al., 2017). Estos resultados son similares a los encontrados en nuestro estudio en los parámetros de dureza y elasticidad en las muestras cúbicas de 1,5 y 2 cm³ con un 75% de deformación.

La elasticidad es una característica intrínseca del material, y es independiente de las dimensiones de la muestra, la velocidad de la prueba y grado de rotura (O'Callaghan & Guinee, 2004). Es por ello, que los protocolos utilizados para el TPA no deberían evidenciar un efecto de la velocidad o tamaño de la muestra. En este estudio, por tanto quedarían excluidas las muestras cúbicas, pues los datos se ven afectados por el tamaño de la muestra y la velocidad. En el caso de las muestras cilíndricas no se observó este efecto, por lo que son candidatas a ser seleccionadas para las pruebas de TPA.

Respecto a la forma de la muestra, O'Callaghan & Guinee (2004) indicaron que las muestras cilíndricas y cúbicas se han usado mucho en los diferentes estudios publicados, pero que solo se han reportado diferencias muy ligeras cuando el porcentaje de compresión es menor al 40%. Sin embargo, cuando el porcentaje de compresión es mayor, las muestras cúbicas reportan datos de dureza mayor que en las muestras cilíndricas (Culioli y Sherman, 1976). En nuestro estudio, se observa que, en los parámetros de dureza y de masticabilidad, las muestras cúbicas presentaron valores más altos que las muestras cilíndricas, en concordancia con los autores anteriores.

En el presente estudio se ha determinado que, para el análisis del TPA en esta variedad de queso fresco, se debe excluir los protocolos que utilizan muestras cúbicas, pues se reporta un efecto de la velocidad sobre los valores de elasticidad, que no deberían existir. Además, para algunos parámetros no se han observado diferencias estadísticas debido al tamaño de las muestras, lo cual es contradictorio con la lógica y la literatura que indica que a mayor tamaño, mayores valores de dureza.

Respecto a las muestras cilíndricas, y teniendo en cuenta que debe existir un efecto debido a la velocidad, quedan excluidas las muestras de 2 cm de diámetro, pues no se observó dicho efecto en todos los parámetros en los que sí debería existir.

Las muestras cilíndricas de 3 cm de diámetro y 3 cm de altura son las candidatas a ser utilizadas para la prueba de TPA con un 75% de compresión para esta variedad de queso

fresco. Respecto a la velocidad a ser utilizada con estas muestras, se ha observado que cuando se utilizó una velocidad de 1 mm/s se evidencia una diferencia debida al tamaño. Como la cohesividad es un parámetro adimensional que determina la fuerza de unión interna de las partículas, no debería haberse encontrado diferencia por tamaño de la muestra. Por tanto, las velocidades de la prueba de TPA candidatas a ser elegidas en este trabajo son 0,3 y 0,7 mm/s, pues se muestran equivalentes, aunque en términos de rapidez de la prueba, se preferiría la velocidad 0,7 mm/s para no alargar el tiempo de análisis.

4.5. Conclusiones

La forma y tamaño de la muestra de queso, así como la velocidad de la prueba, son factores que afectan a los resultados de los parámetros de análisis de perfil de textura instrumental cuando se usa un nivel de compresión del 75%.

Las muestras cúbicas presentan mayores valores de dureza que las muestras cilíndricas, mientras que las muestras de mayor tamaño, independientemente de su forma, también tienen mayores valores de dureza que las muestras más pequeñas. Cuando se utilizan muestras cúbicas, los valores de elasticidad se ven afectados tanto por el tamaño de la muestra como por la velocidad, lo cual no debería darse y por tanto se recomienda no usar muestras de queso cúbicas en las pruebas de TPA para esta variedad de queso fresco.

Respecto a las muestras cilíndricas, en los análisis de TPA en aquellas de 2 cm de diámetro no se encontró diferencias en cuanto a la velocidad, lo cual no corresponde con la teoría, donde se especifica que la velocidad de la prueba afecta los resultados. Por tanto, las muestras de 2 cm de diámetro también quedan excluidas por no evidenciar este hecho.

Las muestras cilíndricas de 3 cm de diámetro son las candidatas a ser utilizadas en las pruebas de TPA para esta variedad de queso fresco, siendo elegibles las velocidades de 0,3 y 0,7 mm/s.

4.6. Referencias bibliográficas

- Adhikari, K., Heymann, H., & Huff, H. E. (2003). Textural characteristics of lowfat, fullfat and smoked cheeses: sensory and instrumental approaches. *Food Quality and Preference*, 14(3), 211-218. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(02\)00067-8](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(02)00067-8)
- Ayyash, M. M., Sherkat, F., Francis, P., Williams, R. P., & Shah, N. P. (2011). The effect of sodium chloride substitution with potassium chloride on texture profile and microstructure of Halloumi cheese. *Journal of Dairy Science*, 94(1), 37-42. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3407>

- Bourne, M. (2002). Food texture and viscosity: Concept and measurement. San Diego, CA: Elsevier Science.
- Bourne, M., & Szczesniak, A. (1968). Texture profile analysis. *Food Technology*, 32, 62-66.
- Buffa, M. N., Trujillo, A. J., Pavia, M., & Guamis, B. (2001). Changes in textural microstructural, and colour characteristics during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goats' milk. *International Dairy Journal*, 11(11-12), 927-934. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00141-8](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00141-8)
- Culioli, J., & Sherman, P. (1976). Evaluation of Gouda cheese firmness by compression tests. *Journal of Texture Studies*, 7(3), 353-372. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1976.tb01142.x>
- Demonte, P. (1995). Evaluación sensorial de la textura y búsqueda decorrelaciones con medidas instrumentales. En: Seminario de Textura y Reología de los Alimentos. Cali, Colombia: Memorias de Universidad del Valle. 8-20.
- Diamantino, V. R., Beraldo, F. A., Sunakozawa, T. N., & Penna, A. L. (2014). Effect of octenyl succinylated waxy starch as a fat mimetic on texture, microstructure and physicochemical properties of Minas fresh cheese. *LWT-Food Science and Technology*, 56(2), 356-362.
- Dickinson, E., & Goulding, I. C. (1980). Yield behaviour of crumbly English cheeses in compression. *Journal of Texture Studies*, 11(1), 51-62. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1980.tb00307.x>
- Diezhandino, I. F.-F. (2016). Rheological, textural, colour and sensory characteristics of a Spanish blue cheese (Valdeón cheese). *LWT - Food Science and Technology*, 65, 1118-1125. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.10.003>
- Floury, J., Camier, B., Rousseau, F., Lopez, C., Tissier, J.-P., & Famelart, M.-H. (2009). Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure–texture relationships. *LWT - Food Science and Technology*, 42(10), 1611-1620. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2009.05.026>
- Foegeding, E. A., Daubert, C., Drake, M. A., Essick, G., Trulsson, M., Vinyard, C. J., & Van de Velde, F. (2011). A comprehensive approach to understanding textural properties Of semi- and soft-solid foods. *Journal of Texture Studies*, 42(2), 103-129. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2011.00286.x>
- Foegedinga, E., Brownb, J., Drakea, M. A., & R.Daubert, C. (2003). Sensory and mechanical aspects of cheese texture. *International Dairy Journal*, 13(8), 585-591. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.2011.00286.x>
- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. (2017). Cheese: Structure, rheology and texture. *Fundamentals of Cheese Science*, 475-532. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_14
- García-Gómez, B., Vázquez-Odériza, M. L., Muñoz-Ferreiro, N., Romero-Rodríguez, M. Á., & Vázquez, M. (2019). Interaction between rennet source and transglutaminase in white fresh cheese production: Effect on physicochemical and

- textural properties. *LWT - Food Science and Technology*, 113, 108279. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108279>
- Guerrero Ramos, C., Salas Valerio, W. F., & Baldeón-Chamorro, E. O. (2015). Evaluación instrumental de la textura del queso elaborado con suero concentrado por ultrafiltración. *Sociedad Química del Perú*, 81(3), 273-282.
- Guinee, T. P. (2022). Cheese rheology and texture. *Encyclopedia of Dairy Sciences* (Third Edition), Academic Press, 112-130.
- Gunasekaran, S. , & Ak, M.M. (2002). Cheese rheology and texture. Boca Raton, FL: CRC Press.
- Gutiérrez-Méndez, N., Troncoso-Reyes, N., & Leal-Ramos, M. Y. (2013). Texture profile analysis of fresh cheese and Chihuahua cheese using miniature cheese models. *Tecnociencia Chihuahua*, 7(2), 65-74. <https://vocero.uach.mx/index.php/tecnociencia/article/view/660>
- Hleap, J. I., & Velasco, V. A. (2010). Análisis de las propiedades de textura durante el almacenamiento de salchichas elaboradas a partir de tilapia roja (*Oreochromis* sp.). *Facultad de Ciencias Agropecuarias*, 8(2), 45-56.
- Lobato-Calleros, C., Sosa-Pérez, A., Rodríguez-Tafoya, J., Sandoval-Castilla, O., Pérez Alonso, C., & Vernon-Carter, E. J. (2008). Structural and textural characteristics of reduced-fat cheese-like products made from W1/O/W2 emulsions and skim milk. *LWT - Food Science and Technology*, 41(10), 1847-1856. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.lwt.2008.01.006>
- O'Callaghan, D., & T.P.Guinee. (2004). Rheology and texture of cheese. *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology*, 1, 511-540. [https://doi.org/10.1016/S1874-558X\(04\)80080-0](https://doi.org/10.1016/S1874-558X(04)80080-0)
- Pons, M., & Fiszman, S. M. (1996). Instrumental texture profile analysis with particular reference to gelled systems. *Journal of texture studies*, 27(6), 597-624.
- Rahman, M. S., Al-Attabi, Z. H., Al-Habsi, N., & Al-Khusaibi, M. (2021). Measurement of instrumental texture profile analysis (TPA) of Foods. *Techniques to Measure Food Safety and Quality*. Springer, Cham., 427-465. https://doi.org/10.1007/978-3-030-68636-9_17
- Roos, Y. H. (1995). Glass transition-related physicochemical changes in foods: Chemical and rheological changes during phase transition in food. *Food technology (Chicago)*, 49(10), 97-102.
- Sánchez-Macías, D., Fresno, M., Moreno-Indias, I., Castro, N., Morales-dela Nuez, A., Álvarez, S., & Argüello, A. (2010). Physicochemical analysis of full-fat, reduced-fat, and low-fat artisan-style goat cheese. *Journal of dairy Science*, 93(9), 3950-3956. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3193>
- Sandoval-Copado, J., Orozco-Villafuerte, J., Pedrero-Fuehrer, D., & Colín-Cruz, M. A. (2016). Sensory profile development of Oaxaca cheese and relationship with physicochemical parameters. *Journal of Dairy Science*, 99(9), 7075-7084. <https://doi.org/10.3168/jds.2015-10833>

- Santini, Z. G. (2007). Evaluación de la textura en quesos de oveja. Aplicaciones del análisis factorial discriminante. *FAVE: Sección Ciencias Agrarias*, 5(1), 7-14. <https://doi.org/10.14409/fa.v5i1/2.1317>
- Tunick, M. H., & Van Hekken, D. L. (2010). Rheology and texture of commercial queso fresco cheeses made from raw and pasteurized milk. *Journal of Food Quality*, 33, 204-315. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00331.x>
- Van Hekken, D. L., Tunick, M. H., & Park, Y. W. (2005). Effect of frozen storage on the proteolytic and rheological properties of soft caprine milk cheese. *Journal of Dairy Science*, 88(6), 1966-1972. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(05\)72872-1](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(05)72872-1)
- Wendin, K., Langton, M., & GunnarHall, L. C. (2000). Dynamic analyses of sensory and microstructural properties of cream cheese. *Food Chemistry*, 71(3), 363-378. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00200-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00200-4)
- Zamora, A. (2009). Ultra-high pressure homogenisation of milk: effects on cheese-making. Tesis Doctoral. Universitat Autònoma de Barcelona. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/dctes?codigo=83114>

Capítulo 5. Efecto de la presencia de calostro en la leche de quesería sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de queso fresco



Capítulo 5. Efecto de la presencia de calostro en la leche de quesería sobre las características fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de queso fresco.

5.1. Introducción

El calostro es la primera secreción obtenida por la glándula mamaria de mamíferos después del parto, y es una rica fuente de nutrientes y moléculas biológicamente activas como lactoferrina, lisozima, lactoperoxidasa, factores de crecimiento e inmunoglobulinas, que benefician al desarrollo del recién nacido (Puppel et al., 2019). En comparación con la leche, el calostro tiene niveles más altos de grasa, proteínas, péptidos, nitrógeno no proteico, cenizas, vitaminas y minerales, hormonas, factores de crecimiento, citocinas y nucleótidos que la leche madura (Abd et al., 2012; Dzik et al., 2017; Playford & Weiser, 2021). Además, las propiedades físicas y fisicoquímicas del calostro son sustancialmente diferentes a las de la leche madura (McGrath et al., 2016). En la actualidad el calostro bovino y de otras especies está siendo cada vez más utilizado como suplemento nutricional para promover la función intestinal y la salud en otras especies, incluidos los seres humanos (Sangild et al., 2021).

El queso es uno de los productos lácteos más populares, que se produce comúnmente a partir de leche cruda o pasteurizada de vaca, pero también de otras especies como la ovina y caprina (Johnson, 2017; Khattab et al., 2019). Las diferentes variedades de queso pueden diferir entre sí en cuanto a textura, color, sabor, conteo y diversidad microbiana por su proceso de elaboración, tiempo de maduración (si se aplica), tipo de leche utilizada, tipo de coagulación, ingredientes utilizados, reacciones químicas y bioquímicas (glucólisis, proteólisis y la lipólisis) que ocurren durante su maduración, y los cambios durante su almacenamiento (McSweeney & Sousa, 2000; Kamimura et al., 2019). Existen numerosas variedades de queso, incluidos los quesos frescos que tienen nombres diferentes según la región de producción y las técnicas de su elaboración. Los quesos frescos pertenecen a un grupo de quesos blandos sin madurar, y son muy populares entre los consumidores por sus apreciables propiedades nutricionales como las proteínas de alto valor biológico, buena digestibilidad y baja carga energética, pero también por precios asequibles y amplias posibilidades de presentaciones y consumo (Barukčić et al., 2020). Este tipo de queso se caracteriza por un alto contenido de humedad y actividad de agua, sabor suave y vida útil corta, por lo que debe ser refrigerado para evitar el deterioro

microbiano, especialmente por levaduras y mohos, que favorecen valores de pH bajos (Markov et al., 2009; Lara-Castellanos et al., 2021).

La calidad del queso, además de la implementación del proceso tecnológico de producción, depende en gran medida de la buena calidad fisicoquímica y microbiológica de la leche (Farkye, 2004). Desde un punto de vista industrial, tecnológico y legislativo, la composición del queso es extremadamente importante, ya que la desviación del estándar puede conducir a una disminución considerable en la calidad del producto, lo que lleva a crear un desequilibrio entre las proporciones de grasa, proteína, sabor y defectos de textura (Murtaza et al., 2012).

La presencia de calostro en el tanque de leche en una granja puede darse debido a malas prácticas ganaderas, ya sea intencionalmente o no. Su composición y el alto contenido de compuestos antimicrobianos puede generar múltiples problemas y puede afectar los procesos industriales y de fermentación durante la elaboración de los productos lácteos (McGrath et al., 2016).

La presencia de calostro en el tanque de la leche, incluso en un 1%, puede modificar la composición y las características fisicoquímicas de la leche, lo que podría afectar la capacidad de la leche para ser procesada en la industria quesera (Herrera-Chávez et al., 2022). En la literatura científica no existen trabajos que describan con determinación el efecto de la presencia de calostro sobre las características de calidad del queso fresco y del suero resultante del proceso. Por esta razón, este estudio tiene como objetivo evaluar las características fisicoquímicas, microbiológicas, texturales, sensoriales y procesos bioquímicos de queso fresco elaborado con leche con 0, 1, 5 y 10% de calostro, almacenado a 4 °C durante 21 días, y del suero obtenido tras su elaboración.

5.2. Materiales y métodos

5.2.1. Obtención de las materias primas

El calostro y la leche se obtuvieron de granjas de la Provincia de Chimborazo (Ecuador), que cumplen con los requisitos mínimos de calidad de la leche de acuerdo con la norma técnica ecuatoriana INEN NTE 1528 (2012). Los animales presentaron un buen estado de salud, y no recibieron tratamiento veterinario antes o durante el período experimental. Se utilizaron calostros del primer ordeño de diferentes vacas que fue congelado (-26 °C) y posteriormente descongelado para su utilización. Los calostros descongelados a 4 °C se combinaron para crear un lote único de 80 L para garantizar la uniformidad de la muestra de calostro utilizada en los diferentes ensayos experimentales. Por otro lado, se recolectó

leche cruda procedente de 32 animales en su época de lactación media de las granjas cuando fue necesario para cada experimento.

Tanto en el calostro como en la leche cruda, se realizaron análisis de las características fisicoquímicas, recuento total en placa y cuantificación de IgG para asegurar la calidad de las muestras.

5.2.2. Producción de quesos

La leche se subdividió en cuatro partes para ser mezclada con calostro en diferentes concentraciones (0, 1, 5 y 10%, v/v), y se pasteurizaron a 63 °C por 30 min. Sin utilizar fermentos ni la inclusión de sal, se añadió cloruro cálcico (30 g/100 L) y cuajo líquido (CHY-MAX Extra NB, CHR, Hansen) consistente en 100% quimosina con una actividad coagulante de 60 IMCU/L, en proporción de 6 mL/100 L a 35 °C. La leche se dejó cuajar por 30 min y se procedió al corte de la cuajada manualmente en granos de 1 cm³ aproximadamente, y desuerado de la misma. Se tomaron muestras de suero en este paso para su análisis posterior. Los granos de la cuajada fueron vertidos en moldes de acero inoxidable (para quesos de aproximadamente 500 g) y prensados a 138 kPa durante 20 min. Los quesos resultantes elaborados con leche que contenía 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5 y Q10, respectivamente) se envasaron al vacío (modelo DZ-500-2SB, Landytop, Shanghai, China) utilizando bolsas de polietileno (Ecuapack, Quito, Ecuador), y se mantuvieron en refrigeración a 4 °C durante 21 días, realizando un muestreo por duplicado a los días 1, 7, 14 y 21. El experimento se llevó a cabo en dos ocasiones y en días diferentes, y se analizaron dos quesos por cada tratamiento, tiempo de almacenamiento y repetición.

5.2.3. Análisis del calostro, las leches, sueros de quesería y quesos

5.2.3.1. Análisis de composición y fisicoquímico

El análisis composicional (proteína, grasa, sólidos no grasos, sólidos totales y lactosa) del suero y de las leches con diferentes concentraciones de calostro, tanto cruda como pasteurizada, se realizó por duplicado utilizando un equipo ultrasónico Milkotester (Master Eco, Belovo, Bulgaria). La calibración del equipo se realizó por medio del proveedor Milkotester LTD para Latinoamérica. En el caso del calostro, la composición química básica fue analizada con el equipo Milkoscan 6000 FT (Foss Electric, Hillerød, Denmark).

Se realizaron por duplicado los análisis de densidad, acidez y pH del calostro, suero y leche con diferentes concentraciones de calostro, tanto cruda como pasteurizada. La acidez titulable (porcentaje de ácido láctico) de las muestras fueron analizadas de acuerdo con Sánchez-Macías et al. (2014), y la densidad y el pH fueron analizados usando un lactodensímetro (Alla France, Chemillé, Francia) y un pH-metro digital (Hach, Gel-filled, Loveland, EE. UU.), respectivamente.

El análisis composicional de los quesos frescos se realizó semanalmente durante 21 días de almacenamiento a 4 °C. Se determinó por duplicado el contenido de grasa utilizando el método butirométrico de van Gulik (ISO, 1975), el porcentaje de sólidos totales (ST) por el método de desecación en estufa a 102 °C (IDF, 2004), el contenido de humedad por diferencia de 100–ST, y la proteína utilizando el método Kjeldahl (AOAC 920.123, 1995). También se midió el pH por penetración directa (Alla France, Chemillé, Francia), por triplicado en cada queso.

5.2.3.2. Análisis microbiológicos y de inmunoglobulinas

Se realizaron recuentos de aerobios mesófilos totales (TPC) y coliformes totales (CT) en las leches crudas y pasteurizadas con diferentes concentraciones de calostro y los respectivos quesos frescos durante el periodo experimental de almacenamiento. Para evaluar el recuento total en placa, la preparación de las muestras de queso para la dilución inicial de 10^{-1} , se homogenizó 1 g de queso con 9 mL de la solución salina (0,9 % de NaCl), para las muestras de leche y queso se diluyeron en serie en solución salina, y luego se sembraron en placas 3M Petrifilm Aerobic Count (3M Microbiology, St. Paul, MN, EE. UU.) para el recuento total de TPC y placas 3M Coliform count (3M Microbiology) para CT. Todas las placas se incubaron a 32 °C y las colonias se enumeraron a las 48 h para TPC y a 24 h para CT. Los resultados obtenidos se expresaron en log de unidades formadoras de colonias por mL o g de muestra (log ufc/mL o g).

Con el objetivo de determinar la vida útil de los quesos se utilizó la herramienta informática Microrisk Lab (Liu et al., 2020) para la determinación de los modelos de la curva crecimiento de los microorganismos aerobios mesófilos. Entre los distintos modelos obtenidos se seleccionaron aquellos que mejor se ajustaron a los parámetros estadísticos como fueron la raíz del error cuadrático medio (RECM) con un valor más cercano a 0 y un coeficiente de determinación ajustado (R^2 ajustado) más elevado.

Por otro lado, se realizó la cuantificación por duplicado de inmunoglobulinas G a través del test ELISA (E10-118, Bethyl, Montgomery, EE. UU.) en el calostro, leche cruda y

leche pasteurizada con diferentes concentraciones de calostro, y en el suero resultante de hacer queso.

5.2.3.3. Análisis de color

El color instrumental de las leches, quesos y sueros de quesería se determinó por triplicado utilizando un colorímetro Minolta CR-400 (Illuminant D65, Konica Minolta, Osaka, Japón), mediante los parámetros CieLab de luminosidad (L^*), coordenada amarilla-azul (b^*), y coordenada roja-verde (a^*). En el caso de los quesos, se realizó la medición de color externo en tres puntos diferentes de la parte externa del queso, e interna, en tres puntos diferentes en el centro del queso luego de cortar por la mitad. Las diferencias totales de color (ΔE) de todas las muestras de quesos y sueros se calcularon utilizando la siguiente fórmula $\sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2}$.

5.2.3.4. Análisis de perfil de textura del queso

Se realizaron análisis de TPA de doble compresión a 3 muestras cilíndricas (3 cm de diámetro, 3 cm de alto) de tres quesos por cada tratamiento, a los 1, 7, 14 y 21 días de almacenamiento. Para ello se utilizó un texturómetro (TexturePro CT V1.6 Build 26), con un 75% de compresión de la muestra a una velocidad de 0,7 mm/s. Los parámetros medidos fueron dureza al primer ciclo, fracturabilidad, adhesividad, cohesividad, elasticidad y la masticabilidad. La descripción de estos parámetros se encuentra descrita en el capítulo 4 del presente documento.

5.2.3.5. Lipólisis

El contenido de ácidos grasos libres (AGL) en los quesos se analizó por duplicado para cada una de las muestras de queso, semanalmente durante el periodo experimental. El contenido de AGL se determinó utilizando el método de *Copper Soaps* (Jabones de Cobre) de acuerdo con Sánchez-Macías et al. (2011), que es un método clásico colorimétrico que permite la determinación de AGL totales. En este método, las sales de cobre de los AGL, formadas por la adición del reactivo de los jabones de cobre, son selectivamente transferidas a una fase orgánica, donde se forma un complejo coloreado entre las sales de cobre y el reactivo sodio dietilditiocarbamato, la intensidad del cual se relaciona con la concentración de sales de cobre de los AGL (Melilli et al., 2004; Sánchez-Macías et al., 2011).

Se pesó queso desmenuzado (0,25 g) a 4 °C en un tubo de centrífuga, al que se añadieron 0,1 mL de HCl 0,7 N, agitándose el tubo con vórtex para permitir una mezcla completa del ácido y el queso. A continuación, se añadieron 0,1 mL de solución Triton X-100 al 1% (v/v) y la mezcla se agitó con vórtex. Se añadió 2 mL del reactivo de jabones de cobre (10 mL de solución 1 M de Cu (NO₃)₂, 3 H₂O y 5 mL de trietanolamina diluido a 100 mL con una solución saturada de NaCl, ajustado a un pH 8,3), y la mezcla se volvió a agitar con vórtex. Después se añadió 6 mL de una mezcla de disolventes compuesta por cloroformo/heptano/metanol (49:49:2 v/v/v) a cada tubo. La mezcla presentó 2 capas distintas: una capa acuosa de color azul intenso en el fondo y una capa incolora de la mezcla de disolventes en la parte superior. Los tubos de centrífuga que contenían los reactivos más las muestras de queso se agitaron durante 60 min en un agitador de plataforma orbital (HS120460, Heathrow Scientific, Vernon Hills, EE. UU.) a 470 rpm. Durante la agitación, la capa acuosa de los jabones de cobre, de color azul intenso se rompió formando esferas que estaban en contacto continuo con el solvente incoloro. Cuando se detuvo la agitación, se formaron rápidamente 2 capas distintas. Los tubos se centrifugaron (BKC-TH18R, Biobase, Shandong, China) a 5000 rpm durante 10 min. La capa superior de solvente incolora (3,5 mL) se transfirió de los tubos de centrífuga a un tubo de ensayo que contenía 0,1 mL de la solución de reactivo de color (sodio dietilditiocarbamato 0,5%, p/v, en n-butanol). Tras la mezcla se midió inmediatamente la absorbancia de las muestras a 440 nm, usando un espectrofotómetro UV-1603 (Shimadzu, Tokio, Japón). El contenido de AGL en las muestras de queso se calculó a partir de una curva estándar que se construyó usando ácido palmítico con nueve concentraciones diferentes (0, 15, 30, 60, 120, 180, 240, 280 y 360 µg de ácido palmítico/mL de hexano). Los resultados finales se expresaron en miligramos de AGL por 100 g de queso.

5.2.3.6. Estudio de proteólisis primaria

Tras 1, 7, 14 y 21 días de almacenamiento a 4 °C, se tomó una muestra de queso por cada tratamiento, y la fracción proteica se sometió a análisis electroforético. Las muestras se prepararon según el protocolo descrito por Van Hekken et al. (2004). En un homogeneizador electromecánico (modelo 23, VirTis Co., Gardiner, NY, EE. UU.) se homogeneizaron aproximadamente 2 g de muestra rallada en 5 mL de tampón Tris-EDTA (0,166 M Tris, 0,001 M EDTA, pH 8) durante 15 min, antes de añadir 5 mL de SDS al 7%, y la mezcla se homogeneizó durante 5 min más. Tras la homogeneización, se añadieron 2 mL de ditiotreitól 0,01 M, y la mezcla se colocó en hielo durante 20 min

antes de centrifugarla a $39.000 \times g$ durante 60 min a 4 °C. El sobrenadante se filtró y se liofilizó.

Las muestras liofilizadas (10 mg) se dispusieron en tubos de 5 mL y se resuspendieron en 2 mL de tampón Tris-EDTA (Tris 80 mM; EDTA 1 mM; SDS 3,5%, pH 8). A continuación, se añadió 200 µL de β-mercaptoetanol y 200 µL de azul de bromofenol al 0,25%. Después de mezclar, se tomó una alícuota de 100 µL de solución y se calentó a 95 °C durante 10 min. Se enfrió en hielo durante 10 min y se centrifugó a 3500 rpm 30 s, descartándose la capa superior de grasa, si existiera. Las fracciones proteicas fueron separadas mediante electroforesis en gel SDS-PAGE con un equipo Bio-Rad (1658007FC, Bio-Rad Laboratories Inc, Hercules, EE. UU.) en geles de poliacrilamida al 12%, según describe Van Hekken et al. (2004), inyectándose 10 µL de muestra por pocillo (40 µg proteína), separándose las proteínas a 120 V. Tras la electroforesis las proteínas de los geles se fijaron (solución de ácido acético glacial 10%, isopropanol 40%) durante 30 min, se tiñeron (solución de ácido acético glacial 10%, isopropanol 40%, 0,25% azul de Coomassie) durante 2 h, y destiñeron (solución de ácido acético glacial 5%, isopropanol 10%) durante toda una noche. Finalmente, los geles se rehidrataron con agua destilada y se realizaron las capturas de imagen, que fueron procesadas con ImageLab (Bio-Rad Laboratories Inc).

5.2.3.7. Análisis sensorial

Se realizaron pruebas sensoriales de los quesos, tanto de aceptación de consumidores como de perfil de textura por jueces semientrenados. Para desarrollar el perfil de textura con jueces semientrenados, se realizó una convocatoria a docentes, personal administrativo y estudiantes de la Universidad Nacional de Chimborazo, asistiendo a esta convocatoria un total de 42 personas, y posteriormente se elaboraron las fichas técnicas donde se realizó un proceso de selección según la Norma 87024-1 (UNE, 1996) quedando 17 personas, las cuales recibieron entrenamiento para realizar el perfil de textura como jueces semientrenados durante una serie de sesiones según la Norma 87025 (UNE, 1995). Para el perfil de textura sensorial se utilizó una escala de referencia de 7 puntos (Tabla 5.1), valorándose en boca los parámetros de friabilidad, dureza, adhesividad, humedad y masticabilidad y, por otro lado, en mano se valoró la elasticidad. Los panelistas seleccionados realizaron las evaluaciones de manera individual y grupal de 2 muestras por cada sesión.

Para la prueba de aceptabilidad participaron 30 personas, estableciéndose una escala hedónica de 5 puntos donde el valor de 1 correspondió a “me desagrada mucho” y el valor de 5 a “me agrada mucho”. Las muestras de queso fresco con las diferentes concentraciones de calostro se atemperaron durante 30 min a 15 °C previo a la evaluación. Se presentaron las muestras de queso cortadas en forma de cilindros de 3 cm de diámetro y 3 cm de alto, en platos de plástico de color blanco, codificados con números de tres dígitos al azar, y a cada persona se proporcionó agua para neutralizar las propiedades sensoriales de los quesos. Con la finalidad de garantizar la seguridad microbiológica, la evaluación sensorial se realizó al día siguiente de obtener los recuentos microbiológicos.

Tabla 5.1. Definiciones de los parámetros de textura sensorial del queso fresco utilizado para el entrenamiento y establecimiento del perfil sensorial cuantitativo.

Parámetro	Definición	Referencias
Dureza	Fuerza requerida para deformar el alimento o para hacer penetrar un objeto	1 = Margarina 4 = Salchicha cóctel 6 = Zanahoria cocida 7 = Zanahoria cruda
Elasticidad	Propiedad mecánica de la textura relativa a la rapidez de recuperación de la compresión después de la aplicación de una fuerza, y el grado de dicha recuperación	1 = Margarina 3 = Nube 5 = Salchicha cóctel 7 = Goma de borrar
Masticabilidad	Propiedad mecánica de la textura relacionada con la cohesión y con el tiempo necesario o el número de masticaciones requeridas para dejar un producto sólido en las condiciones necesarias para su deglución	Se determina contando el número de masticaciones, por lo tanto, no se rige a una escala de referencia
Friabilidad	Propiedad mecánica de la textura relacionada con la cohesión y con la fuerza necesaria para romper un producto en trozos	1 = Clara de huevo cocida 3 = Chips de plátano frito 5 = Galleta María 7 = Pan tostado
Adhesividad	Propiedad mecánica de la textura relativa al esfuerzo requerido para separar la superficie del alimento masticado de otra superficie (lengua, dientes)	1 = Clara de huevo cocida 4 = Yema de huevo cocida 7 = Caramelo tofe
Humedad	Propiedad relativa a la percepción de la cantidad de agua absorbida o liberada por el producto	2 = Pan tostado 4 = Clara de huevo cocida 5 = Manzana verde 7 = Sandía

5.2.4. Análisis estadístico de los datos

Los efectos del contenido de calostro en la leche, sueros y quesos durante el tiempo de almacenamiento, se evaluaron utilizando un análisis de ANOVA para mediciones repetidas utilizando el programa (SAS v.9) (SAS Institute, Inc., Cary, NC, EE. UU.), y se utilizó la prueba de Tukey para evaluar las diferencias entre los grupos con un nivel de significación de $P < 0,05$.

5.3. Resultados y discusión

5.3.1. Análisis de las leches

5.3.1.1. Análisis fisicoquímicos de composición

Los parámetros fisicoquímicos de las leches cruda o pasteurizada conteniendo 0, 1, 5 y 10% de calostro se resume en la Tabla 5.2. El calostro utilizado tuvo 4,56% de grasa, 11,57% de proteína, 3,60% de lactosa, 15,76% de SNG, una acidez de 0,46% de ácido láctico, una densidad de 1,049 g/mL, y un pH de 6,22. Se pudo evidenciar que los parámetros fisicoquímicos de las leches cruda y pasteurizada siguieron el patrón esperado de incremento de grasa, proteína, acidez, densidad, y disminución de lactosa y pH al incrementarse la concentración de calostro. Estos resultados fueron muy evidentes cuando la concentración del calostro fue del 10%. No se observaron diferencias significativas entre las leches cruda y pasteurizada. Los resultados obtenidos en el análisis fisicoquímico de las leches sin calostro fueron valores normales a los encontrados en la literatura, y típicos de una leche de calidad en relación a los parámetros analizados (Ullah et al., 2018; Syed Malik et al., 2019; Roy et al., 2020). Los valores medios de los parámetros fisicoquímicos de las leches con diferentes concentraciones de calostro fueron similares a los encontrados en otros estudios realizados también en nuestro centro (Herrera-Chávez et al., 2022). La aplicación de tratamientos térmicos a la leche puede resultar en una disminución del pH debido a la oxidación térmica de la lactosa a varios ácidos orgánicos, e hidrólisis de fosfato orgánico (Singh, 2004). Este hecho podría explicar la disminución del pH que se aprecia en la leche después del tratamiento térmico en este trabajo, aunque debido a la desviación entre muestras, estas diferencias no fueron significativas.

5.3.1.2. Análisis microbiológicos

Los valores medios de los recuentos de TPC y de CT de las leches cruda y pasteurizada con 0, 1, 5 y 10 % de calostro se muestran en la Tabla 5.3.

Tabla 5.2. Valores medios y desviación estándar de los parámetros fisicoquímicos de composición de las leches cruda y pasteurizada adicionadas de calostro (0, 1, 5 y 10%).

Componente	Tratamiento	Concentraciones de calostro				EEM
		0%	1%	5%	10%	
Grasa (%)	R	3,80 ± 0,07 ^a	3,83 ± 0,11 ^a	3,90 ± 0,07 ^{ab}	4,15 ± 0,14 ^b	0,06
	P	3,83 ± 0,04 ^a	3,83 ± 0,04 ^a	3,88 ± 0,04 ^a	4,03 ± 0,04 ^b	0,03
	EEM	0,02	0,03	0,02	0,06	
Proteína (%)	R	3,30 ± 0,07 ^a	3,38 ± 0,04 ^a	3,40 ± 0,07 ^a	3,63 ± 0,04 ^b	0,05
	P	3,18 ± 0,04 ^a	3,25 ± 0,00 ^a	3,33 ± 0,11 ^a	3,55 ± 0,07 ^b	0,06
	EEM	0,04	0,04	0,04	0,03	
Lactosa (%)	R	5,15 ± 0,07 ^a	5,13 ± 0,04 ^{ab}	5,05 ± 0,00 ^{ab}	5,00 ± 0,07 ^b	0,03
	P	5,13 ± 0,04 ^a	5,05 ± 0,00 ^{ab}	4,95 ± 0,07 ^b	4,90 ± 0,07 ^b	0,04
	EEM	0,02	0,02	0,04	0,04	
Sólidos no grasos (%)	R	9,10 ± 0,07 ^a	9,27 ± 0,04 ^{ab}	9,45 ± 0,21 ^b	10,02 ± 0,11 ^c	0,14
	P	8,90 ± 0,28 ^a	9,02 ± 0,11 ^a	9,25 ± 0,07 ^{ab}	9,67 ± 0,18 ^b	0,12
	EEM	0,10	0,08	0,09	0,12	
Acidez (%)	R	0,16 ± 0,00 ^{ab}	0,16 ± 0,01 ^a	0,17 ± 0,00 ^b	0,17 ± 0,00 ^{ab}	0,00
	P	0,15 ± 0,00 ^a	0,15 ± 0,01 ^a	0,16 ± 0,00 ^{ab}	0,18 ± 0,02 ^b	0,01
	EEM	0,00	0,00	0,00	0,01	
Densidad (g/mL)	R	1,031 ± 0,00 ^a	1,031 ± 0,00 ^a	1,032 ± 0,00 ^{ab}	1,033 ± 0,00 ^b	<0,001
	P	1,030 ± 0,00	1,030 ± 0,00	1,031 ± 0,00	1,032 ± 0,00	<0,001
	EEM	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
pH	R	6,64 ± 0,13	6,62 ± 0,20	6,61 ± 0,17	6,53 ± 0,18	0,05
	P	6,52 ± 0,24	6,50 ± 0,20	6,40 ± 0,13	6,36 ± 0,20	0,06
	EEM	0,09	0,08	0,09	0,09	

R = Cruda; P = Pasteurizada; EEM = Error estándar de la media.

^{a-b} Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren estadísticamente ($P < 0,05$).

El recuento de TPC en la leche cruda y pasteurizada sin calostro fue de 3,73 y 1,22 log/mL, respectivamente. En ambas leches, al aumentar la concentración de calostro, aumentó estos recuentos en la leche, aunque estas diferencias no fueron significativas. El tratamiento térmico utilizado tuvo una reducción bacteriana del 99,50% en leche cruda libre de calostro.

El recuento medio de CT en la leche cruda sin calostro fue de 2,08 log/mL, y llama la atención una reducción gradual de unidades formadoras de colonias a medida que aumenta la presencia de calostro en la leche cruda. No se detectó la presencia de coliformes en todas las muestras de leche tras el proceso de pasteurización. Los resultados obtenidos de TPC en las leches sin calostro fueron similares a los encontrados en la literatura (Liu et al., 2020). Estos autores observaron que el tratamiento térmico a 63 °C durante 30 min dio como resultado una reducción de más de dos ciclos logarítmicos (99,85 %) en el recuento total de bacterias (de 5,08 en leche cruda a 2,26 log ufc/mL en leche pasteurizada).

Tabla 5.3. Valores medios y desviación estándar de los recuentos de aerobios mesófilos totales (TPC) y coliformes totales (CT) de leches cruda y pasteurizada adicionada de calostro (0, 1, 5 y 10%).

Parámetro	Tratamiento	Concentraciones de calostro				EEM
		0%	1%	5%	10%	
Aerobios mesófilos (log/mL)	R	3,73 ± 0,03 ^z	3,77 ± 0,04 ^z	3,83 ± 0,08 ^z	3,85 ± 0,07 ^z	0,02
	P	1,22 ± 0,48 ^y	1,37 ± 0,53 ^y	1,60 ± 0,54 ^y	1,77 ± 0,51 ^y	0,21
	EEM	0,75	0,73	0,68	0,64	
Coliformes (log/mL)	R	2,08 ± 0,03 ^a	2,05 ± 0,06 ^a	1,98 ± 0,01 ^b	1,94 ± 0,01 ^b	0,02
	P	ND	ND	ND	ND	

R= Cruda; P= tratamiento térmico; EEM = Error estándar de la media; ND= No detectado (por debajo del límite de detección).

^{a,b} Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren estadísticamente (P < 0,05).

^{z,y} Medias en columna para la misma variable con diferente superíndice difieren estadísticamente (P < 0,05).

5.3.1.3. Color de las leches

En la Tabla 5.4 se muestran los valores medios de los parámetros de color de las leches cruda y pasteurizada conteniendo 0, 1, 5 y 10% de calostro. Con respecto al color, se observó que los valores de L* y b*, en general, tendieron a aumentar, y de a* disminuyeron ligeramente, al aumentar la presencia de calostro en leche, aunque sin diferencias significativas al añadir hasta un 10% de calostro. Por otro lado, el tratamiento de pasteurización, en general, produjo un ligero aumento de la luminosidad y del índice de verde, mientras que disminuyó el índice de amarillo, aunque también con pequeñas diferencias no significativas. Estos resultados son similares a los observados en el estudio previo de Herrera-Chávez et al. (2022), donde evaluó el efecto de la

presencia de calostro sobre la calidad de la leche de quesería en el proceso de pasteurización. La razón probable de las muy pequeñas diferencias en los valores de color puede ser atribuido al mayor contenido de carotenoides en el calostro que en la leche (Kehoe et al., 2007), que varía de amarillo a naranja y rojo anaranjado intenso, a medida que aumenta la concentración de carotenoides (Antone et al., 2015). Sin embargo, tal y como se especificó antes, la presencia de un 10% de calostro en leche no produjo en este caso cambios significativos.

Tabla 5.4. Valores medios y desviación estándar de parámetros de color de las leches cruda y pasteurizada adicionada de calostro (0, 1, 5 y 10%).

Parámetro	Tratamiento	Concentraciones de calostro				EEM
		0%	1%	5%	10%	
L*	R	85,72 ± 1,38	86,64 ± 1,30	87,39 ± 0,49	87,71 ± 1,26	0,43
	P	86,05 ± 0,26	86,94 ± 0,14	87,01 ± 0,19	87,06 ± 1,83	0,29
	EEM	0,45	0,40	0,19	0,65	
a*	R	-3,78 ± 0,21	-3,85 ± 0,29	-3,94 ± 0,39	-3,98 ± 0,07 ^z	0,08
	P	-4,52 ± 0,16	-4,60 ± 0,04	-4,71 ± 0,04	-4,77 ± 0,14 ^y	0,05
	EEM	0,25	0,19	0,27	0,23	
b*	R	11,57 ± 1,46	11,76 ± 1,10	11,93 ± 0,04	12,67 ± 0,50	0,30
	P	9,14 ± 0,78	9,72 ± 1,34	10,77 ± 1,63	11,32 ± 0,10	0,44
	EEM	0,94	0,73	0,55	0,42	

R= Cruda; P= tratamiento térmico; EEM = Error estándar de la media. L* = 0 - 100; a* = (+) rojo/ (-) verde; b* = (+) amarillo/ (-) azul.

^{z,y} Medias en columna para la misma variable con diferente superíndice difieren estadísticamente (P < 0,05).

5.3.1.4. Concentración de IgG en leche

En la Tabla 5.5 se muestran los valores medios de la concentración de IgG en las leches cruda o pasteurizada conteniendo 0, 1, 5 y 10% de calostro. La concentración media de IgG en calostro, leche cruda y leche pasteurizada sin calostro fue de 61,15; 1,32 y 1,31 mg/mL, respectivamente. La concentración de IgG encontrada en calostro en este estudio se sitúa dentro de los rangos de valores normales encontrados por otros autores (52,03-91,31mg/mL) (Dunn et al., 2017; Costa et al., 2019; Godden et al., 2019). En el caso de la leche, la concentración de IgG también se considera normal, puesto que en otros estudios se han encontrado concentración que van desde 0,008 a 1,5 mg/mL (Conesa et al., 2005; Gapper et al., 2007).

A medida que aumentó la presencia de calostro en la leche cruda incrementaron los valores de IgG hasta 15,31 mg/mL (en la leche con 10% de calostro), siendo las diferencias significativas a partir de un contenido del 5% de calostro en la leche (5,26 mg/mL vs 1,32 en leche sin calostro). Estos

valores tienen relación con la mayor concentración de IgG que tiene el calostro con respecto a la leche.

También se observó que a medida que aumentó la presencia de calostro en leche, el porcentaje de disminución de IgG tras el tratamiento térmico disminuyó desde menos de un 1% (en la leche sin calostro), a 32-34% en la leche con 5 y 10% de calostro, respectivamente. Godden et al. (2003), así mismo, encontraron que, a mayor concentración de IgG en el calostro, tras un proceso de pasteurización, existe un mayor porcentaje de pérdida de IgG en el fluido (hasta un 60%), aunque al final la cantidad de dicha inmunoglobulina presente en el calostro tras el tratamiento, en términos absolutos, siga siendo alta.

Tabla 5.5. Valores medios y desviación estándar de determinación de inmunoglobulinas de la leches cruda y pasteurizada adicionada de calostro (0, 1, 5 y 10%).

Componente	Tratamiento	Concentraciones de calostro				EEM
		0%	1%	5%	10%	
IgG (mg/mL)	R	1,32 ± 0,03 ^a	1,51 ± 0,18 ^a	5,26 ± 0,45 ^{bz}	15,31 ± 1,43 ^{cz}	2,16
	P	1,31 ± 0,03 ^a	1,34 ± 0,04 ^{ab}	3,57 ± 0,72 ^{by}	10,06 ± 2,09 ^{cy}	1,53
	EEM	0,01	0,07	0,55	1,68	

R= Cruda; P= tratamiento térmico; EEM = Error estándar de la media.

^{a,c} Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren estadísticamente ($P < 0,05$).

^{z,y} Medias en columna para la misma variable con diferente superíndice difieren estadísticamente ($P < 0,05$).

5.3.2. Características de los quesos

5.3.2.1. Características fisicoquímicas y de composición

Los valores medios de pH, del contenido en humedad, grasa y proteína de los quesos frescos procedentes de leches adicionadas de 0, 1, 5 y 10% de calostro, durante 21 días de almacenamiento a 4 °C, se muestran en la Tabla 5.6. El valor de pH en el queso elaborado con leche sin calostro fue de 6,79, valores similares a los encontrados por otros autores en queso fresco (Hnosko et al., 2009; Tunick et al., 2012). A medida que fue aumentando el tiempo de almacenamiento en refrigeración, el pH de los quesos fue descendiendo, resultando significativamente diferente después del día 14 en el caso del Q0 (6,59), y del día 21 en los quesos que fueron elaborados con leche con calostro (6,60-6,69). Este descenso de pH de los quesos durante el tiempo de almacenamiento en refrigeración se relaciona con el crecimiento bacteriano que experimentaron los diferentes quesos (Tabla 5.11). El crecimiento microbiano produce la fermentación de la lactosa descendiendo el pH del producto (Fox et al., 2017).

Tabla 5.6. Valores medios y desviación estándar de pH, humedad, grasa, proteína de queso fresco que contiene 0, 1, 5 y 10 % de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), durante 21 días de almacenamiento a 4 °C.

Componente	Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)				EEM
		1	7	14	21	
pH	Q0	6,79 ± 0,01 ^a	6,71 ± 0,08 ^{ay}	6,55 ± 0,10 ^{by}	6,59 ± 0,18 ^b	0,14
	Q1	6,79 ± 0,01 ^a	6,77 ± 0,05 ^{az}	6,79 ± 0,04 ^{az}	6,60 ± 0,09 ^b	0,10
	Q5	6,78 ± 0,09 ^a	6,77 ± 0,03 ^{az}	6,78 ± 0,03 ^{az}	6,69 ± 0,10 ^b	0,07
	Q10	6,78 ± 0,03 ^a	6,77 ± 0,02 ^{az}	6,79 ± 0,02 ^{az}	6,65 ± 0,06 ^b	0,08
	EEM	0,06	0,06	0,12	0,11	
Humedad (%)	Q0	55,97 ± 0,17 ^{az}	53,99 ± 1,15 ^{bz}	53,37 ± 0,07 ^b	53,19 ± 0,75 ^b	0,33
	Q1	56,20 ± 0,52 ^{az}	55,13 ± 2,51 ^{abz}	54,89 ± 1,86 ^{ab}	53,33 ± 1,36 ^b	0,47
	Q5	56,57 ± 0,29 ^{azy}	56,28 ± 0,51 ^{azy}	55,28 ± 2,26 ^{ab}	53,47 ± 1,11 ^b	0,45
	Q10	56,68 ± 0,58 ^{ay}	56,32 ± 0,77 ^{aby}	55,41 ± 3,05 ^{ab}	53,78 ± 1,59 ^b	0,47
	EEM	0,12	0,41	0,52	0,28	
Grasa (%)	Q0	19,25 ± 0,65	20,75 ± 0,65	20,50 ± 0,00 ^z	20,19 ± 1,89	0,28
	Q1	19,94 ± 1,30	21,19 ± 0,63	21,00 ± 0,41 ^z	20,75 ± 1,76	0,29
	Q5	20,13 ± 1,76	21,50 ± 0,71	21,13 ± 0,48 ^{zy}	20,81 ± 1,52	0,28
	Q10	20,75 ± 1,31	21,75 ± 0,65	21,69 ± 0,38 ^y	21,56 ± 1,13	0,27
	EEM	0,32	0,18	0,14	0,37	
Proteína (%)	Q0	20,41 ± 0,21 ^z	20,76 ± 0,34 ^z	20,75 ± 0,23 ^z	20,45 ± 0,15 ^z	0,07
	Q1	20,52 ± 0,31 ^z	20,85 ± 0,06 ^z	20,78 ± 0,22 ^z	20,72 ± 0,31 ^{zy}	0,06
	Q5	21,27 ± 0,28 ^{ay}	21,38 ± 0,10 ^{ay}	21,17 ± 0,26 ^{ay}	21,03 ± 0,22 ^{by}	0,06
	Q10	21,36 ± 0,11 ^{ay}	21,43 ± 0,17 ^{ay}	21,36 ± 0,18 ^{ay}	21,10 ± 0,19 ^{by}	0,05
	EEM	0,12	0,09	0,08	0,08	

EEM = Error estándar de la media.

^{a,c} Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren estadísticamente (P < 0,05).

^{z,y} Medias en columna para la misma variable con diferente superíndice difieren estadísticamente (P < 0,05).

Esta disminución más lenta del pH en el queso con presencia de calostro podría indicar un menor crecimiento de microorganismos fermentadores como resultado de la acción de componentes antimicrobianos presentes en el calostro, lo cual será discutido más adelante en este capítulo.

Los quesos elaborados con leche sin presencia de calostro al día 1, presentaron valores de humedad, grasa y proteína de 55,97; 19,25 y 20,41%, respectivamente, los valores medios obtenidos de estos quesos cumplen con la norma para quesos frescos no madurados INEN NTE 1528. Además, estos valores son similares a los obtenidos por otros autores (41-59% de humedad, 18-29% de grasa, 17-21% de proteína) (Hnosko et al., 2009; Pulido et al., 2018). Los quesos elaborados con leche con un 10% de calostro presentaron mayor contenido de humedad que los quesos sin o con 1% de calostro, pero solo durante los primeros 7 días de almacenamiento. Este incremento de la humedad en estos quesos podría ser explicado por el incremento de proteínas del suero (principalmente Igs) desnaturalizada térmicamente e incluida en el queso, debido a la capacidad de retención de agua que estas presentan (Katsiari & Voutsinas, 1994; Cho et al., 2003). En todos los quesos, la humedad disminuyó significativamente durante los 21 días entre un 2,5 y 3%, debido a un proceso de desuerado espontáneo dentro del empaque. Los quesos frescos se caracterizan por tener una elevada humedad y un pH que disminuye durante su almacenamiento en refrigeración (Fox et al., 2017).

A medida que aumentó la presencia de calostro en leche, los quesos presentaron mayores valores de proteína y grasa, aunque estas diferencias solo fueron significativas para la cantidad de proteína en los quesos procedentes de leches que contenían 5 y 10% de calostro. Los contenidos de grasa y proteína no variaron, en general, durante el tiempo de almacenamiento, en cada tipo de queso fresco. En otro estudio en quesos frescos elaborados con incorporación de concentrados de proteína de suero líquido, empacados en envases de plástico y almacenados a 4 ± 2 °C durante 7 días, obtuvieron valores similares a nuestro estudio, encontrando incrementos en los contenidos de sólidos, grasas, proteínas y cenizas totales como resultado de la pérdida de humedad dentro del envase (Henriques et al., 2013).

5.3.2.2. Color instrumental

Los valores medios de color en queso fresco elaborado con leche conteniendo 0, 1, 5 y 10% de calostro, durante 21 días de almacenamiento a 4 °C se muestran en la Tabla 5.7. En los quesos, el ingreso de la luz se dirige a las capas superficiales y es dispersada por los glóbulos de grasa y el suero de la leche (Paulson *et al.*, 1998).

Tabla 5.7. Valores medios y desviación estándar de los parámetros de color interno y externo de quesos frescos elaborados con leche que contiene 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), durante 21 días de almacenamiento a 4 °C.

Parámetro	Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)				EEM
		1	7	14	21	
L* exterior	Q0	95,31 ± 0,69 ^a	92,73 ± 2,37 ^b	92,60 ± 2,56 ^b	91,03 ± 0,48 ^b	2,29
	Q1	95,33 ± 0,54 ^a	93,07 ± 2,58 ^b	93,04 ± 2,42 ^b	90,76 ± 0,34 ^c	2,35
	Q5	94,98 ± 0,38 ^a	92,68 ± 2,59 ^b	92,04 ± 2,00 ^{bc}	90,57 ± 0,49 ^c	2,25
	Q10	94,83 ± 0,83 ^a	92,31 ± 2,38 ^b	91,94 ± 1,87 ^b	90,65 ± 0,59 ^b	2,15
	EEM	0,63	2,33	2,13	0,48	
a* exterior	Q0	-3,31 ± 0,46	-3,10 ± 0,42	-3,12 ± 0,35	-2,86 ± 0,18 ^y	0,38
	Q1	-3,55 ± 0,37	-3,20 ± 0,52	-3,11 ± 0,40	-2,87 ± 0,15 ^y	0,44
	Q5	-3,22 ± 0,41	-2,68 ± 0,94	-3,03 ± 0,37	-2,70 ± 0,24 ^y	0,57
	Q10	-3,17 ± 0,32	-2,94 ± 0,59	-2,90 ± 0,39	-2,48 ± 0,05 ^z	0,44
	EEM	0,39	0,64	0,36	0,22	
b* exterior	Q0	21,98 ± 1,59 ^y	22,72 ± 0,88 ^y	23,16 ± 0,48 ^y	22,79 ± 1,00 ^y	1,09
	Q1	23,02 ± 0,86 ^y	22,91 ± 0,44 ^y	22,57 ± 0,79 ^y	22,99 ± 0,78 ^y	0,71
	Q5	24,69 ± 0,24 ^z	25,17 ± 0,45 ^{zy}	24,95 ± 0,65 ^z	25,20 ± 0,65 ^z	0,87
	Q10	24,68 ± 1,24 ^z	26,49 ± 0,82 ^z	25,38 ± 0,66 ^z	24,92 ± 0,96 ^z	0,53
	EEM	1,56	1,18	1,35	1,37	
ΔE	Q0	-	-	-	-	
	Q1	1,27 ± 0,51 ^z	1,22 ± 0,24	1,48 ± 0,02	1,18 ± 0,19	0,18
	Q5	2,34 ± 0,92 ^y	2,28 ± 0,57	1,95 ± 0,27	2,25 ± 0,92	0,21
	Q10	3,26 ± 0,30 ^x	2,60 ± 0,43	2,29 ± 1,09	2,80 ± 1,34	0,34
	EEM	0,32	0,48	0,51	0,57	
L* interior	Q0	97,03 ± 1,33 ^{az}	94,09 ± 2,71 ^{ab}	93,99 ± 2,71 ^{ab}	92,09 ± 1,10 ^{bz}	2,42
	Q1	97,17 ± 0,54 ^{az}	94,15 ± 2,72 ^{bc}	93,91 ± 2,51 ^{bc}	91,74 ± 0,67 ^{cz}	2,65
	Q5	97,52 ± 0,72 ^{az}	93,79 ± 2,72 ^b	93,31 ± 2,76 ^b	91,90 ± 0,24 ^{bz}	2,51
	Q10	95,59 ± 1,79 ^{ay}	93,22 ± 2,09 ^{bc}	92,75 ± 2,21 ^b	90,69 ± 0,96 ^{cy}	2,46
	EEM	1,27	2,43	2,44	0,94	
a* interior	Q0	-2,89 ± 0,35	-2,76 ± 0,43	-2,83 ± 0,25	-2,60 ± 0,10	0,31
	Q1	-3,01 ± 0,32	-2,73 ± 0,40	-2,73 ± 0,24	-2,51 ± 0,04	0,32
	Q5	-2,92 ± 0,41	-2,71 ± 0,65	-2,80 ± 0,46	-2,48 ± 0,23	0,46
	Q10	-3,04 ± 0,42	-2,68 ± 0,61	-2,79 ± 0,51	-2,45 ± 0,25	0,48
	EEM	0,36	0,50	0,36	0,18	
b* interior	Q0	18,98 ± 1,07 ^y	19,29 ± 0,44 ^x	19,86 ± 0,58 ^x	19,28 ± 1,21 ^y	0,89
	Q1	19,13 ± 1,16 ^y	19,77 ± 0,15 ^x	19,58 ± 0,61 ^x	19,86 ± 1,16 ^y	0,87
	Q5	20,98 ± 0,46 ^{bz}	21,41 ± 0,87 ^{aby}	22,04 ± 0,89 ^{ay}	22,07 ± 0,94 ^{az}	0,89
	Q10	21,25 ± 2,22 ^{bz}	22,26 ± 0,79 ^{abz}	22,45 ± 0,64 ^{abz}	22,84 ± 0,29 ^{az}	1,29
	EEM	1,67	1,36	1,56	1,67	
ΔE	Q0	-	-	-	-	
	Q1	1,21 ± 0,01 ^z	1,14 ± 0,22 ^z	1,16 ± 0,06	1,22 ± 0,36	0,11
	Q5	1,61 ± 0,12 ^z	2,09 ± 0,22 ^z	2,19 ± 0,08	2,67 ± 0,73	0,29
	Q10	3,08 ± 0,52 ^y	3,19 ± 0,12 ^y	3,46 ± 0,09	3,84 ± 0,79	0,29
	EEM	0,15	0,11	0,45	0,32	

EEM = Error estándar de la media.

^{a-c} Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren estadísticamente (P < 0,05).

^{zy} Medias en columna para la misma variable con diferente superíndice difieren estadísticamente (P < 0,05).

Al día 1 de almacenamiento, no hubo diferencias entre el queso control y el resto de los tratamientos en cuanto a luminosidad e índice de a^* .

Con respecto al índice b^* , los valores aumentaron a medida que aumentó la presencia de calostro en leche (de 21,98 a 24,68). Este incremento puede tener relación con los mayores niveles de carotenoides en el calostro en comparación a la leche (Kehoe et al., 2007; Antone et al., 2015), lo cual puede aumentar dichos componentes en la leche de quesería.

Por otro lado, se observó que, a medida que avanzó el tiempo de almacenamiento de los quesos, los valores de luminosidad y del parámetro a^* disminuyeron significativamente, tanto interna como externamente. Otros autores observaron una disminución en la luminosidad y el parámetro a^* en quesos frescos almacenados durante 7 días (Henriques et al., 2013), afectando esta disminución a la apariencia del queso. Con relación al parámetro b^* , las medias no variaron de manera significativa durante el tiempo de almacenamiento en ninguno de los quesos.

Respecto al análisis de diferencia de color (ΔE) entre el queso control y los quesos elaborados con 1, 5 y 10% de calostro, estas se calcularon para cada uno de los días de almacenamiento. Se observó que, tanto para el color interno como el externo, a medida que aumentó la presencia de calostro en la leche, los quesos presentaron mayores diferencias de color respecto al queso control. Este patrón de incremento de color se mantiene durante todo el periodo experimental.

De acuerdo con los criterios de diferencia de color de Nedomová et al. (2017), se considera una diferencia de color ligera cuando los valores están entre 0,5 y 1,5, apreciable cuando está entre 1,5 y 3,0, y notable cuando los valores están entre 3,0 y 6,0. En nuestro estudio, tanto para el color interno y externo, se observó lo siguiente: los quesos Q1 presentaron diferencias ligeras de color respecto al control durante todo el tiempo de almacenamiento estudiado; los quesos Q5 presentaron diferencias apreciables también durante todo el tiempo experimental; y los quesos Q10 presentaron diferencias de color consideradas como notables respecto al queso control durante las 4 semanas que duró el experimento, excepto al día 1 de almacenamiento en el color externo, que fue considerada como una diferencia apreciable.

5.3.2.3. Calidad microbiológica de los quesos

La Tabla 5.8 muestra los valores medios de los recuentos de aerobios mesófilos y de coliformes totales de los quesos frescos elaborados con leche que contiene 0, 1, 5 y 10 % de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), durante 21 días de almacenamiento a 4 °C, así como los porcentajes de reducción bacteriana respecto al control.

Tanto al primer día de almacenamiento como en las siguientes 3 semanas, se observó que en aquellos quesos elaborados con al menos 5% de calostro en leche, el recuento tanto de aerobios como de coliformes fue significativamente menor en comparación con el queso control. Adicionalmente, en todos los quesos se observó que, a lo largo del tiempo de almacenamiento experimental, se incrementó la carga microbiológica (tanto de aerobios como de coliformes).

Tabla 5.8. Valores medios y desviación estándar de aerobios mesófilos y coliformes totales de queso fresco que contiene 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), durante 21 días de almacenamiento a 4 °C, y porcentajes de reducción bacteriana respecto al control.

Componente	Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)				EEM
		1	7	14	21	
Aerobios/mesófilos (log ufc/g)	Q0	3,13 ± 0,08 ^{az}	4,35 ± 0,55 ^{bz}	5,91 ± 0,12 ^{cz}	7,18 ± 0,53 ^{dz}	0,41
	Q1	2,99 ± 0,10 ^{az}	4,12 ± 0,39 ^{bz}	5,68 ± 0,16 ^{cz}	6,87 ± 0,36 ^{dzy}	0,39
	Q5	2,74 ± 0,24 ^{ay}	3,81 ± 0,30 ^{bzy}	5,29 ± 0,21 ^{cy}	6,37 ± 0,11 ^{dy}	0,36
	Q10	2,44 ± 0,06 ^{ay}	3,51 ± 0,29 ^{by}	5,12 ± 0,13 ^{cy}	6,14 ± 0,22 ^{dy}	0,37
	EEM	0,07	0,12	0,09	0,13	
Coliformes totales (log ufc/g)	Q0	2,29 ± 0,18 ^{az}	3,67 ± 0,17 ^{bz}	4,15 ± 0,19 ^{cz}	4,96 ± 0,22 ^{dz}	0,25
	Q1	1,90 ± 0,26 ^{azy}	3,42 ± 0,12 ^{bz}	4,04 ± 0,13 ^{cz}	4,75 ± 0,17 ^{dz}	0,28
	Q5	1,38 ± 0,32 ^{ay}	2,49 ± 0,24 ^{by}	3,13 ± 0,39 ^{cy}	4,27 ± 0,10 ^{czy}	0,29
	Q10	0,92 ± 0,22 ^{ay}	2,13 ± 0,07 ^{by}	2,69 ± 0,31 ^{cy}	3,93 ± 0,13 ^{cy}	0,29
	EEM	0,17	0,17	0,20	0,11	
Reducción bacteriana respecto al control (%)						
Aerobios/mesófilos (log ufc/g)	Q1	27,89	38,82	38,57	49,24	
	Q5	57,45	68,62	72,75	75,12	
	Q10	79,64	83,80	82,58	80,25	
Coliformes totales (log ufc/g)	Q1	49,08	40,56	21,50	38,10	
	Q5	82,23	93,31	82,62	79,52	
	Q10	95,13	96,99	95,06	90,24	

EEM = Error estándar de la media.

^{a-d} Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren estadísticamente (P < 0,05).

^{z,y} Medias en columna para la misma variable con diferente superíndice difieren estadísticamente (P < 0,05).

En la misma tabla también se han expresado los porcentajes de reducción de la carga microbiana de los quesos experimentales en relación al queso control. Se observó claramente durante las 4 semanas en las que se tomaron muestras de queso que, a medida que aumentó la presencia de calostro en la leche de quesería, la carga microbiana se redujo considerablemente (en términos porcentuales) en los quesos. En el caso de los recuentos de aerobios mesófilos, la reducción fue de 27,89-49,24% cuando se añadió 1% de calostro a la leche, hasta 79,64-83,80% de reducción en aquellos quesos elaborados con leche con 10% de calostro. Y respecto a los recuentos de

coliformes totales, la reducción fue desde 21,50-49,08% en los quesos elaborados con 1% de calostro, hasta 90,24-96,99% en aquellos en los que se añadió 10% de calostro a la leche de quesería.

El queso fresco es muy susceptible al deterioro microbiano por mohos, levaduras, microorganismos psicrotrofos y *Enterobacteriaceae*, entre otros. Evert-Arriagada et al. (2012) y Evert-Arriagada et al., 2014, trabajando con queso fresco almacenado a 4 °C, contabilizaron un incremento de entre 1 y 3 logaritmos de recuento total en placa al pasar del día 1 al 7 de almacenamiento. En nuestro estudio, para todos los quesos analizados, también hubo un incremento de poco más de 1 log de recuento de aerobios mesófilos, siendo un incremento habitual en este tipo de quesos.

Los resultados del presente estudio sugieren que la vida comercial de los quesos elaborados con leche con calostro puede ser más extensa con relación al queso control. Por este motivo, y con el fin de determinar la vida útil de los quesos, se analizaron los diferentes parámetros cinéticos de crecimiento microbiano, en base a la curva de crecimiento de los microorganismos aerobios mesófilos, utilizando la herramienta informática Microrisk Lab (Liu et al., 2021), los cuales se muestran en la Tabla 5.9 y en la Figura 5.1 (esta última representa los modelos ajustados con las bandas de predicción).

En los quesos Q0 y Q1 el desarrollo de los microorganismos aerobios mesófilos fue más rápido, siendo la vida comercial de estos quesos entre 14 y 15 días, al poner como límite el recuento microbiano en 6 log ufc/g. En estos quesos, no se observó una fase inicial o *lag* de adaptación, presentando una velocidad de crecimiento de entre 0,22 y 0,24 log ufc/g/día, pudiendo alcanzar un recuento en la fase estacionaria de aproximadamente 7 log ufc/g.

En los quesos Q5 y Q10, si bien la velocidad de crecimiento fue similar o ligeramente superior, en ambos casos se observó una fase *lag* de adaptación de aproximadamente 2 y 4 días, respectivamente, siendo la vida útil en ambos casos de 17 días. En este caso, en la fase estacionaria se alcanzaron niveles inferiores a 6,6 log ufc/g. La cinética diferencial observada entre los quesos con diferente contenido de calostro, puede ser debida a la presencia de componentes antimicrobianos del calostro (McGrath et al., 2016; Playford & Weiser, 2021).

Sería muy interesante para la industria quesera, e incluso otro tipo de industria alimentaria, considerar el calostro o cualquiera de sus fracciones como potencial ingrediente para aumentar la vida útil de los productos o para ser utilizado en el desarrollo de envoltorios para los productos empaquetados.

Tabla 5.9. Parámetros cinéticos (\pm error estándar) obtenidos del crecimiento de microorganismos aerobios mesófilos en queso fresco con 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), durante 21 días de almacenamiento a 4 °C.

Tratamiento	Vida comercial media (6 log) (Días)	Fase lag (Días)	Velocidad máxima de crecimiento (log ufc/g/día)	Y_0 (log ufc/g)	Y_f (log ufc/g)	R^2 ajustado	RECM	Modelos
Q0	14	-	$0,239 \pm 0,017$	$2,60 \pm 0,10$	$7,36 \pm 0,31$	0,959	0,342	No lag logístico
Q1	15	-	$0,221 \pm 0,013$	$2,61 \pm 0,08$	$7,10 \pm 0,32$	0,964	0,289	No lag logístico
Q5	17	$2,23 \pm 0,03$	$0,217 \pm 0,003$	$2,63 \pm 0,07$	$6,56 \pm 0,29$	0,961	0,258	Barany-Roberts Completo
Q10	17	$4,45 \pm 1,17$	$0,247 \pm 0,034$	$2,62 \pm 0,08$	$6,23 \pm 0,19$	0,956	0,258	Barany-Roberts Completo

Y_0 : recuento inicial; Y_f : Recuento al llegar a fase estacionaria; RECM: raíz del error cuadrático medio.

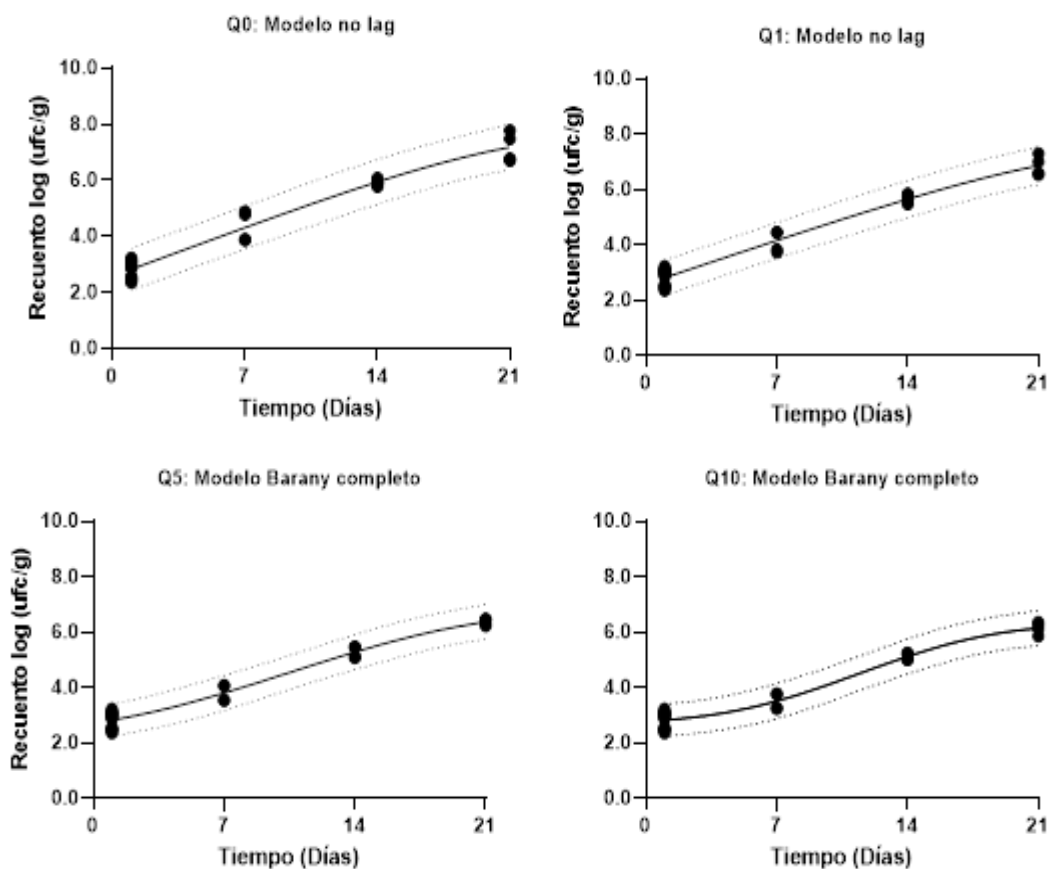


Figura 5.1. Modelos de predicción del crecimiento de microorganismos aerobios mesófilos en queso fresco con 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), durante 21 días de almacenamiento 4 °C.

5.3.2.4. Análisis de perfil de textura

Los valores medios de los parámetros de análisis de perfil de textura de queso fresco elaborado con leche con 0, 1, 5 y 10% de calostro durante 21 días de almacenamiento a 4 °C se muestran en la Tabla 5.10.

En todos los quesos se observó el mismo patrón de comportamiento de los parámetros del TPA durante el tiempo que duró el experimento. La dureza y fracturabilidad aumentaron hasta los 14 días, para luego disminuir ligeramente, muy probablemente debido al mayor grado de rotura de la matriz proteica debido al proceso de proteólisis en los quesos. En el caso de los parámetros de cohesividad, elasticidad y masticabilidad, estos también disminuyeron de forma sostenida a lo largo del tiempo, mientras que la adhesividad no se vio modificada.

En este estudio, el cuajo utilizado para elaborar los quesos fue 100% quimosina, una enzima de menor poder proteolítico durante el tiempo de almacenamiento, motivo por el cual se usa en la

elaboración de los quesos frescos, en contraposición a los cuajos que contienen pepsina, y que son utilizados para elaborar quesos en los que se precisa un mayor grado de proteólisis (Rossi Ribero et al., 2018). Por ello, la disminución de la dureza y la fuerza requerida para fracturar los quesos de este estudio se evidencian al final del tiempo experimental. Ello, también puede deberse al aumento de la carga microbiana, puesto que los microorganismos también producen sus propias enzimas proteolíticas, con capacidad de modificar la textura del queso.

El incremento de la dureza y fracturabilidad en quesos frescos durante su almacenamiento también ha sido observado por otros autores (Sandra et al., 2006; Tunick & Van Hekken, 2010), y están relacionados con la disminución de la humedad de los quesos en el tiempo de almacenamiento (Fresno et al., 2006).

A medida que se incrementó la presencia de calostro en la leche, los valores de dureza, fracturabilidad, masticabilidad y elasticidad del queso fueron en general menores, mientras que los valores de adhesividad fueron mayores. Adicionalmente la cohesividad no se vio afectada por este factor. La textura del queso se produce por una interacción compleja de diferentes factores como la composición del queso y las condiciones de elaboración (Lucey et al., 2003).

La humedad presente en los quesos frescos actúa como plastificante en la red de proteínas, lo que lo hace menos elástico y más susceptible a la fractura por compresión (Fox et al., 2017). Resultados similares han sido encontrados por otros autores en los parámetros de elasticidad y masticabilidad en quesos artesanales elaborados con leche de cabra (Sánchez-Macías et al., 2010).

Como se describió en el Capítulo 3, la mejora del rendimiento quesero en leches conteniendo calostro se atribuye tanto a una mayor retención del suero en la matriz del queso como a la incorporación de proteínas del suero. En particular, las proteínas del suero desnaturizadas y altamente hidratadas obstruyen la sinéresis/desuerado, de modo que la cuajada escurre menos agua durante el proceso de elaboración del queso (Henriques et al., 2013; Hinrichs, 2001).

El mayor contenido en agua, tal y como se observa en la Tabla 5.6 y la presencia de una mayor cantidad de proteína del suero desnaturizada, en forma de agregados que actuarían como núcleos ablandadores, de los quesos conteniendo 5 y 10% de calostro, podría explicar los menores valores de dureza, fracturabilidad, masticabilidad y elasticidad en estos quesos.

5.3.2.5. Lipólisis

En la Tabla 5.11 se muestran los valores medios del total de AGL en queso fresco elaborado con leche con 0, 1, 5 y 10% de calostro durante 21 días de almacenamiento.

Tabla 5.10. Valores medios y desviación estándar de análisis de perfil de textura de queso fresco que contiene 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), durante 21 días de almacenamiento a 4 °C.

Parámetro	Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)				EEM
		1	7	14	21	
Dureza	Q0	30,61 ± 4,39 ^{az}	32,59 ± 3,11 ^{az}	33,13 ± 3,65 ^{az}	25,94 ± 1,71 ^{by}	0,62
	Q1	28,21 ± 5,19 ^{bz}	29,78 ± 2,66 ^{bzy}	33,15 ± 4,60 ^{az}	30,80 ± 3,16 ^{abz}	0,35
	Q5	22,61 ± 2,90 ^{by}	23,59 ± 5,84 ^{aby}	25,22 ± 3,76 ^{ay}	23,40 ± 3,65 ^{aby}	0,63
	Q10	23,20 ± 1,72 ^{by}	27,72 ± 1,96 ^{ax}	25,49 ± 3,22 ^{aby}	25,88 ± 1,93 ^{abx}	0,35
	EEM	0,72	0,70	0,78	0,55	
Fracturabilidad	Q0	29,58 ± 4,18 ^{bz}	32,58 ± 3,11 ^{az}	33,13 ± 3,65 ^{az}	25,90 ± 1,68 ^{cy}	0,62
	Q1	27,54 ± 5,13 ^{bz}	29,69 ± 2,77 ^{bzy}	33,79 ± 4,60 ^{az}	30,79 ± 3,18 ^{abz}	0,64
	Q5	22,58 ± 3,06 ^{by}	27,64 ± 5,86 ^{ay}	25,49 ± 3,78 ^{aby}	25,61 ± 3,86 ^{aby}	0,65
	Q10	20,68 ± 2,54 ^{by}	23,48 ± 2,11 ^{abx}	25,11 ± 3,27 ^{ay}	22,15 ± 3,05 ^{abx}	0,46
	EEM	0,75	0,71	0,79	0,62	
Adhesividad	Q0	9,42 ± 3,99 ^y	9,42 ± 3,55 ^y	11,58 ± 3,85 ^y	11,58 ± 4,21 ^y	0,71
	Q1	12,42 ± 5,98 ^{zy}	13,33 ± 5,02 ^{zy}	15,50 ± 5,57 ^z	16,25 ± 5,77 ^z	1,12
	Q5	15,75 ± 5,83 ^z	16,67 ± 5,62 ^z	15,83 ± 6,17 ^z	15,75 ± 6,20 ^z	0,92
	Q10	15,33 ± 5,98 ^z	17,17 ± 6,14 ^z	17,20 ± 7,17 ^z	18,42 ± 6,74 ^z	1,19
	EEM	1,05	1,01	1,15	1,03	
Cohesividad	Q0	0,13 ± 0,02 ^a	0,10 ± 0,01 ^b	0,09 ± 0,02 ^b	0,11 ± 0,01 ^{bz}	0,00
	Q1	0,12 ± 0,02 ^a	0,11 ± 0,02 ^b	0,09 ± 0,02 ^b	0,08 ± 0,01 ^{by}	0,00
	Q5	0,12 ± 0,04 ^a	0,10 ± 0,02 ^b	0,10 ± 0,02 ^b	0,10 ± 0,02 ^{bz}	0,00
	Q10	0,13 ± 0,02 ^a	0,10 ± 0,01 ^b	0,10 ± 0,01 ^b	0,10 ± 0,01 ^{bz}	0,00
	EEM	0,00	0,00	0,00	0,00	
Elasticidad	Q0	14,85 ± 1,03 ^a	13,13 ± 1,40 ^{bzy}	14,03 ± 1,66 ^{abz}	12,37 ± 0,93 ^{bz}	0,23
	Q1	15,20 ± 2,03 ^a	14,52 ± 2,13 ^{bz}	13,69 ± 1,25 ^{bz}	13,46 ± 1,79 ^{bz}	0,27
	Q5	14,49 ± 1,41 ^a	13,11 ± 1,74 ^{bzy}	12,09 ± 1,50 ^{by}	13,02 ± 1,33 ^{bz}	0,31
	Q10	15,12 ± 2,08 ^a	12,81 ± 1,63 ^{by}	13,15 ± 1,53 ^{by}	11,67 ± 1,88 ^{by}	0,24
	EEM	0,24	0,26	0,23	0,24	

Tabla 5.10. (Continuación).

Parámetro	Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)				
		1	7	14	21	EEM
Masticabilidad	Q0	580,75 ± 139,47 ^{az}	421,92 ± 48,85 ^{bz}	421,92 ± 104,04 ^{bz}	338,00 ± 46,59 ^c	18,28
	Q1	524,50 ± 84,92 ^{azy}	464,58 ± 126,02 ^{abzy}	408,42 ± 73,97 ^{bz}	347,08 ± 71,85 ^b	16,02
	Q5	415,08 ± 144,391 ^{ay}	369,33 ± 86,44 ^{aby}	300,17 ± 80,62 ^{by}	333,25 ± 109,99 ^{ab}	16,36
	Q10	454,92 ± 155,994 ^{ay}	309,67 ± 35,43 ^{by}	339,08 ± 63,26 ^{by}	286,92 ± 55,88 ^b	15,76
	EEM	20,89	14,25	13,54	11,02	

EEM = Error estándar de la media.

^{a-c} Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren estadísticamente (P < 0,05).

^{z,y} Medias en columna para la misma variable con diferente superíndice difieren estadísticamente (P < 0,05).

Tabla 5.11. Valores medios y desviación estándar del total de ácidos grasos libres en queso fresco elaborado con leche que contiene 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), durante 21 días de almacenamiento 4 °C.

Componente	Tratamiento	Tiempo de almacenamiento (días)				
		1	7	14	21	EEM
Ácidos grasos libres (mg/100 g)	Q0	123,87 ± 0,88 ^{az}	127,56 ± 3,34 ^{az}	259,09 ± 4,82 ^{bz}	261,41 ± 6,45 ^{bz}	25,46
	Q1	127,69 ± 1,44 ^{az}	135,74 ± 5,16 ^{az}	270,29 ± 6,92 ^{bz}	276,17 ± 5,27 ^{by}	26,81
	Q5	135,04 ± 0,77 ^{azy}	142,80 ± 7,47 ^{ay}	286,23 ± 4,52 ^{by}	284,17 ± 2,42 ^{by}	27,69
	Q10	137,65 ± 1,92 ^{ay}	145,41 ± 6,78 ^{ay}	298,61 ± 2,19 ^{by}	323,30 ± 1,95 ^{bx}	32,22
	EEM	3,06	2,12	5,85	8,73	

EEM = Error estándar de la media.

^{a-b} Medias en la misma fila con diferente superíndice difieren estadísticamente (P < 0,05).

^{z-x} Medias en columna para la misma variable con diferente superíndice difieren estadísticamente (P < 0,05).

De forma general, tanto en el queso control como en aquellos que fueron elaborados con 1, 5 y 10% de calostro en leche, se observó un aumento de la cantidad de AGL en su matriz, lo cual llega a ser significativo a los 14 días de almacenamiento.

Al comparar entre los distintos tipos de quesos, al día 1 sólo en los quesos Q10 se evidenció un aumento significativo de AGL en comparación con el resto. Es decir, los quesos Q0, Q1 y Q5 fueron similares en cuanto a la cantidad de AGL presente en su matriz. Después de 7 y 14 días, ya los quesos Q5 y Q10 presentaron mayor cantidad de AGL que el queso control, mientras que en el día 21, los quesos elaborados con tan sólo un 1% de calostro en leche presentaron una mayor cantidad de AGL que en el queso control, mientras que los quesos Q5 y Q10 así mismo tuvieron mayor presencia de AGL que el resto de quesos.

Este aumento de lipólisis está posiblemente relacionado con la actividad lipásica de los microorganismos psicótrofos que ocurren durante el almacenamiento en frío de los quesos (Collins et al., 2003), y la mayor actividad lipásica presente en el calostro con respecto a la leche descrita por diferentes autores (Liesman et al., 1988; Saito & Kim, 1994).

Aunque las leches conteniendo calostro fueron sometidas a un tratamiento térmico de pasteurización (63 °C, 30 min) que desnaturaliza las lipasas endógenas de la leche, es necesario un tratamiento de 78 °C durante 10 s para desnaturalizarlas por completo (Driessen, 1989). Así, los quesos con mayor contenido de calostro podrían presentar mayores actividades endógenas lipásicas, y una mayor lipólisis. Por otra parte, hay que tener en cuenta que en los quesos tras la liberación de AGL, estos están sujetos posteriormente a un catabolismo o degradación de los mismos, con la formación de otros componentes (Sánchez-Macías et al., 2011). Este fenómeno bioquímico explicaría la estabilización a los 14-21 días de almacenamiento de la cantidad de AGL entre los quesos.

El proceso bioquímico de la lipólisis en quesos frescos no es habitual, y se considera un defecto en esta variedad de queso (Ramírez, 2019). El aumento de lipólisis en los quesos con presencia de calostro en leche puede originar sabores rancios en el producto, lo que puede incidir en la aceptabilidad del queso por parte del consumidor.

5.3.2.6. Perfil de proteínas

Los perfiles SDS-PAGE de las principales proteínas y productos de degradación extraídos del queso (Figura 5.2) mostraron bandas claras de las caseínas, de las proteínas del suero y de algún producto de hidrólisis como la para- κ -caseína, sin apreciarse diferencias entre quesos, excepto

para las proteínas del suero lactoferrina e inmunoglobulinas, con bandas que fueron más intensas en las muestras de queso a medida que aumentó la presencia de calostro en la leche con la que se elaboraron, principalmente con concentraciones de 5 y 10% en la leche.

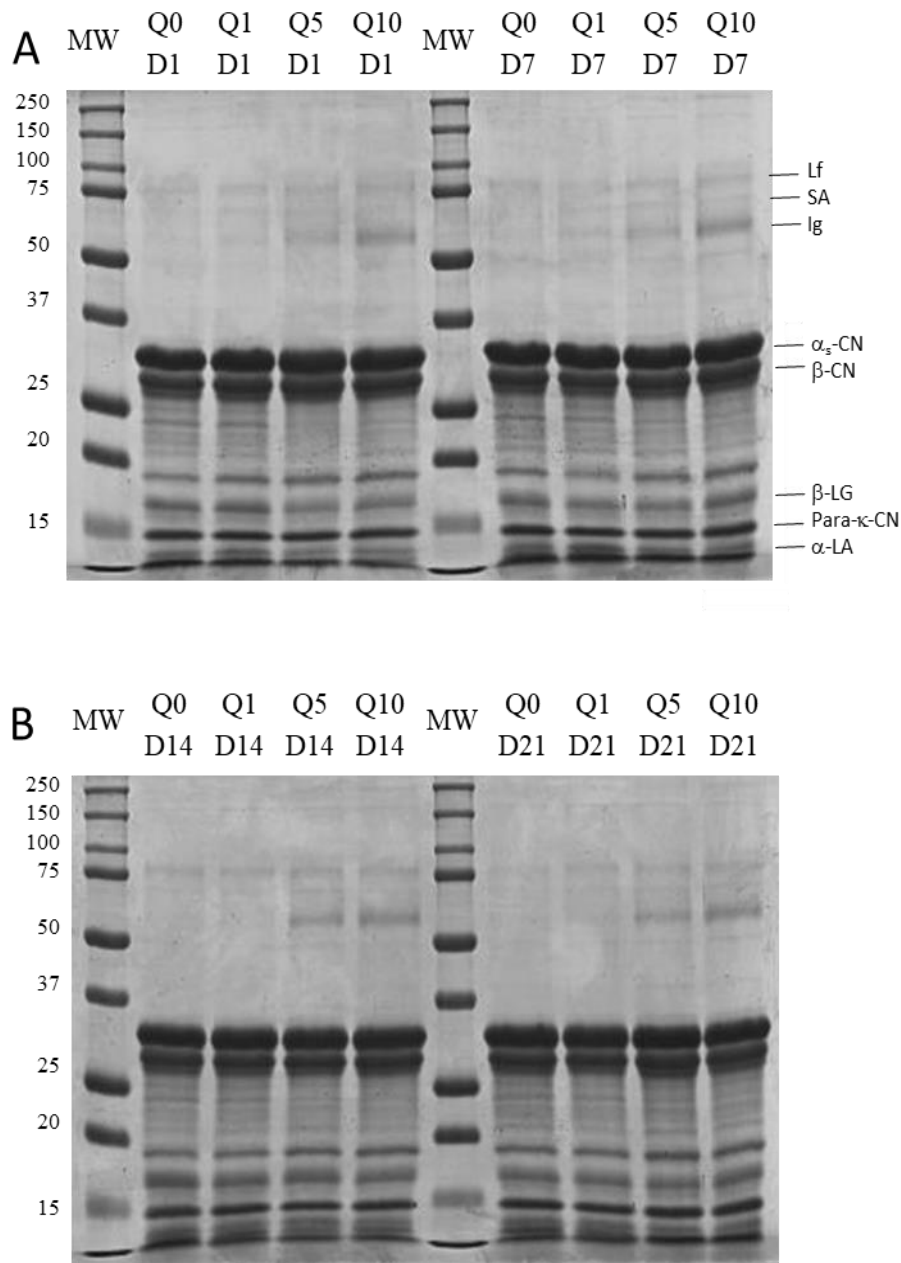


Figura 5.2. Imagen de los geles SDS-PAGE mostrando las principales proteínas y productos de degradación de los quesos con 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5 y Q10) a los 1 y 7 (A), y 14 y 21 días (B) de almacenamiento en refrigeración (4 °C). MW: Marcador de peso molecular.

Tabla 5.12. Valores medios densitométricos (unidades arbitrarias) y desviación estándar de las bandas de lactoferrina e inmunoglobulina en quesos con 0, 1, 5 y 10% de calostro durante 21 días en refrigeración a 4 °C.

Proteína	Concentraciones de calostro	Tiempo de almacenamiento (días)				EEM
		1	7	14	21	
Lactoferrina	Q0	155,35 ± 9,41 ^{az}	174,86 ± 13,31 ^{bz}	199,04 ± 1,62 ^{cz}	216,69 ± 4,51 ^{dz}	6,31
	Q1	174,12 ± 0,60 ^{az}	212,29 ± 8,50 ^{by}	213,39 ± 9,27 ^{bz}	236,00 ± 2,12 ^{cz}	5,91
	Q5	201,71 ± 11,36 ^{ay}	232,69 ± 3,98 ^{ax}	216,75 ± 9,29 ^{az}	291,89 ± 35,99 ^{by}	10,13
	Q10	240,98 ± 23,76 ^{ax}	260,54 ± 17,23 ^{aw}	278,65 ± 7,12 ^{ay}	349,31 ± 18,30 ^{bx}	13,57
	EEM	8,89	8,49	11,31	14,12	
Inmunoglobulina	Q0	183,87 ± 26,74 ^{az}	189,42 ± 22,51 ^{az}	227,88 ± 2,99 ^{bz}	241,99 ± 16,63 ^{bz}	7,72
	Q1	222,81 ± 17,18 ^{ay}	230,58 ± 23,12 ^{aby}	234,43 ± 3,51 ^{abz}	248,90 ± 13,92 ^{bz}	4,35
	Q5	268,76 ± 14,66 ^{ax}	301,93 ± 28,73 ^{abx}	314,40 ± 2,24 ^{by}	361,43 ± 31,53 ^{cy}	7,21
	Q10	404,56 ± 28,79 ^{aw}	421,03 ± 21,33 ^{abw}	434,88 ± 12,20 ^{bx}	465,94 ± 4,51 ^{cx}	9,75
	EEM	22,10	23,10	21,74	24,12	

EEM = Error estándar de la media.

^{a-c} Medias en la misma línea con diferente superíndice difieren estadísticamente (P < 0,05).

^{z-x} Medias en columna para la misma variable con diferente superíndice difieren estadísticamente (P < 0,05).

Cuando las imágenes fueron procesadas con ImageLab y se midieron las intensidades y volumen de las bandas de Ig y de lactoferrinas (Tabla 5.12), se observó que, al aumentar la concentración de calostro en los quesos, así como el tiempo de almacenamiento, aumentaron los valores de intensidad de las bandas de Ig y lactoferrina.

La cantidad de Ig y de lactoferrina en el calostro son mayores en comparación al de la leche (Godden et al., 2019; Playford & Weiser, 2021; Sangild et al., 2021). La presencia de mayores concentraciones de Ig y lactoferrina, típicamente proteínas que migran a la fase sérica, en los quesos elaborados con leche con presencia de calostro, puede estar relacionado por una parte por la desnaturalización y agregación de estas proteínas debido al tratamiento térmico de la leche de quesería. Así pues, estas dos proteínas quedarían retenidas en la matriz de caseínas del queso. Así mismo, la mayor presencia de estos agregados proteicos que tienen mayor capacidad de ligar y retener agua de la cuajada, reduciendo la sinéresis, resultaría en una mayor retención de suero en el queso.

Por otro lado, la mayor presencia de Ig y lactoferrina calostrales, dos componentes típicamente antimicrobianos (Puppel et al., 2019), en los quesos Q1, Q5 y Q10, explicaría la reducción de la carga microbiana tanto de aerobios mesófilos como de coliformes totales encontrada en este estudio. Sin embargo, no se descarta que otros componentes antimicrobianos no cuantificados en los electroforetogramas puedan también haber interferido en el crecimiento microbiano.

Hay que tener en cuenta que los quesos de este trabajo fueron elaborados sin cultivos iniciadores. Sería de interés para la industria quesera conocer si la presencia de calostro en leche pudiera inferir en los procesos fermentativos en la elaboración del queso y durante el tiempo de almacenamiento o maduración.

5.3.2.7. Análisis sensorial

En la Tabla 5.13 se muestra los valores medios de los parámetros de perfil de textura sensorial de los quesos frescos que contienen 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente). A pesar de que estadísticamente no se encontraron diferencias ($P > 0,05$) para ningún parámetro analizado por parte de los jueces semientrenados al comparar los diferentes tipos de queso, sí se observaron ligeras tendencias. El análisis mostró que a medida que aumentó la presencia de calostro en leche, los puntajes de friabilidad, dureza y adhesividad fueron aumentando, mientras que los de elasticidad y masticabilidad fueron disminuyendo.

Estos resultados tienen relación con el análisis de perfil de textura instrumental de nuestro estudio en cuanto a los parámetros de masticabilidad, elasticidad y adhesividad. En estos parámetros se observó que a medida que se incrementó la presencia de calostro en la leche la masticabilidad y la elasticidad del queso fueron en general menores y la adhesividad fue mayor.

Los valores medios de los parámetros de aceptabilidad de los quesos frescos que contienen 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente) también se muestran en la Tabla 5.13. Los consumidores valoraron los quesos a nivel de aceptabilidad como “me gusta”, sin mostrar diferencias estadísticas entre las medias de los distintos quesos experimentales.

A pesar de que en los análisis de composición química básica se encontró que los quesos Q1, Q5 y Q10 tuvieron mayor contenido de humedad, y que su textura medida instrumentalmente demostraron que son quesos muy diferentes respecto al control, ni los jueces semientrenados ni los consumidores fueron capaces de detectar las diferencias en los quesos debido a la presencia de calostro.

Tabla 5.13. Valores medios y desviación estándar de parámetros de perfil de textura sensorial y aceptación de los quesos frescos que contienen 0, 1, 5 y 10% de calostro (Q0, Q1, Q5, Q10, respectivamente), al día 1 de almacenamiento.

	Elasticidad	Friabilidad	Dureza	Adhesividad	Humedad	Masticabilidad	Aceptabilidad
Q0	3,88 ± 1,22	1,96 ± 0,61	2,75 ± 0,76	1,88 ± 0,60	3,60 ± 1,23	24,63 ± 9,01	3,67 ± 0,79
Q1	3,44 ± 1,15	2,04 ± 0,70	2,84 ± 0,61	1,96 ± 0,78	4,06 ± 1,29	22,50 ± 8,77	3,63 ± 0,85
Q5	3,69 ± 1,22	2,04 ± 0,39	2,88 ± 0,69	2,25 ± 1,00	4,10 ± 1,13	20,25 ± 6,41	3,87 ± 0,92
Q10	3,75 ± 0,85	2,56 ± 0,94	3,35 ± 0,76	2,21 ± 1,14	3,85 ± 1,14	20,00 ± 7,65	3,72 ± 0,91
EEM	0,19	0,12	0,13	0,15	0,20	1,39	0,08

EEM = Error estándar de la media.

5.3.3. Características sueros de quesería

5.3.3.1. Características fisicoquímicas y de composición

Los sueros de quesería presentaron unas concentraciones de proteína de 0,8-0,9, de lactosa entre 4,6 y 5,0, de acidez 0,09-0,13%, densidad 1,025-1,027 g/mL y pH de 6,43-6,51, sin presentar diferencias significativas entre sueros. Con la metodología utilizada (método butirométrico de Gerber) no se pudo detectar la presencia de grasa en los sueros de quesería. El componente del suero que se encontró en mayor concentración fue la lactosa, seguida de la proteína, las cuales provienen de la composición original de la leche. Otros autores encontraron resultados similares en el suero que proviene de la elaboración de queso fresco (lactosa 4,53% y proteína 0,72%) (Henriques et al., 2013). Con respecto

a los valores de acidez y pH del suero encontrados en esta investigación, corresponden con un queso elaborado con leche pasteurizada, coagulación enzimática y sin fermentos añadidos, lo que también fue representados por una carga microbiológica baja (Alava-Viteri et al., 2014).

5.3.3.2. Concentración de IgG en suero

Los valores medios de concentración de IgG en el suero de queso fresco con 0, 1, 5 y 10% de calostro se muestran en la Tabla 5.14. La concentración de IgG aumentó significativamente un 72,92 y 84,34% en suero tras la elaboración del queso cuando se añadió a la leche de quesería un 5 y 10% de calostro, respectivamente. Ello, a pesar de que en la matriz de los quesos también quedó retenido una cantidad considerable e inmunoglobulinas. La mayor cantidad de IgG en sueros de queso fresco con presencia de calostro obtenidos en este estudio están relacionados con el alto contenido de inmunoglobulinas que contiene el calostro con respecto a la leche, los cuales pasan principalmente a la fase sérica (Godden et al., 2019; Puppel et al., 2019).

Los altos niveles de IgG presentes en los sueros pueden ser aprovechados para la producción e incorporación de concentrados de proteína de suero líquido, en la elaboración de productos lácteos. Sin embargo, hay que considerar el efecto antimicrobiano de estas proteínas, lo cual puede interferir en los procesos fermentativos de los productos lácteos como el yogur.

Tabla 5.14. Valores medios y desviación estándar de la determinación de inmunoglobulina G (IgG) en los sueros de queso fresco (SQ) procedente de leche con presencia de calostro (0, 1, 5 y 10 %).

Componente	Concentraciones de calostro	
IgG (mg/mL)	SQ0	1,43 ± 0,02 ^z
	SQ1	1,63 ± 0,38 ^z
	SQ5	5,28 ± 1,64 ^y
	SQ10	10,47 ± 0,89 ^x
	EEM	1,44

EEM = Error estándar de la media.

^{z,x} Medias en columna para la misma variable con diferente superíndice difieren estadísticamente (P < 0,05).

5.3.3.3. Color instrumental del suero

En la Tabla 5.15 se muestran los valores medios de color de los sueros de quesería procedentes de los quesos frescos elaborados con leche con y sin presencia de calostro (0, 1, 5 y 10%). Con respecto al color del suero, a medida que aumentó la presencia de calostro en la leche de quesería, en la elaboración de los quesos, los sueros resultantes presentaron valores medios de L*, a* y b* similares entre ellos. Sin embargo, para el índice de amarillo (b*), se observó un ligero incremento de los valores al haber presencia de calostro en la leche de quesería.

Respecto a la diferencia de color (la cual incluye a los 3 parámetros), se observó que el suero resultante de la elaboración del queso Q1 presenta una diferencia de color ligera respecto al suero control, según la escala de Nedomová et al. (2017), mientras que los sueros provenientes de la elaboración de los quesos Q5 y Q10 se consideran con una diferencia respecto al control clasificadas como apreciable y notable, respectivamente.

Tabla 5.15. Valores medios y desviación estándar de parámetros de color de suero de queso fresco (SQ) procedente de leche con presencia de calostro (0, 1, 5 y 10%).

Parámetro	Concentraciones de calostro en SQ				EEM
	0%	1%	5%	10%	
L*	52,17 ± 0,21	54,96 ± 0,68	54,01 ± 0,19	52,99 ± 2,15	0,50
a*	-4,25 ± 0,14	-4,15 ± 0,08	-4,17 ± 0,28	-4,27 ± 0,15	0,05
b*	3,29 ± 0,64	3,48 ± 0,77	3,91 ± 0,60	4,43 ± 1,30	0,29
ΔE		1,43	2,82	3,32	

EEM = Error estándar de la media.

5.4. Conclusiones

La presencia de calostro en el tanque de la leche, de manera intencionada o accidental, origina cambios en las características de composición, fisicoquímicas, microbiológicas, sensoriales, textura y color del queso fresco recién elaborado y durante su almacenamiento a 4 °C durante 21 días.

A medida que aumentó la presencia de calostro en leche, los quesos frescos presentaron un mayor contenido de proteína, grasa y humedad. Los recuentos de aerobios y coliformes disminuyeron significativamente en estos quesos, sobre todo cuando hubo mayor presencia de calostro en la leche (5 y 10%), y además presentaron una vida útil más extensa en comparación con el queso control. Esto se debe principalmente por una mayor presencia de compuestos antimicrobianos del calostro, tales como las inmunoglobulinas y lactoferrina.

La dureza, fracturabilidad, masticabilidad y la elasticidad de los quesos, a medida que se incrementó la presencia de calostro en la leche, fueron en general menores, la adhesividad fue mayor, mientras que la cohesividad no se vio afectada por este factor. Adicionalmente, la diferencia de color de los quesos con presencia de calostro fue aumentando a medida que aumentó su concentración en leche, llegando a ser notable en los quesos elaborados con 10% de calostro en leche.

Los puntajes de friabilidad, dureza y adhesividad, percibidos por los jueces fueron mayores en los quesos con presencia de calostro en leche, mientras que el panel de consumidores no tuvo ninguna preferencia por ninguno de los quesos en particular.

Los sueros de quesería procedentes de la elaboración de queso fresco a partir de leches conteniendo calostro hasta un 10%, presentaron características de composición similares. Sin embargo, la concentración de IgG aumentó significativamente en suero de quesería tras la elaboración del queso cuando la leche de quesería contuvo un 5 y 10% de calostro. Este contenido mayor de IgG en los sueros procedentes de los quesos elaborados a partir de leches conteniendo 5 y 10% de calostro, deberían tenerse en cuenta si este subproducto fuera a ser utilizado como ingrediente en la industria láctea.

5.5. Referencias bibliográficas

- Abd, A., Abd, F., El-Dieb, S. M., & El-Kashef, H. (2012). Changes in composition of colostrum of Egyptian buffaloes and Holstein cows. *Veterinary Research*, 8(19). <https://doi.org/10.1186/1746-6148-8-19>
- Alava-Viteri, C., Gómez-de-Llera, M., & Maya-Pantoja, J. A. (2014). Caracterización fisicoquímica del suero dulce obtenido de la producción de queso casero en el municipio de Pasto. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 1(1), 22-32. <https://doi.org/10.23850/24220582.110>
- Antone, U., Zagorska, J., Sterna, V., Jemeljanovs, A., Berzins, A., & Ikauniece, D. (2015). Effects of dairy cow diet supplementation with carrots on milk composition, concentration of cow blood serum carotenes, and butter oil fat-soluble antioxidative substances. *Agronomy Research*, 13(4), 879-891.
- Arce-Méndez, J., Thompson-Vicente, E., & Calderón-Villaplana, S. (2015). Addition of whey protein to fresh cheese. *Agronomía Mesoamericana*, 27(1), 61. <https://doi.org/10.15517/am.v27i1.21878>
- Barukčić, I., Ščetar, M., Marasović, I., Lisak Jakopović, K., & Božanić, R. (2020). Evaluation of quality parameters and shelf life of fresh cheese packed under modified atmosphere. *Journal of Food Science and Technology*, 7(57), 2722-2731. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s13197-020-04308-6>

- Cho, Y., Singh, H., & Creamer, L. K. (2003). Heat-induced interactions of β -lactoglobulin A and κ -casein B in a model system. *Journal of Dairy Research*, 70(1), 61-71. <https://doi.org/10.1017/S0022029902005642>
- Collins, Y., L., P., Sweeney, M., & Wilkinson, M. (2003). Lipolysis and free fatty acid catabolism in cheese: a review of current knowledge. *International Dairy Journal*, 13(11), 841-866. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(03\)00109-2](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(03)00109-2)
- Conesa, C., Lavilla, M., Sánchez, L., Pérez, M. D., Mata, L., Razquín, P., & Calvo, M. (2005). Determination of IgG levels in bovine bulk milk samples from different regions of Spain. *European Food Research and Technology*, 220(2), 222-225.
- Costa, A., Goi, A., Penasa, M., Nardino, G., Posenato, L., & De Marchi, M. (2021). Variation of immunoglobulins G, A, and M and bovine serum albumin concentration in Holstein cow colostrum. *Animal*, 15(7), 100299 <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100299>
- Driessen, F. (1989). Inactivation of lipases and proteinases (indigenous and bacterial). *Bulletin of the International Dairy Federation*, 238, 71-93.
- Dunn, A., Duffy, C., Gordon, A., Morrison, S., Argüello, A., Welsh, M., & Earley, B. (2018). Comparison of single radial immunodiffusion and ELISA for the quantification of immunoglobulin G in bovine colostrum, milk and calf sera. *Journal of Applied Animal Research*, 46(1), 758-765. <https://doi.org/are.uab.cat/10.1080/09712119.2017.1394860>
- Dzik, S., Miciński, B., Aitzhanova, I., Miciński, J., Pogorzelska, J., Beisenov, A., & Kowalski, I. (2017). Properties of bovine colostrum and the possibilities of use. *Polish Annals of Medicine*, 24(2), 295-299. <https://doi.org/10.1016/j.poamed.2017.03.004>
- Evert-Arriagada, K., Hernández-Herrero, M., Guamis, B., & Trujillo, A. (2014). Commercial application of high-pressure processing for increasing starter-free fresh cheese shelf-life. *LWT - Food Science and Technology*, 55(2), 298-505. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.10.030>
- Evert-Arriagada, K., Hernández-Herrero, M., Juan, B., Guamis, B., & Trujillo, A. J. (2012). Effect of high pressure on fresh cheese shelf-life. *Journal of Food Engineering*, 110(2), 248-253. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.05.011>
- Farkye, N. (2004). Cheese technology. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2), 91-98. <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00146.x>
- Fox, P., Guinee, T., Cogan, T., & McSweeney, P. (2000). *Fundamentals of cheese science*. New York: Springer US.
- Fox, P., Guinee, T., Cogan, T., & McSweeney, P. (2017). Cheese: Structure, rheology and texture. *Fundamentals of Cheese Science*, 475-532. https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9_14
- Fresno, M., Álvarez, S., Rodríguez, V., & Castro, N. A. (2006). Evaluation of the effect of rennet type on the texture and colour of goats cheese. *Journal of Applied Animal Research*, 30(2), 157-160. <https://doi.org/10.1080/09712119.2006.9706609>

- Godden, S. M., Smith, S., Feirtag, J. M., Green, L. R., Wells, S. J., & Fetrow, J. P. (2003). Effect of On-Farm Commercial Batch Pasteurization of Colostrum on Colostrum and Serum Immunoglobulin Concentrations in Dairy Calves. *Journal of Dairy Science*, 86(4), 1503-1512. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73736-9](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73736-9)
- Godden, S. M., Lombard, J. E., & Woolums, A. R. (2019). Colostrum Management for Dairy Calves. *Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice*, 35(3), 535-556. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.005>
- Guerrero, C., Salas, W. F., & Baldeón-Chamorro, E. O. (2015). Evaluación instrumental de la textura del queso elaborado con suero concentrado por ultrafiltración. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 81(3), 273-282.
- Henriques, M., Gomes, D., Pereira, C., & Gil, M. (2013). Effects of liquid whey protein concentrate on functional and sensorial properties of set yogurts and fresh cheese. *Food and Bioprocess Technology*, 6(4), 952-963. <https://doi.org/10.1007/S11947-012-0778-9>
- Herrera-Chávez, B., Trujillo, A. J., Calero, P., Falconí, M. I., & Sánchez-Macías, D. (2022). Effects of colostrum in milk on the effectiveness of the pasteurization process and cheese milk quality. *Journal of Applied Animal Research*, 50(1), 246-253. <https://doi.org/10.1080/09712119.2022.2056466>
- Hinrichs, J. (2001). Incorporation of whey proteins in cheese. *International Dairy Journal*, 11(4-7), 495-503. [https://doi.org/10.1016/S0958-6946\(01\)00071-1](https://doi.org/10.1016/S0958-6946(01)00071-1)
- Hnosko, J., Clark, S. & Hekken, D. Van. (2009). c. En: *The Sensory Evaluation of Dairy Products* (editado por S. Clark, M. Costello, M. Drake & F. Bodyfelt). New York, NY: Springer US. 489-504.
- Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN]. (2012). *Norma Técnica Ecuatoriana INEN NTE 9:2012 Leche cruda. Requisitos*. http://181.112.149.204/buzon/normas/nte_inen_9-5.pdf
- Johnson, M. E. (2017). A 100-year review: Cheese production and quality. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 9952-9965. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-12979>
- Kamimura, B. A., Magnani, M., Luciano, W. A., Campagnollo, F. B., Pimentel, T. C., Alvarenga, V. O., . . . Sant'Ana, A. S. (2019). Brazilian artisanal cheeses: An overview of their characteristics, main types and regulatory aspects. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(5), 1636-1657. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12486>
- Katsiari, M. C., & Voutsinas, L. P. (1994). Manufacture of low-fat Feta cheese. *Food Chemistry*, 49(1), 53-60. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(94\)90232-1](https://doi.org/10.1016/0308-8146(94)90232-1)
- Kehoe, S. I., Jayarao, B. M., & Heinrichs, A. J. (2007). A survey of bovine colostrum composition and colostrum management practices on Pennsylvania dairy farms. *Journal of Dairy Science*, 90(9), 4108-4116. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0040>
- Khattab, A. R., Guirguis, H. A., Tawfik, S. M., & Farag, M. A. (2019). Cheese ripening: A review on modern technologies towards flavor enhancement, process

- acceleration and improved quality assessment. *Trends in Food Science & Technology*, 88, 343-360. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.009>
- Lara-Castellanos, M. J., Azuara, E., Jimenez-Fernandez, V. M., Luna-Solano, G., & Jimenez, M. (2021). Effect of casein replacement by modified casein on physicochemical, textural, sensorial properties and microbiological stability of fresh cheese. *International Dairy Journal*, 112, 104864. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2020.104864>
- Liesman, J., Emery, R., Akers, R., & Tucker, H. (1988). Mammary lipoprotein lipase in plasma of cows after parturition or prolactin infusion. *Lipids*, 23(5), 504-507. <https://doi.org/10.1007/BF02535528>
- Liu, G., Carøe, C., Qin, Z., Munk, D. M., Crafac, M., Petersen, M. A., & Ahn, L. (2020). Comparative study on quality of whole milk processed by high hydrostatic pressure or thermal pasteurization treatment. *LWT*, 127, 109370. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109370>
- Liu, Y., Wang, X., Liu, B., Yuan, S., Q. X., & Dong, Q. (2021). An online freeware for predictive microbiology. *Foodborne Pathogens and Disease*, 18(8), 607-615. <https://doi.org/10.1089/fpd.2020>
- Lucey, J., Johnson, M., & Horne, D. (2003). Invited review: Perspectives on the basis of the rheology and texture properties of cheese. *Journal of Dairy Science*, 86(9), 2725-2743. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)73869-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)73869-7)
- Markov, K., Frece, J., Čvek, D., & Delaš, F. (2009). Listeria monocytogenes i drugi kontaminanti u svježem siru i vrhnju domaće proizvodnje s područja grada Zagreba. *Mljekarstvo: časopis za unaprijeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 59(3), 225-231.
- McGrath, B. A., Fox, P. F., McSweeney, P. L., & Kelly, A. L. (2016). Composition and properties of bovine colostrum: a review. *Dairy Science and Technology*, 96(2), 133-158. <https://doi.org/10.1007/s13594-015-0258-x>
- McSweeney, P. L., & Sousa, M. J. (2000). Biochemical pathways for the production of flavour compounds in cheeses during ripening: A review. *Lait*, 96(2), 293-324. <https://doi.org/10.1051/lait:2000127>
- Melilli, C., Barbano, D. M., Manenti, M., Lynch, J. M., Carpino, S., & Licitra, G. (2004). Lipolysis and proteolysis in Ragusano cheese during brine salting at different temperatures. *Journal of Dairy Science*, 87(8), 2359-2374. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(04\)73358-5](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(04)73358-5)
- Miranda, O., Palma, I., Fonseca, P., Cutiño, M., Lara, R., & Cedeño, C. (2009). Características físico-químicas de sueros de queso dulce y ácido producidos en el combinado de quesos de bayamo. *Revista Cubana de Alimentación y Nutrición*, 19(1), 19-25. https://doi.org/http://www.revicubalimentanut.sld.cu/Vol_19_1/Articulo_1_19_1_21_25.pdf
- Murtaza, M. A., Rehman, S. U., Anjum, F. M., Huma, N., Tarar, O. M., & Mueen-Ud-Din, G. (2012). Organic acid contents of buffalo milk cheddar cheese as

- influenced by accelerated ripening and sodium salt. *Journal of Food Biochemistry*, 36(1), 99-106. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2010.00517.x>
- Nedomová, Š., Kilián, L., Pytel, R. & Kumbár, V. (2017). Effect of ripening time on colour and texture properties in cheese. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 11, 296-301. <https://doi.org/10.5219/744>
- Paulson, B. M., McMahon, D. J., & Oberg, C. J. (1998). Influence of sodium chloride on appearance, functionality, and protein arrangements in nonfat Mozzarella cheese. *Journal of Dairy Science*, 81(8), 2053-2064. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(98\)75780-7](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(98)75780-7)
- Playford, R. J., & Weiser, M. J. (2021). Bovine Colostrum: Its Constituents and Uses. *Nutrients*, 13(1), 1-24. <https://doi.org/10.3390/nu13010265>
- Puppel, K., Gołębiewski, M., Grodkowski, G., Slószarz, J., Kunowska-Slószarz, M., Solarczyk, P., . . . Przysucha, T. (2019). Composition and Factors Affecting Quality of Bovine Colostrum: A Review. *Animals*, 9(12), 1070. <https://doi.org/10.3390/ani9121070>
- Pulido, R., Pinzón, D. M., & Tarazona Díaz, M. P. (2018). Caracterización nutricional, microbiológica y sensorial de queso fresco. *Nutrición Clínica y Dietética Hospitalaria*, 38(3), 74-9.
- Ramírez, M. (2019). Importancia de la lipólisis durante la maduración del queso. Universidad Nacional Autónoma de México. <https://www.engormix.com/ganaderialeche/articulos/importancia-lipólisis-durante-maduracion-t43525.htm>
- Rossi Ribeiro, L., de Castro Leite Júnior, B. R., & Cristianini, M. (2018). Effect of high-pressure processing on the characteristics of cheese made from ultrafiltered milk: Influence of the kind of rennet. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 50, 57-65. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.10.012>.
- Roy, D., Ye, A., Moughan, P. J., & Singh, H. (2020). Composition, structure, and digestive dynamics of milk from different species—A Review. *Frontiers in Nutrition*, 1-17. <https://doi.org/10.3389/fnut.2020.577759>
- Saito, Z., & Kim, G. (1994). Effects of lactation stage on temperature-activated lipolysis and lipase activity in cow's milk. *Japanese Journal of Dairy and Food Science (Japan)*, 44, 139-145.
- Sánchez-Macías, D., Fresno, M., Moreno-Indias, I., Castro, N., Morales-dela Nuez, A., Álvarez, S., & Argüello, A. (2010). Physicochemical analysis of full-fat, reduced-fat, and low-fat artisan-style goat cheese. *Journal of Dairy Science*, 93(9), 3950–3956. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-3193>
- Sánchez-Macías, D., Morales-delaNuez, A., Moreno-Indias, I., Hernández-Castellano, L. E., Mendoza-Grimón, V., Castro, N., & Argüello, A. (2011). Lipolysis and proteolysis profiles of fresh artisanal goat cheese made with raw milk with 3 different fat contents. *Journal of Dairy Science*, 94(1), 5786-5793. <https://doi.org/10.3168/jds.2011-4423>

- Sánchez-Macías, D., Moreno-Indias, I., Castro, N., Morales-de la Nuez, A., & Argüello, A. (2014). From goat colostrum to milk: Physical, chemical, and immune evolution from partum to 90 days postpartum. *Journal of Dairy Science*, *97*(1), 10-16. <https://doi.org/10.3168/jds.2013-6811>
- Sandra, S., Stanford, M., & Meunier, L. (2006). The use of high-pressure processing in the production of Queso fresco cheese. *Journal of Food Science*, *69*(4), 153-158. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2004.tb06340.x>
- Sangild, P. T., Vonderohe, C., Melendez Hebib, V., & Burrin, D. G. (2021). Potential benefits of bovine colostrum in pediatric nutrition and health. *Nutrients*, *13*(8), 1-41. <https://doi.org/10.3390/nu13082551>
- Singh, H. (2004). Heat stability of milk. *International Journal of Dairy Technology*, *57*(2-3). <https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2004.00143.x>
- Spreer, E. (1991). Lactologia industrial. Acribia. Zaragoza, 102-105.
- Syed Malik, N., Lani, M. N., & Tufail Ahmad, F. (2019). Stability of lactic acid bacteria and physico-chemical properties of pasteurized cow's and goat's milk. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, *15*(2-1), 341-345. <https://doi.org/10.11113/mjfas.v15n2-1.1560>
- Tunick, M., & Van Hekken, D. (2010). Rheology and texture of commercial queso fresco cheeses made from raw and pasteurized milk. *Journal of Food Quality*, *33*(1), 204-215. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2010.00331.x>
- Tunick, M. H., Van Hekken, D. L., Iandola, S. K., & Tomasula, P. M. (2012). Characterization of Queso Fresco during storage at 4 and 10° C. *Journal of Food Research*, *1*(1), 308. <http://dx.doi.org/10.5539/jfr.v1n1p308>
- Ullah, S., Mahsood, N., Imtiaz, A., & Hamza, A. (2018). Bovine Milk. *The Professional Medical Journal*, *25*(05), 685-690. <https://doi.org/10.29309/TPMJ/2018.25.05.309>
- UNE (1996). Análisis sensorial. (ISO 87025). Agencia Española de Normalización (AENOR). Metodología. Perfil de textura. Recopilación de Normas UNE. España.
- UNE (1995). Análisis sensorial. (ISO 87024-1). Agencia Española de Normalización (AENOR). Guía general para la selección, entrenamiento y control de jueces. Parte I. Expertos. Recopilación de Normas UNE. España.
- Van Hekken, D. L., Tunick, M. H., & Park, Y. W. (2004). Rheological and proteolytic properties of Monterey Jack Goat's milk cheese during aging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *52*(17), 5372-5377. <https://doi.org/10.1021/jf049918q>

Capítulo 6. Manejo del calostro en granjas lecheras



Capítulo 6. Manejo del calostro en granjas lecheras.

6.1. Introducción

La agricultura cumple un papel muy importante en el desarrollo económico de los países, principalmente en los países en vías de desarrollo, debido a que la mayoría de su población depende de ella para su subsistencia (Bula, 2020). La realidad de los productores y sus formas de manejo de la ganadería no se reduce a una misma situación económica con magnitudes diferentes (ganaderías pequeñas, medianas y grandes) sino que también intervienen aspectos como el nivel tecnológico, la aplicación de programas sanitarios y factores que inciden en la baja productividad, entre los principales problemas detectados en el sector pecuario, se presenta la falta de tecnificación e industrialización de las materias primas (GADCH, 2015). En la provincia de Chimborazo, una de las principales características de los productores lecheros es su heterogeneidad, junto a una baja concentración de la tierra y el rebaño de ganado bovino por explotación, desencadenando la presencia de sistemas agropecuarios minifundistas, estructura atomizada, el déficit de información de las condiciones en la que realizan sus actividades, condición social y factores que motivan a toma de decisiones erróneas. Por otro lado, se encuentran en menor proporción los productores que entregan la materia prima a empresas multinacionales, los cuales se caracterizan por tener grandes extensiones de tierra y una adecuada preparación en el manejo de la producción (Zambrano et al., 2017a).

Un sistema de producción agropecuario es un conjunto estructurado de actividades agrícolas, pecuarias o industriales establecidas por un productor, utilizando distintas prácticas tecnológicas (Alcocer et al., 2020). Además, se concibe como la forma de combinación en el tiempo y espacio de los factores de producción (tierra, trabajo, capital, gestión) que el hombre administra para satisfacer sus objetivos socioeconómicos (Duarte et al., 2000).

La descripción del funcionamiento de un sistema productivo se efectúa mediante la elaboración de modelos de representación cuantitativos y cualitativos (Gonzales, 2007). Este enfoque parte de la hipótesis que “es imposible conocer las partes sin conocer el todo y tampoco conocer el todo sin conocer las partes”, lo que permite comprender la articulación y juego de relaciones entre los distintos elementos que componen un sistema (Astete, 2006).

Los sistemas de producción en Chimborazo están relacionados con diversos factores tales como: tamaño de la explotación y nivel de manejo tecnológico. Al categorizar el manejo de los hatos, estos comprenden el estabulado (intensivo), semi-estabulado (semi intensivo), el pastoreo libre y sogueo (extensivo); no obstante, la producción ganadera al

ser de carácter extensivo se basa en el aumento de pastizales y el número de cabezas de ganado (Torres et al., 2015).

Durante los últimos años se ha venido profundizando en investigaciones que tienen por objeto el análisis comparativo de los sistemas de producción agropecuarios, los mismos que deben contribuir al desarrollo de un modelo que integre cambios en los aspectos relacionados al ámbito económico, productivo, ambiental y social (Carreño & Baquero, 2019). En una primera etapa es importante determinar cuáles son los tipos de sistemas agrícolas que hay en una zona determinada para llegar a elaborar proposiciones hechas a la medida de cada tipo de sistema.

Es importante tipificar y caracterizar los sistemas de producción, con el objetivo de poder desarrollar tecnologías para grupos relativamente homogéneos de productores, buscando reducir la enorme diversidad en los sistemas complejos (Goswami et al., 2014). Para las regiones en desarrollo las aplicaciones derivadas de la clasificación de los sistemas productivos agropecuarios se fundamentan en dos aspectos: (1) Recursos naturales básicos disponibles (agua, las tierras, el clima, el paisaje, la dimensión de la finca, el régimen y la organización de la tenencia de la tierra) y, (2) El modelo dominante de las actividades agrícolas y de los medios de sustento de las familias, comprendidos los cultivos, el ganado, los árboles, la cacería, y las actividades externas a la finca agrícola (Aldaz et al., 2020).

Gonzales (2007) complementa lo anterior, indicando que, una vez reconocidas las aplicaciones derivadas de una clasificación, es importante reconocer el nivel tecnológico con que los hatos se desarrollan y la heterogeneidad con las que se componen y complementan. Esta clasificación, sin embargo, no refleja a cabalidad la diversidad de sistemas de producción, donde se encuentra la gran variación de aspectos como el confinamiento, tipos raciales, nivel de uso de tecnologías, manejo de recurso forrajero, uso de suplementos o concentrados, mano de obra, entre otros (Vargas et al., 2013).

El estudio de la relación entre el nivel tecnológico y de formación sobre las prácticas sanitarias, ordeño y manipulación de leche y calostro se realiza en base al análisis de conglomerados o clústeres (AC), que permite la clasificación de los predios de granjas estudiadas en grupos homogéneos y, diferenciarlos con base en la heterogeneidad entre ellos. La clasificación, además, generará información que facilite la identificación de grupos específicos y la orientación de medidas correctivas y/o preventivas del manejo de la leche y calostro en granja.

Por tal motivo, el objetivo de la presente investigación fue valorar las instalaciones y manejo de la leche y del calostro en las granjas de los cantones de Guano y Chambo, de la provincia de Chimborazo (Ecuador), por medio de un estudio de relación entre el nivel de tecnificación y formación sobre las prácticas sanitarias, prácticas de ordeño y manipulación de la leche y calostro.

6.2. Materiales y métodos

6.2.1. Tipo de estudio, población y muestra

La presente investigación reúne las condiciones metodológicas de una investigación de tipo cuali-cuantitativa o mixto, las cuales por medio de la interacción de factores e indicadores permitieron establecer una relación del tamaño, nivel de instrucción, nivel tecnológico, y formación en Buenas Prácticas de Ordeño (BPO) sobre las prácticas sanitarias, de ordeño y manipulación de leche y calostro en granja.

Es descriptiva ya que, explica las principales características de las variables y del fenómeno en estudio, así como prácticas y manejo del ordeño, manejo del calostro y leche, manejo sanitario, manejo del animal y calostro en granja.

También es exploratoria debido a que la investigación se centra en buscar y analizar aspectos concretos de las prácticas en granja que aún no han sido analizadas en profundidad, tratando de encontrar patrones significativos por medio de un análisis relacional de la información obtenida. A partir de ello, la investigación se orienta en ser explicativa pudiendo revelar las causas de un mal manejo de las prácticas sanitarias, prácticas de ordeño, manipulación de leche y calostro, proporcionando resultados y conclusiones a un nivel más profundo de la realidad de los hatos lecheros sobre los cuales se realizó el estudio.

Para este estudio se realizaron 90 observaciones en la provincia de Chimborazo, correspondientes a las siguientes parroquias: San Andrés, Ilapo, Valparaíso, Santa Fe De Galán, Pusniag-San Patricio, Pungal-El Quinche, Matus, Chipsa, Cahuaji Bajo, Pangor, Urbina, Tuntatacto, Santa Teresita y Guayllabamba, El Vergel, Chucllin, Rocon, Puculpala, Alao, Titaicun y Llucud, pertenecientes a los cantones de Guano y Chambo, como se aprecia en la Figura 6.1.

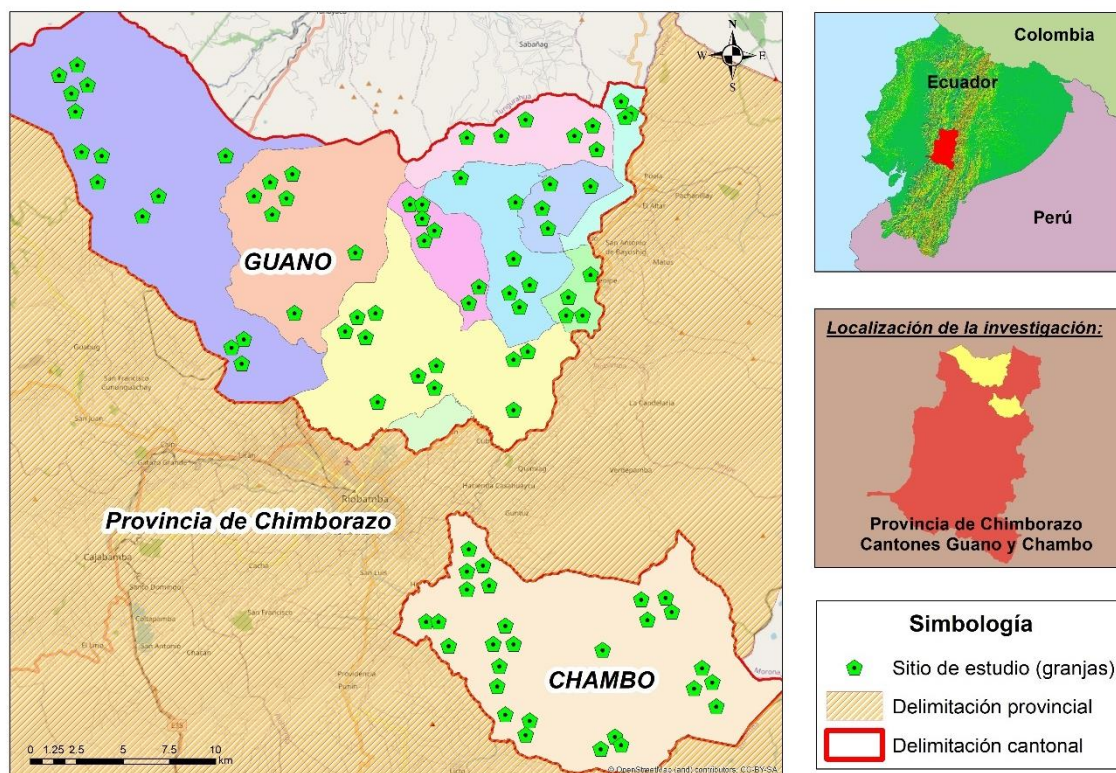


Figura 6.1. Ubicación de las granjas objeto de estudio en los cantones de Guano y Chambo.

Para la selección de las explotaciones lecheras se aplicó el método de “muestreo no probabilístico e intencional” o a conveniencia, el cual, consiste en realizar un esfuerzo deliberado para obtener una muestra representativa mediante la inclusión en ella de grupos supuestamente típicos. Esto es debido a que no se cuenta con un número finito de explotaciones y resulta excesivamente costoso alcanzar una muestra representativa del universo poblacional de los cantones.

6.2.2. Técnicas y diseño del instrumento de recolección de datos

Se hizo uso de la técnica encuesta, mediante el cual se pretende explorar las principales características de una explotación lechera con procedimientos estandarizados de investigación para el posterior análisis e interpretación de los resultados correspondientes al estudio.

Se empleó como instrumento de medición para la recolección de información un cuestionario, el cual se orientó hacia las explotaciones lecheras en el sector urbano/rural de los cantones Guano y Chambo de la provincia de Chimborazo, dentro del contexto: manejo de la leche y calostro en granja.

El diseño del cuestionario tiene como actores principales colaboradores PhD de la

Universidad Nacional de Chimborazo (Ecuador), Universidad Autónoma de Barcelona y Universidad de las Palmas de Gran Canarias (España), los cuales consideraron la operacionalización de las variables, de forma que tuviesen pertinencia con los ítems fundamentales de la investigación, categorizadas a través de las definiciones conceptuales y operacionales de las variables. Se plantearon diversos indicadores con preguntas abiertas y cerradas, permitiendo evaluar variables de tipo cuantitativas y cualitativas por medio de un conjunto organizado de preguntas y respuestas preestablecidas, siendo presentados a los sujetos de investigación, a fin de permitir conocer características propias de una explotación lechera, nivel tecnológico, formación y capacitación en BPO. Para definir el tamaño de la granja se realizó de acuerdo al número de ganado siendo pequeña (1-10), mediana (11-25) y grandes (mayor a 25). El nivel de tecnificación se definió de acuerdo a las características específicas destinadas para el ordeño del animal, sea este tecnificado o no, siendo muy tecnificada (industrialmente tecnificada), mediana tecnificada (medianamente tecnificada) y poco tecnificada (familiar/marginal).

El nivel de instrucción se definió como el grado de formación, capacitación y perfeccionamiento del personal, que puede estar relacionado con el manejo de los animales y la leche, así como con las prácticas de ordeño, se analizó en base a la educación agropecuaria y en la capacitación de BPO y manejo del calostro. Las prácticas de ordeño se evaluaron en base a las prácticas que se realizan en el transcurso del ordeño y las practicas después de ordeño para medir y conservar la calidad del calostro y su aprovechamiento. Finalmente, el programa sanitario se definió de acuerdo al programa de sanitización que previene, controla y proporciona el bienestar animal de acuerdo a un plan de control.

En la Figura 6.2 se identifican las variables consideradas para la investigación que determinan el correcto funcionamiento de una explotación lechera, mientras que, el Anexo 1 muestra el cuestionario con todas las preguntas que fueron diseñadas para generar información sobre las granjas. Luego de diseñado el cuestionario, se procedió a la aplicación en 5 granjas piloto para analizar la pertinencia y claridad de las preguntas. Después de identificar los errores del instrumento, se reestructuró y rediseño el cuestionario.

6.2.3. Aplicación del cuestionario

La aplicación del cuestionario se realizó entre los años 2018 y 2019, la información fue recogida por docentes y estudiantes del grupo de investigación PROANIN de la Universidad Nacional de Chimborazo. El instrumento fue dirigido hacia las explotaciones lecheras de varios sectores dentro de la provincia, la información obtenida fue proporcionada principalmente por los propietarios o gerentes de las granjas. El momento que existió dudas en algunas respuestas, se volvió a contactar a los productores. Del total de las 90 observaciones realizadas en hatos lecheros, se realizó un análisis de frecuencias y porcentajes de las variables utilizadas para la clasificación de las explotaciones, según: tamaño de granja, nivel de instrucción, nivel de tecnificación y capacitación en BPO.

- ✓ Instalaciones para el ordeño
 - Sistema de ordeño
- ✓ Manejo del ordeño
 - Número de ordeños/días
 - Alimentación durante el ordeño
 - Limpieza de la ubre
 - Despunte
 - Sellado
- ✓ Manejo del calostro
 - Calidad del calostro antes de ser suministrado
 - Destino del calostro sobrante
 - Técnicas para etiquetar el calostro
 - Tiempo que transcurre a la primera ingesta del calostro
- ✓ Manejo del animal y calostro en granja
 - Tipo de calostro suministrado a la cría
 - Lactancia artificial (tiempo y temperatura de calentamiento)
 - Tipo de calostro que consume el ternero
 - Dosis de calostro
- ✓ Manejo de la leche
 - Técnicas o mecanismos para conservar la leche
 - Destino de la leche
- ✓ Manejo Sanitario
 - Programas del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG)
 - Frecuencia de administración
 - Destino de la leche ante una infección de mastitis
 - Tiempo del período de supresión

Figura 6.2. Variables empleadas en el estudio de las explotaciones lecheras en el sector urbano/rural de los cantones Guano y Chambo de la provincia de Chimborazo.

6.2.4. Análisis estadístico

Se aplicó un análisis univariado para describir el tamaño de granja, nivel de instrucción, nivel tecnológico y capacitación en BPO. Se aplicó el Test de Fisher a diferentes niveles de significancia (* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ y, *** $p < 0.001$), para determinar el efecto de

los factores tamaño, nivel de instrucción, nivel tecnológico y capacitación en BPO, sobre los indicadores de prácticas sanitarias, prácticas ordeño y manipulación de la leche y calostro. Se realizó una agrupación de las variables consideradas para el AC: G1 (Buenas Prácticas de Ordeño), G2 (Manejo del calostro), G3 (Manejo del encalostado), G4 (Almacenamiento de la leche) y G5 (Control sanitario), según se muestra en la Figura 6.3. Posteriormente se aplicó un análisis de conglomerados (AC) o clúster de tipo jerárquico utilizando como método el enlace único y como referencia la distancia euclidiana, métodos realizados con el software SAS Institute (9.0) y IBM SPSS Statistics versión (25).

- G1, Buenas Prácticas de Ordeño
 - Sistema de ordeño
 - Número de ordeños/días
 - Limpieza de la ubre
 - Despunte
 - Sellado
- G2, Manejo de calostro
- G3, Manejo del encalostado
 - Tiempo que transcurre a la primera ingesta del calostro
 - Calienta el calostro
 - Tiempo(días) que se ofrece calostro a la cría
 - Dosis de calostro
- G4, Almacenamiento de la leche
 - Almacena la leche
 - Refrigerera la leche
 - Posee tanque de refrigeración
- G5, Manejo Sanitario
 - Leche con mastitis
 - Retira la leche con antibiótico
 - Tiempo de retiro de leche con antibiótico (periodo de supresión)

Figura 6.3. Grupos de variables consideradas para el análisis de conglomerados el estudio de las explotaciones lecheras en el sector urbano/rural de los cantones Guano y Chambo de la provincia de Chimborazo.

6.3. Resultados y discusión

6.3.1. Características de las granjas del estudio

En la Tabla 6.1 se presentan los resultados de las frecuencias y porcentajes de respuestas a las variables tamaño de granja, nivel de instrucción, nivel de tecnificación y capacitación en BPO.

Respecto al tamaño de granja, el 41,11% de los encuestados tenía menos de 10 vacas, el 37,78% de 11 a 25 vacas, mientras que aproximadamente el 21,11% más de 25 vacas. Respecto al nivel de instrucción del propietario/encargado solo el 3,33% había cursado

estudios superiores, mientras que solo el 20% fueron capacitados en BPO. Por otro lado, y en base a los análisis subjetivos se observa que 2 de cada 3 granjas son consideradas poco tecnificadas.

De acuerdo con lo anterior, autores como Guapi et al. (2017), quienes se enfocaron en caracterizar los sistemas de producción de leche en Chimborazo, mostraron resultados para el nivel de instrucción primario del 90,63% y destacaron que el nivel de educación de los propietarios/encargados resulta ser un factor que limita a la incorporación de nuevas tecnologías. Este índice puede verse reflejado con un nivel de analfabetismo del 20,63% en la provincia de Chimborazo (INEC, 2020), por lo que el nivel de estudios no permite alcanzar mayores niveles productivos y de eficiencia, llegando a determinar la supervivencia de los pequeños productores a largo plazo siendo una situación precaria que se agrava con el difícil acceso a créditos agro-productivos y a su vez el apoyo técnico brindado por los organismos estatales.

Tabla 6.1. Frecuencias y porcentajes del tamaño de granja, nivel de instrucción, nivel de tecnificación y capacitación en BPO.

Variable	Ítem	Frecuencia	%
Tamaño de la granja	Pequeña	37	41,11
	Mediana	34	37,78
	Grande	19	21,11
Nivel de Instrucción	Ninguna	12	13,33
	Primaria	53	58,89
	Secundaria	22	24,44
	Superior	3	3,33
Nivel de Tecnificación	Poco tecnificada	60	66,67
	Mediana tecnificada	24	26,67
	Muy tecnificada	6	6,67
Capacitación en BPO	No	72	80
	Sí	18	20

Por otro lado, (Avilez et al. (2010) destacaron que los individuos más preparados educacionalmente son más flexibles en el momento de adoptar nuevas tecnologías.

Smith et al. (2002) hacen hincapié en que la transferencia de conocimiento por las instituciones públicas resulta no ser la adecuada siendo en muchos casos relativamente baja, incrementando la probabilidad de que los productores fracasen al implementar mecanismos de transferencia tecnológica y elevar el riesgo de un mal manejo de las prácticas de manipulación del animal durante el ordeño. La adopción de tecnologías

modernas en la agricultura es crucial para mejorar la productividad y el bienestar de los productores pobres en los países en vías de desarrollo (Janssen et al., 2019). Sin embargo, la adopción de la tecnología moderna ha sido decepcionante hasta la actualidad, debido al analfabetismo, tiempo que pueden dedicar los productores a mejorar sus capacidades, a la aplicación del conocimiento tácito y empírico por parte de los productores Ospina-Rivera & Grajales-Lombana (2018) y, a que se ha ignorado en gran medida el papel de las cadenas de valor en la adopción de tecnología, a pesar de la transformación y la expansión de las cadenas de valor agroalimentarias modernas (Swinnen et al., 2019). La falta de capacitación de los productores en BPO, resulta un tema de interés para los organismos estatales relacionados a la salud pública.

6.3.2. Análisis descriptivo del manejo en las granjas

6.3.2.1. Sistema y manejo de ordeño

En la Tabla 6.2 se presentan las distribuciones en porcentaje de las respuestas relacionadas al manejo del ordeño y sistema de ordeño. Los resultados mostrados en esta tabla reflejan que dentro de la provincia de Chimborazo el 62,22% de las granjas realizan un ordeño manual y el 37,78% un ordeño mecánico. Al igual que otras provincias como Pichincha y Cotopaxi, donde el 92,85% de los productores realizan un ordeño manual y el 7,14% un ordeño mecánico (Bonifaz & Requelme, 2011). La realidad en torno a estas prácticas y las condiciones de ordeño resulta ser similar para nuestro sector prevaleciendo parcialmente el sistema de ordeño manual al mecánico.

Al comparar los sistemas de ordeño, encontramos que a medida que aumenta el nivel de instrucción, aumenta también el porcentaje de granjas con sistemas de ordeño mecánico, viéndose reflejado con el 84,21% en granjas grandes, el 66,67% con instrucción superior y el 100% cuando poseen un nivel muy tecnificado. Este tipo de sistema mecánico bien manejado y siguiendo adecuadamente protocolos de limpieza, puede contribuir a un mejor manejo durante el ordeño y aumentar la calidad de la leche al evitar su contaminación. Este hecho aumenta la competitividad en el mercado, mejorando las condiciones laborales de los operarios y la salud de la ubre, tal como lo manifiestan Barrios & Olivera (2013). Respecto al número de ordeños, el 70% de las granjas realizan dos ordeños al día consiguiendo un aumento sustancial en la producción de los sistemas lecheros, de las cuales las granjas de tamaño mediano y grande corresponden el 82 y 94%, respectivamente. El número de ordeños tiene influencia sobre factores de producción y relacionados a ello, Andrade et al. (2016) hacen referencia a que las vacas primíparas y

las ordeñadas tres veces al día tienden a poseer menor porcentaje de grasa que las vacas multíparas y las primíparas ordeñadas dos veces al día; por otro lado, las vacas ordeñadas una vez al día presentan una reducción del 0,1 kg de producción de proteína en el período de lactancia, comparada con dos ordeños. Además, el ordeño de tres veces al día se puede utilizar para aumentar la producción, sin embargo, una mayor frecuencia de ordeños provoca efectos variables sobre el comportamiento del animal pudiendo causar que las vacas se echen muy pronto después del ordeño y se ha relacionado con un mayor conteo de células somáticas en el hato (Hale et al., 2003), así como una mayor incidencia de mastitis subclínica y mastitis clínica (Cabrera et al., 2010).

El 77,78% de las granjas alimentan al animal durante el ordeño relacionado con el 89,47% de granjas grandes, el 100% de granjas con un nivel muy tecnificado realizan esta práctica, el 66,67% de las granjas poseen un nivel de instrucción superior y, el 66,67% de granjas han recibido capacitación en BPO. Según Andrade et. (2016) y los índices obtenidos en el estudio, hacen referencia a que la alimentación durante el ordeño es fundamental para el mantenimiento del equilibrio de energía, la digestión eficiente, la salud de la vaca y para permitir la satisfacción de la demanda de producción de leche, mejorando los patrones de comportamiento y conducta.

De forma general, el 77,78% de las granjas alimentan al animal durante el ordeño. Si se analiza según las clasificaciones introducidas en este estudio, este acto lo realiza el 89,47% de las granjas grandes, el 100% de granjas con un nivel muy tecnificado, 66,67% de nivel de instrucción superior y el 66,67% de granjas que han recibido capacitación en BPO. Según Andrade et. (2016) y los índices obtenidos en el estudio, se hace referencia a que la alimentación durante el ordeño es fundamental para el mantenimiento del equilibrio de energía, la digestión eficiente, la salud y tranquilidad de la vaca, facilita el reflejo neuroendocrino de la bajada de la leche por un estímulo positivo repetitivo o de rutina y para permitir la satisfacción de la demanda de producción de leche, mejorando los patrones de comportamiento y conducta.

Respecto a la limpieza de la ubre, el 98,89% de granjas lo realizan, y esto se relaciona positivamente con el nivel de instrucción superior y un nivel muy tecnificado, además el 100% de granjas han sido capacitadas para el cumplimiento de BPO. En un estudio realizado por Bonifaz & Requielme (2011) sobre BPO y la calidad higiénica de la leche en el Ecuador muestran que, productores de la provincia de Imbabura lavan y secan las ubres antes del ordeño, destacando que esta rutina es una de las más importantes ya que influye en la higiene y calidad de la leche.

Por otra parte, la limpieza de la ubre también tiene un efecto estimulante sobre la secreción de la hormona oxitocina y la eliminación de bacterias o gérmenes que se encuentran en la punta del pezón.

El 71,11% de las granjas realizan el despunte, descartando los primeros chorros de leche al inicio del ordeño, disminuyendo los recuentos de bacterias, pudiendo visualizar cambios físicos en la leche, facilitando la detección de mastitis, mejorando la calidad de la leche y garantizando la calidad higiénica. Este factor se ve evidenciado en el buen manejo dentro de la provincia de Chimborazo por el 100% de granjas que poseen un nivel de instrucción superior y el 100% con un nivel muy tecnificado. Por otro lado, se encuentran las granjas que no realizan el despunte 28,89%, las cuales están relacionadas con granjas pequeñas 32,43%, ausencia de nivel de instrucción 41,67%, y poca tecnificación 35%. Bonifaz & Requelme (2011), basados en un estudio de caracterización de sistemas agroproductivos lecheros hacen referencia a que en la provincia de Guayas esta práctica, en torno al 70%, la realizan las crías que maman la ubre de sus madres antes de empezar el ordeño. Sin embargo 1 de cada 3 granjas poco tecnificadas con menos de 15 animales y el 40% de granjas con dueños que tiene educación secundaria o menor, no realizan esta práctica. Según Alvarado et al. (2019), cuando el productor no realiza el despunte antes del ordeño, aumenta el riesgo de adquirir mastitis en el hato, incrementando costos por cuidado de salud del animal y del hato, y reducción de la calidad de la materia prima. En relación al sellado de pezones, solo el 60% de las granjas lo realizan con solución de yodo después de realizado el ordeño. Las granjas sellan como una práctica de higiene para la protección de la ubre contra enfermedades de origen bacteriano y suciedades que afectan la salud del animal y la calidad e inocuidad de la leche.

La preocupación se refleja en que 2 de cada 3 granjas con pocos animales, e incluso 1 de cada 3 granjas grandes, no realizan esta práctica. Así mismo, ni el nivel de instrucción ni la formación en BPO aseguran que las granjas realicen el sellado. Tampoco lo realiza casi el 50% de granjas poco tecnificadas, a pesar de ser una práctica muy fácil y poco costosa de realizar. Este hecho puede conducir hacia altos niveles de mastitis ya sea clínica o subclínica, siendo esta última la de mayor impacto en la producción lechera y calidad de la leche de la provincia, al no poder ser detectadas fácilmente.

Tabla 6.2. Distribución de porcentajes de las respuestas a los ítems relacionados sobre el manejo del ordeño y sistema de ordeño, según tamaño de granja, nivel de instrucción, nivel de tecnificación y capacitación en BPO.

Manejo y sistema de ordeño	Ítem	Tamaño de granja				Nivel instrucción				Nivel de tecnificación			Capacitación en BPO	
		General	Pequeña	Mediana	Grande	Ninguno	Primario	Secundario	Superior	Poco Tecnificado	Mediana Tecnificado	Muy Tecnificado	Sí	No
Sistema de ordeño	Manual	62,22	100	47,06	15,79	50,00	71,70	50,00	33,33	86,67	16,67	0,00	50,00	65,28
	Mecánico	37,78	0,00	52,94	84,21	50,00	28,30	50,00	66,67	13,33	83,33	100	50,00	34,72
Número de ordeños/día	1	30,00	54,05	17,65	5,26	8,33	35,85	27,27	33,33	45,00	0,00	0,00	33,33	29,17
	2	70,00	45,95	82,35	94,74	91,67	64,15	72,73	66,67	55,00	100	100	66,67	70,83
Alimentación en el ordeño	No	22,22	37,84	11,76	10,53	8,33	24,53	22,73	33,33	30,00	8,33	0,00	33,33	19,44
	Sí	77,78	62,16	88,24	89,47	91,67	75,47	77,27	66,67	70,00	91,67	100	66,67	80,56
Limpieza de la ubre	No	1,11	2,70	0,00	0,00	0,00	1,89	0,00	0,00	1,67	0,00	0,00	0,00	1,39
	Sí	98,89	97,30	100	100	100	98,11	100	100	98,33	100	100	100	98,61
Despunte	No	28,89	32,43	32,35	15,79	41,67	22,64	40,91	0,00	35,00	20,83	0,00	38,89	26,39
	Sí	71,11	67,57	67,65	84,21	58,33	77,36	59,09	100	65,00	79,17	100	61,11	73,61
Sellado	No	40,00	64,86	17,65	31,58	16,67	41,51	50,00	33,33	51,67	20,83	0,00	44,44	38,89
	Sí	60,00	35,14	82,35	68,42	83,33	58,49	50,00	66,67	48,33	79,17	100	55,56	61,11

El manejo del sistema del ordeño resulta adecuado con el 98% para limpieza de la ubre, pero la implementación de programas en BPO es necesario en los sistemas lecheros de Chimborazo. Según DeVries et al. (2003), la implementación de programas aumenta el índice tecnológico en el sector lechero, reducción de los costos de producción y se considera como estrategia de gestión primaria permitiendo al productor incrementar sus beneficios y cuidar el margen de producción, considerando que las deficiencias tecnológicas y formativas inciden en la calidad de la leche que se produce en los hatos.

6.3.2.2. Manejo del calostro

En la Tabla 6.3 se presentan las distribuciones en porcentajes de las respuestas relacionadas al manejo de calostro.

La determinación de la calidad de calostro no es una práctica rutinaria dentro de las granjas lecheras, mostrando un manejo incipiente de solo el 2,22%, reflejando la realidad del desconocimiento en el uso de instrumentos que determinan la calidad del calostro. Por otro lado, granjas que determinan la calidad lo hacen a través del análisis del color visual y la textura, pudiendo de forma muy subjetiva indicar la calidad del calostro. El resto de granjas tecnificadas, lo hacen con el uso del calostrómetro. Godden et al. (2019), hace referencia a que las concentraciones de IgG en el calostro a suministrar (>50 mg IgG/mL), es un factor relevante, y que mediante el uso del calostrómetro se puede estimar la calidad del calostro, midiendo la gravedad específica de la muestra y estimando el total de inmunoglobulinas basándose en una relación estadística. El calostrómetro dispone de una escala de varios colores, los cuales indican los niveles específicos de calidad del calostro. El color verde indica un calostro de buena calidad, el color amarillo para un calostro promedio y el color rojo para un calostro de mala calidad (Puppel et al., 2019).

El 72,22% de las explotaciones lecheras consumen el calostro sobrante, viéndose afectado el destino del calostro para el desarrollo de las crías, índice que se relaciona con la falta de capacitación y manejo. Así en muchos casos se ven obligados a desechar debido a su mala conservación en el tiempo, cambiando las características del calostro al degradarse por acción de las bacterias aerobias. El 33% de los propietarios/encargados con estudios superiores, congela y almacena el calostro, muy probablemente para su utilización posterior en el caso de necesitar del mismo para otras crías venideras.

Con respecto al etiquetado del calostro apenas el 2,22% de granjas lo realizan, siendo esta práctica de manejo muy desacertada y que con frecuencia no se considera como prioridad. La principal razón de la falta de manejo es sin duda la subestimación de los riesgos o

problemas asociados a la práctica y a los beneficios que tiene una suministración controlada. Este resultado se ve relacionado positivamente con un nivel muy tecnificado del 33% y un nivel de instrucción superior del 66,67%.

6.3.2.3. Manejo del encalostrado

En la Tabla 6.4 se presentan las distribuciones en porcentajes de las respuestas relacionadas al manejo del encalostrado.

Los resultados muestran que el 96,63% de las granjas estudiadas ofrecen el calostro crudo a las crías, directamente de las madres sin tratamiento térmico. El 6,67% de las granjas extraen y calienta el calostro a temperaturas de 12, 15 o 40 °C con tiempos de 2 o 5 min, según la granja, para suministrar a las crías a través de lactancia artificial, con el objetivo de no ofrecerlo frío. Por otro lado, solo el 3,37% de las granjas lecheras del estudio aplican al calostro un tratamiento térmico, por lo que se corre el riesgo de contaminación bacteriana en el ternero y sin duda provocar repercusiones económicas y a nivel productivo. Elizondo et al. (2008) observaron en un experimento de pasteurización aplicado en calostro, llevado a cabo a 63 °C por 30 min, la ausencia de microorganismos como *Salmonella enteritidis*, En otro estudio se ha encontrado que un tratamiento térmico aplicado al calostro durante 60 minutos a 60°C es eficaz para reducir el recuento bacteriano total y al mismo tiempo preservar los niveles de IgG del calostro (Malik et al., 2022).

Según Campos et al. (2007), mencionan que, si el calostro se somete a un tratamiento térmico, la granja debe contar con un plan adecuado de manejo de calostro considerando medidas de asepsia que aseguren la conservación en el tiempo y calidad, por lo que los terneros de las granjas de Chambo y Guano no se ven afectados en torno a un mal manejo por almacenamiento de calostro ya que el consumo se da de forma inmediata sin tratamientos térmicos.

Con base en los resultados obtenidos podemos entender que, si el almacenamiento del calostro es inadecuado por la falta de capacitación en el manejo de técnicas, apoyado por un nivel de tecnificación bajo, el calostro inmediatamente pierde las características protectoras en el organismo y que el animal no es capaz de producir. Berra et al. (2012) hace énfasis en que si las prácticas como la refrigeración del calostro son adecuadas, el tiempo de vida útil superará los 10 días, y si la congelamos, el tiempo de vida útil llegará en torno a los 10 meses.

Tabla 6.3. Distribuciones de porcentajes de las respuestas a los ítems relacionados sobre el manejo de calostro, según tamaño de granja, nivel de instrucción y nivel de tecnificación.

Manejo de calostro	Ítem	Tamaño de granja					Nivel instrucción			Nivel de tecnificación		
		General	Pequeña	Mediana	Grande	Ninguno	Primario	Secundario	Superior	Poco Tecnificado	Mediana Tecnificado	Muy Tecnificado
Determina calidad del calostro	No	97,78	100	97,06	94,74	100	100	100	33,33	98,33	100	83,33
	Sí	2,22	0,00	2,94	5,26	0,00	0,00	0,00	66,67	1,67	0,00	16,67
Cómo determina calidad del calostro	Calostrómetro	1,11	0,00	0,00	5,26	0,00	0,00	0,00	33,33	0,00	0,00	16,67
	Color y textura	1,11	0,00	2,94	0,00	0,00	0,00	0,00	33,33	1,67	0,00	0,00
	No aplica	97,78	100	97,06	94,74	100	100	100,00	33,33	98,33	100	83,33
Destino calostro sobrante	Desecha	12,22	2,70	8,82	36,84	16,67	7,55	18,18	33,33	1,67	25,00	66,67
	Congela y almacena	4,44	5,41	0,00	10,53	0,00	5,66	0,00	33,33	3,33	4,17	16,67
	Consume en granja	72,22	86,49	73,53	42,11	75,00	73,58	72,73	33,33	88,33	50,00	0,00
	Da a otra cría	11,11	5,41	17,65	10,53	8,33	13,21	9,09	0,00	6,67	20,83	16,67
Etiqueta el calostro	No	97,78	100	100	89,47	100	100	100	33,33	100	100	66,67
	Sí	2,22	0,00	0,00	10,53	0,00	0,00	0,00	66,67	0,00	0,00	33,33

Campos et al. (2007) consideran que el manejo para la descongelación y calentamiento se debe realizar en baño maría, llegando a la temperatura corporal del ternero de entre 35 y 38 °C, no excediendo los 40 °C para mantener estables las características del calostro y no generar la destrucción de las inmunoglobulinas por acción del calor, y es recomendable el suministro inmediato del calostro, pero no el sobrante ya que esto acortará la vida útil del calostro o incluso puede comprometer su calidad.

Además, el 92,22% de las granjas indican que el suministro del calostro se da en las 2 primeras horas postparto, la ingesta inmediata del calostro permite retrasar la apoptosis para mejorar el éxito de la transferencia inmunitaria pasiva (Castro-Alonso et al., 2008). Además, favorece a las crías a ingerir mayor cantidad de inmunoglobulinas, proteínas, grasa, vitaminas y minerales, asegurando además un excelente desarrollo en el sistema inmune, un adecuado crecimiento y protección contra bacterias entéricas.

Campos et al. (2007), hace referencia a que el consumo de calostro aproximado debe ser del 10% del peso vivo del ternero con un volumen suficiente, limpio y de alta calidad. Una ingesta insuficiente de inmunoglobulinas en el ternero resulta ser perjudicial, aumentando la mortalidad y la presentación de algunas situaciones como diarreas, cólicos, deshidrataciones y aún neumonías, afectando la supervivencia y el estado de salud del animal (Raboisson et al., (2016).

6.3.2.4. Manejo de la leche

En la Tabla 6.5 se presentan las distribuciones en porcentajes de las respuestas relacionadas al manejo de la leche. Los resultados obtenidos en esta tabla muestran que el 68,42% de las granjas consideradas grandes almacena la leche tras el ordeño, relacionado con un 83,33% de granjas muy tecnificadas que almacenan. Muy probablemente el resto de ellas no almacenan debido a que entregan la leche ese mismo día o entregan a los intermediarios.

El 64,44% de las granjas estudiadas no refrigeran la leche tras el ordeño. Sin embargo, el retraso en el enfriamiento de la leche puede incidir en la calidad de la misma, teniendo en cuenta que los microorganismos se multiplican rápidamente y la pueden deteriorar. De acuerdo con este índice, autores como Bonifaz & Requelme (2011), mostraron que el 93,52% de granjas no refrigera la leche en la provincia de Chimborazo; esta homogeneidad se ve sustentada ya que el destino principal de la leche es por “venta directa”.

Tabla 6.4. Distribuciones de porcentajes de las respuestas a los ítems relacionados sobre el manejo del encalostrado según el tamaño de granja, nivel de instrucción y nivel de tecnificación.

Manejo de encalostrado	Ítem	Tamaño de granja				Nivel instrucción				Nivel de tecnificación		
		General	Pequeña	Mediana	Grande	Ninguno	Primario	Secundario	Superior	Poco. Tecnificado	Mediana Tecnificado	Muy Tecnificado
Caliente calostro para dar a crías	No	93,33	97,30	94,12	84,21	100	94,34	86,36	100	96,67	83,33	100
	Sí	6,67	2,70	5,88	15,79	0,00	5,66	13,64	0,00	3,33	16,67	0,00
Temperatura y tiempo de calentamiento	12 °C × 5 min	33,33	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00	50,00	0,00
	15 °C × 2 min	33,33	0,00	0,00	50,00	0,00	50,00	0,00	0,00	0,00	50,00	0,00
	40 °C × 2 min	33,33	0,00	100	0,00	0,00	50,00	0,00	0,00	100	0,00	0,00
Tratamiento del calostro	Tratamiento térmico	3,37	0,00	0,00	15,79	0,00	3,85	4,55	0,00	0,00	12,50	0,00
	Consume crudo	96,63	100	100	84,21	100	96,15	95,45	100	100	87,50	100
Dosis de calostro ¹	2	72,41	71,43	100	60,00	75,00	92,86	40,00	100	81,82	69,23	60,00
	3	17,24	28,57	0,00	20,00	0,00	7,14	40,00	0,00	18,18	15,38	20,00
	4	10,34	0,00	0,00	20,00	25,00	0,00	20,00	0,00	0,00	15,38	20,00
Tiempo de la primera ingesta (h)	0-2	92,22	97,30	85,29	94,74	91,67	98,11	77,27	100	96,67	83,33	83,33
	2-6	7,78	2,70	14,71	5,26	8,33	1,89	22,73	0,00	3,33	16,67	16,67

¹ Número de veces que se ofrece calostro a la cría previo a la alimentación con leche

Estos porcentajes se relacionan directamente con el 66,70% de granjas que no poseen tanque de refrigeración, estos porcentajes se relacionan directamente con los resultados de nuestro estudio, donde el 66,70% de granjas no poseen tanque de refrigeración. Por otro lado, el principal destino de la leche procedente de las granjas son los intermediarios llegando al 61,11%, y el 1,11% como último destino para transformación *in situ*. Estos resultados se ven reflejados en el estudio realizado por (Zambrano, 2016) en la provincia de Chimborazo, el cual precisa que las mayores fuentes de venta en líquido son las propias explotaciones ganaderas con el 84,6% del total de producción. En el mismo sentido Zambrano et al. (2017b) en un estudio realizado en zonas rurales del cantón Riobamba, hacen énfasis en que el 90% de la leche producida en las explotaciones es comercializada al intermediario, mientras que el 10% restante se distribuye entre el autoconsumo de las familias campesinas (4,5%), alimentación de las crías (4,4%) y la diferencia (menos el 0,6%) es dedicada a la producción de lácteos dentro de la misma explotación. Si bien los costos usuales por manejo de leche, afecta a las explotaciones lecheras, las industrias están obligadas a seguir y mantener la red intermediaria debido a la fragmentación tan pronunciada y a la localización muy dispersa de granjas.

6.3.2.5. Manejo sanitario del hato

En la Tabla 6.6 se presentan las distribuciones en porcentajes de las respuestas relacionadas al manejo sanitario. Los resultados muestran que el 87,78% de las granjas se han sometido a programas y apoyo del Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador, indicando que a medida que aumenta la instrucción de primaria a secundaria, nivel de tecnificación y tamaño de la granja, más utilizan los programas. Una excepción se encuentra en aquellas granjas de los propietarios/encargados con estudios superiores, los cuales 1 de cada 3 no precisa o utiliza los programas. Esto puede ser debido a que muchos de ellos cuentan con estudios superiores en el área agropecuaria, zootecnia, medicina veterinaria, o simplemente cuentan con un veterinario particular (privado). Al respecto, Guapi et al (2017) mencionan la importancia que resulta del buen funcionamiento de granja cuando se aplican planes de vacunación frecuentes, logrando a su vez mejores resultados en el manejo del hato en la explotación lechera. Los resultados del estudio revelaron que el 56,80% de las granjas se someten a programas de vacunación y desparasitación con una frecuencia entre 1 a 4 meses, siendo viable esta frecuencia para un correcto manejo *in situ* del animal. Cuando la vaca presenta mastitis, las granjas optan por descartar fuera del predio la materia prima contaminada.

Tabla 6.5. Distribuciones de porcentajes de las respuestas a los ítems relacionados sobre el manejo de la leche, según el tamaño de granja, nivel de instrucción y nivel de tecnificación.

Manejo de la leche	Ítem	Tamaño de granja					Nivel instrucción			Nivel de tecnificación		
		General	Pequeña	Mediana	Grande	Ninguno	Primario	Secundario	Superior	Poco Tecnificado	Mediana Tecnificado	Muy Tecnificado
Almacena la leche	No	63,33	86,49	55,85	31,58	33,33	69,81	63,64	66,67	73,33	50,00	16,67
	Sí	36,67	13,51	44,12	68,42	66,67	30,19	36,36	33,33	26,67	50,00	83,33
Refrigera la leche	No	64,44	83,78	58,82	36,84	33,33	73,58	59,09	66,67	75,00	50,00	16,67
	Sí	35,56	16,22	41,18	63,16	66,67	26,42	40,91	33,33	25,00	50,00	83,33
Posee tanque de refrigeración	No	66,70	89,19	58,82	36,84	41,67	73,58	68,18	33,33	78,33	54,17	0,00
	Sí	33,30	10,81	41,18	63,16	58,33	26,42	31,82	66,67	21,67	45,83	100
Destino de la leche	T. <i>in situ</i>	1,11	0,00	0,00	5,26	0,00	0,00	0,00	33,33	0,00	0,00	16,67
	E. artesanal	5,56	2,70	5,88	10,53	8,33	7,55	0,00	0,00	1,67	16,67	0,00
	C. propio	10,00	21,62	2,94	0,00	16,67	9,43	4,55	33,33	15,00	0,00	0,00
	E. láctea	10,00	5,41	2,94	31,58	8,33	9,43	9,09	33,33	5,00	4,17	83,33
	C. acopio	12,22	18,92	8,82	5,26	0,00	18,87	4,55	0,00	18,33	0,00	0,00
	Intermedio	61,11	51,35	79,41	47,37	66,67	54,72	81,82	0,00	60,00	79,17	0,00

T. *in situ*: Transformación in situ, E. artesanal: Empresa artesanal, C. propio: Consumo propio, E. láctea: Empresa láctea, C. acopio: Centro de acopio, Intermedio: Intermediario

Esto lo realiza el 77,78% de las granjas, principalmente el 79,41% de las granjas medianas relacionado con el 90,91% de granjas con instrucción secundaria y el 100% de granjas muy tecnificadas. La mastitis bovina es reconocida mundialmente como la enfermedad más común y costosa que afecta a los hatos lecheros.

La enfermedad causa enormes pérdidas económicas a las industrias lácteas por la reducción del rendimiento y la calidad de la leche, la muerte y el sacrificio de las vacas afectadas y también por los costos de tratamiento asociados (Mushtaq, 2018). Llama la atención que un porcentaje poco despreciable de granjas, casi el 19% ofrece la leche mastítica a otros animales.

Cuando el riesgo sanitario de esta leche no ha sido determinado, los propietarios/encargados están diseminando entre sus animales potenciales microorganismos patógenos. De esta manera, hay un riesgo potencial de afectación a otros animales y que desencadena la probabilidad de contaminación en el mismo hato lechero.

El 82,22% de las granjas hacen el retiro de la leche con antibiótico. En su mayoría las grandes con el 89,47%, mostrando una relación positiva también entre los propietarios/encargados que poseen un nivel de educación superior y nivel tecnológico alto. De esta manera se disminuye la presencia de residuos de antibióticos en el tanque de la leche, el cual puede afectar al proceso de industrialización de esta. Tochi et al. (2016) hacen referencia a que el riesgo de encontrar residuos de antibióticos se ve afectado potencialmente a la calidad de la leche y esta puede constituir un riesgo para la salud de los consumidores, mientras que Parra et al. (2003) mencionan que la mayoría de los antibióticos impiden o retardan el desarrollo de las bacterias lácticas, y ocasionan mayores costos de elaboración, afectando a la rentabilidad de la industria. En lo que respecta al tiempo de retiro de leche con antibióticos, el 37,38 y 33,33% de las granjas retira la leche con un tiempo de 1 a 3 días y de 4 a 6 días, respectivamente. En este sentido es importante destacar que hay medicamentos veterinarios que no precisan período de supresión por lo que no origina residuos en los animales vivos o sus productos, mientras que otros residuos de antibióticos en la leche cruda que se comercializa tiene un período de supresión de hasta 84 h como la enrofloxacin, en caso de usarse para mastitis.

6.3.3. Efecto del tamaño, nivel de instrucción, tecnificación y capacitación en BPO

En la Tabla 6.7 se muestran los resultados obtenidos del nivel de significancia aplicando el Test de Fisher de la distribución general de variables identificadas en la Figura 6.1.

Tabla 6.6. Distribuciones de porcentajes de las respuestas a los ítems relacionados sobre el manejo sanitario según el tamaño de granja, nivel de instrucción y nivel de tecnificación.

Manejo sanitario	Ítem	Tamaño de granja					Nivel instrucción			Nivel de tecnificación		
		General	Pequeña	Mediana	Grande	Ninguno	Primario	Secundario	Superior	Poco Tecnificado	Mediana Tecnificado	Muy Tecnificado
Programas del MAG	No	12,22	21,62	5,88	5,26	25,00	9,43	9,09	33,33	16,67	4,17	0,00
	Sí	87,78	78,38	94,12	94,74	75,00	90,57	90,91	66,67	83,33	95,83	100
Frecuencia del plan (mes)	1-4	56,80	37,14	64,17	78,95	100	49,06	59,09	33,33	48,28	70,83	83,33
	6-12	43,20	62,86	35,29	21,05	0,00	50,94	40,91	66,67	51,72	29,17	29,17
Leche con mastitis	No aplica	2,22	5,41	0,00	0,00	0,00	3,77	0,00	0,00	3,33	0,00	0,00
	Bota	77,78	78,38	79,41	73,68	75,00	73,58	90,91	66,67	78,33	70,83	100
	Da a otros animales	18,89	16,22	17,65	26,32	25,00	22,64	9,09	0,00	16,67	29,17	0,00
	No problema	1,11	0,00	2,94	0,00	0,00	0,00	0,00	33,33	1,67	0,00	0,00
Retira la leche con antibiótico	No	17,78	24,32	14,71	10,53	16,67	20,75	13,64	0,00	20,00	16,67	0,00
	Sí	82,22	75,68	85,29	89,47	83,33	79,25	86,36	100	80,00	83,33	100
Tiempo de retiro leche con antibiótico (días)	Ninguno	20,00	27,03	17,65	10,53	16,67	24,53	13,64	0,00	23,33	16,67	0,00
	1-3	37,78	48,65	38,24	15,79	41,67	37,74	40,91	0,00	46,67	25,00	0,00
	4-6	33,33	21,62	38,24	47,37	41,67	30,19	27,27	100	25,00	41,67	83,33
	> 7	8,89	2,70	5,88	26,32	0,00	7,55	18,18	0,00	5,00	16,67	16,67

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería

Tabla 6.7. Niveles de significancia del efecto del tamaño de granja, nivel de instrucción, nivel de tecnificación y capacitación en BPO sobre la distribución de los resultados.

VARIABLES	INDICADOR	Tamaño de granja	Nivel instrucción	Nivel de tecnificación	Capacitación en BPO
Instalaciones para el ordeño	Sistema de ordeño	***	**	***	NS
Manejo del ordeño	Número de ordeños al día	***	**	***	NS
	Alimentación durante el ordeño	***	*	**	NS
	Limpieza de la ubre	NS	NS	NS	NS
	Despunte	*	**	*	NS
	Sellado	***	**	***	NS
	Manejo del calostro	Determina la calidad del calostro	NS	***	*
Destino del calostro sobrante		***	***	***	-
Etiqueta el calostro		*	***	**	-
Tiempo de la primea ingesta (horas)		*	**	*	-
Tiempo que ofrece calostro a cría		***	***	***	-
Manejo de la leche	Almacena la leche	***	**	***	-
	Refrigera la leche	***	***	***	-
	Posee tanque de refrigeración	***	**	***	-
Manejo Sanitario	Destino de la leche	***	***	***	-
	Programas del MAG	**	*	*	-
	Con qué frecuencia sigue el plan (mes)	***	***	*	-
	Leche con mastitis	**	***	**	-
	Retira la leche con antibiótico	*	*	NS	-
	Tiempo de retiro de leche con antibiótico (días)	***	***	***	-
Manejo del animal y calostro en granja	Calienta el calostro para dar a crías	*	NS	*	-
	Tratamiento del calostro	**	NS	*	-
	Dosis de calostro	**	***	*	-

NS: No significativo, *p <0,05; **p <0,01; *** p <0,001, - no aplica

Los resultados del análisis muestran que, en prácticamente todos los ítems analizados en este estudio, el tamaño de granja, el nivel de instrucción y las capacidades instaladas presentaron un impacto significativo sobre el manejo en granja que puede tener un efecto sobre la calidad de la leche y el calostro. Incluso algunos de estos factores llegaron a tener un nivel de significancia bastante elevado ($p < 0,001$), demostrando su importancia, sobre todo de la formación de los

productores, lo cual está muy estrechamente relacionado con sus capacidades de tener recursos para invertir y tecnificar sus granjas.

Sin embargo, el análisis estadístico muestra que la formación en BPO que reportan los propietarios/encargados de las granjas, no influyeron de acuerdo con el tamaño de granja, el nivel de instrucción, capacidades instaladas dentro del manejo del ordeño y la limpieza de las ubres.

6.3.4. Análisis de conglomerados o clústeres

A partir de los grupos de variables G1, G2, G3, G4 y G5 mostradas en la Figura 6.2, se generó por medio del AC una clasificación en grupos iguales u homogéneos de granjas y que se diferencian en base a la heterogeneidad entre ellos a través del tamaño de granja, nivel de instrucción, nivel de tecnificación y capacitación en BPO. El grupo G2 de variables no fue considerado para el análisis de conglomerados ya que el 98% de los resultados no realizan prácticas de manejo de calostro. El AC se presentó por medio de un dendograma, el cual está contenido para el eje de las abscisas la distancia de los grupos y el eje de las ordenadas el número de casos agrupados según su homogeneidad.

6.3.4.1. Análisis de conglomerados o clúster 1: sistema y manejo del ordeño

El dendograma generado del AC para G1 (Buenas Prácticas de Ordeño) mostrado en el anexo 2 generó 11 grupos de granjas y 2 granjas individuales que no formaron grupo. Las granjas del primer grupo realizaron un ordeño al día de forma manual cumpliendo las BPO (limpia la ubre, despunta y sella), las granjas que las conforman son pequeñas y medianas con poca tecnificación y las personas encargadas con nivel de instrucción primaria y secundaria. El grupo presenta 2 casos especiales el 62 y 50, mostrándose diferentes al recibir capacitación en BPO. Las granjas que conforman el segundo grupo realizan dos ordeños al día de forma manual cumpliendo las BPO, son granjas pequeñas y medianas con poca tecnificación, a excepción de los casos 3, 13 y 18 que presentan una tecnificación mediana. Estas granjas en su mayoría personas que tienen un nivel de formación primaria, pero resaltan los casos 22 y 42 con ausencia de nivel de formación y la granja 18 esta gestionada por una persona con estudios secundarios. Estos grupos no precisan de atención prioritaria, pues cumplen con las normas básicas de ordeño.

Las granjas que pertenecen al tercer grupo, realizan un ordeño mecánico, con dos ordeños al día, realiza un manejo del ordeño incorrecto al solo limpiar y sellar la ubre, dejando a un lado

el despunte. Las granjas del cuarto grupo, realiza dos ordeños al día de forma manual, el manejo del ordeño es incorrecto ya que solo limpia la ubre y despunta, pero no sella, con riesgo de provocar enfermedades infecto-contagiosas en la glándula mamaria del animal. Este grupo cuenta con dos granjas grandes y medianamente tecnificadas y una mediana poco tecnificada con personas con niveles de educación secundaria y primaria.

Las granjas que conforman el quinto grupo realizan dos ordeños al día de forma mecánica cumpliendo con las condiciones de BPO (limpia la ubre, despunta y sella). El tamaño de las granjas es variado entre grandes y medianas siendo muy tecnificadas y medianamente tecnificadas, excepto el caso 36 que tiene un tamaño mediano y poco tecnificado. Los propietarios/encargados poseen nivel de instrucción primaria, secundaria y superior, en algunos casos con ausencia de educación básica. Este grupo tampoco precisa de atención respecto a las BPO.

Las granjas que pertenecen al sexto grupo realizan un ordeño al día de forma manual, el manejo del ordeño es incorrecto al realizar solo limpieza y despunte, no realiza el sellado. Las granjas se conforman entre pequeñas y poco tecnificadas, granjas medianas y una granja grande poco tecnificada con un nivel de formación primaria y secundaria para el caso 78, superior para el caso 68, y ninguno para el caso 65. Los que han recibido capacitaciones en BPO son los casos 78 y 58.

Las granjas que conforman el séptimo grupo efectúan dos ordeños al día de forma manual, el manejo del ordeño es incorrecto realizando solo limpieza de la ubre y despunte, no el sellado. El grupo posee granjas pequeñas y poco tecnificadas, granjas medianas y una grande medianamente tecnificada, con personas con un nivel de formación primaria y secundaria, el caso 34 no ha recibido educación la persona que gestiona la granja y solo el caso 57 se ha capacitado en BPO.

Las granjas que conforman los grupos octavo y noveno realizan dos ordeños al día, con ordeño mecánico y manual, respectivamente. Estos grupos realizan solo la limpieza de las ubres, no realizan el despunte y sellado de los pezones, por lo que resultarían ser un conglomerado altamente vulnerable a posibles enfermedades. Las granjas que pertenecen a los grupos décimo y undécimo ordeñan una vez al día de forma manual y realizan la limpieza de la ubre, no despuntan y no sellan. Las granjas que lo conforman son pequeñas y poco tecnificadas con personas con un nivel de instrucción primario y secundario, los casos 51 y 71 han realizado capacitaciones en BPO.

El clúster generado mostró que hay grupos homogéneos que no realizan prácticas adecuadas de sellado y despunte específicamente, siendo grupos vulnerables a infecciones. El tamaño de granja y nivel de educación resultan no ser importantes para el buen funcionamiento del hato lechero. Dentro de cada grupo, las prácticas en BPO se aplican en determinados casos.

El principal efecto de un mal manejo es la presencia de infección directa en la ubre, y que disminuye considerablemente la calidad de la leche. La mastitis bovina es una carga económica para los productores lecheros, implementar medidas de control preventivo son cruciales para la sostenibilidad de cualquier negocio lácteo. La identificación de los agentes etiológicos es necesaria para controlar la enfermedad, reducir el riesgo de infecciones crónicas y orientar la terapia antimicrobiana (Duarte et al., 2015).

6.3.4.2. Análisis de conglomerados o clúster 2: manejo del encalostrado

El dendograma generado del AC para G3 (Manejo del encalostrado) mostrado en el anexo 3 generó 11 grupos y 8 granjas individuales que no formaron grupo. Las granjas que conforman el grupo uno indica que el tiempo que transcurre para la primera ingesta de calostro natural son las dos primeras horas, ofreciéndoles calostro por cuatro días junto a la madre. El único caso que calienta el calostro es el 41. En este grupo se encuentran granjas pequeñas y medianas, para el caso 41 con poca tecnificación y con personas con un nivel de instrucción secundaria. El caso 68 se destaca por una persona con estudios con nivel de instrucción superior.

Las granjas que conforman los grupos dos y tres, presentan características parecidas en el tiempo de la primera ingesta, siendo en las dos primeras horas después del nacimiento. grupo dos deja un día junto a la madre para la lactancia directa del calostro, el tres para la primera ingesta del calostro lo realiza por dos días junto a la madre. El caso 72 presenta su primera ingesta entre las dos y seis primeras horas, gestiona una persona con un nivel de instrucción secundario. En el grupo dos se formó conglomerados de granjas pequeñas y poco tecnificadas. El caso 31 es una granja grande, medianamente tecnificada y gestionada por una persona con instrucción secundaria. El caso presenta una dosificación de calostro por 2 días.

Las granjas que pertenecen al grupo cinco se desarrollan normalmente en el tiempo de ingesta en las dos primeras horas con una dosificación por 4 días después del parto, en este grupo contamos con granjas pequeñas, medianas y grandes, con una tecnificación baja y mediana, y con personas con instrucción primaria y secundaria. Para el caso 70 la granja calienta el calostro para suministrar a la cría.

Las granjas que pertenecen a los grupos seis y siete, poseen un control en la dosificación y el consumo del calostro, siendo para el grupo seis una dosis por tres días, y el grupo siete tres dosis por tres días, la primera ingesta se produce en las dos primeras horas, con excepción del caso 73 que ingiere en las dos y seis primeras horas. Los grupos a su vez están conformados por granjas grandes, medianas y pequeñas, con baja y mediana tecnificación, y con personas con instrucción primaria y secundaria. Los casos 54 y 62 son independientes entre ellos, y los dos casos presentan el mismo tiempo de consumo de calostro de siete días; el caso 54 la cría se alimenta directo de la madre por siete días y el caso 62 ingiere calostro dos veces al día siendo, la primera ingesta en las dos primeras horas.

El grupo ocho está conformado por tres granjas pequeñas y medianas, con poca tecnificación, con personas con niveles de instrucción primaria y secundaria, la primera ingesta de calostro se da en las dos primeras horas, estas granjas no calientan el calostro, por lo que las crías pasan cinco días junto a la madre.

Los casos 56 y 2 realizan la ingesta de calostro a las dos primeras horas, el primer grupo suministra una dosis de calostro por cinco días, el segundo grupo suministra tres dosis por ocho días, conformados por granjas poco y medianamente tecnificadas, con personas una instrucción primaria y secundaria respectivamente para los grupos.

Las granjas que conforman el grupo nueve brindan la primera ingesta de calostro en las seis primeras horas, posterior el consumo lo realiza *ad libitum* por tres días después el parto. Las granjas que pertenecen a los grupos diez y once suministran el calostro en las dos primeras horas, el consumo se realiza *ad libitum* por tres días. Las granjas que conforman el grupo once realiza la ingesta en las dos primeras horas por ocho días junto a la madre. Esta agrupación de las granjas nos ayuda a definir esos grupos que precisan de atención en relación con el manejo del encalostrado.

Teniendo en cuenta que la absorción de IgG cesa rápidamente a los 24 h de nacer López & Heinrichs, (2022), y que mantener a las crías con las madres hacen que aumente las incidencias de mastitis, es prioritario trabajar en programas de manejo del calostro, encalostrado y lactancia artificial.

6.3.4.3. Análisis de conglomerados o clúster 3: almacenamiento de la leche

El dendograma generado del AC para G4 (Almacenamiento de la leche), mostrado en el anexo 4, generó 6 grupos de granjas, cada uno con características diferentes y 2 granjas individuales que no formaron

grupo. . La mayoría de las granjas conforman el grupo uno, no poseen tanque de refrigeración, no almacenan y no refrigeran la leche. En este grupo existentes granjas grandes, medianas y pequeñas, con poca y mediana tecnificación, los propietarios/encargados tienen niveles de formación primario, secundario y superior. El hecho de que no almacenan la leche y que muy probablemente entregan o procesan rápidamente, explica que no tengan tanque de refrigeración.

Las granjas que pertenecen al grupo dos almacenan la leche, pero no refrigeran por lo que no poseen tanque de refrigeración. Este grupo, conformado por 7 granjas, precisa de atención prioritaria en relación a la importancia de la refrigeración de la leche por mantener su calidad. Las granjas que conforman el grupo tres poseen tanque de refrigeración, pero no refrigeran y no almacenan la leche. Las granjas que conforman el grupo 4 refrigeran la leche, pero no almacenan y no poseen tanque de refrigeración. Muy probablemente almacenan en refrigeración con otro sistema de enfriamiento.

Las granjas que conforman el grupo cinco refrigeran la leche y poseen tanque de refrigeración, pero, no almacenan la leche. Las granjas que pertenecen al grupo seis tienen un correcto almacenamiento de la leche, disponen de maquinaria para la conservación, limitando la contaminación, para ello cuentan con tanque de refrigeración y de almacenamiento. En este último grupo existen granjas pequeñas, medianas y grandes, con diferentes niveles de tecnificación y educación.

6.3.4.4. Análisis de conglomerados o clúster 4: manejo sanitario

El dendograma generado del AC para G5 (Manejo Sanitario), mostrado en el anexo 5 generó 9 grupos y 3 granjas individuales que no formaron grupo. . Granjas pequeñas y grandes conforman el grupo uno, con personas con niveles de educación primario, secundario para el caso 11 y ninguna educación para el caso 24, las cuales poseen poco y mediana tecnificación. El principal destino de la leche con mastitis es el consumo a otros animales y, en estas granjas la leche que presenta antibióticos la retiran por un lapso de uno a tres días.

Granjas medianas y grandes conforman el grupo dos, con propietarios/encargados con niveles de educación primario, secundario para el caso 18 y, ninguna para el caso 46, y estas granjas poseen baja, mediana y alta tecnificación. Además, el destino de la leche con mastitis es el consumo a otros animales y, la leche con antibióticos la retiran por un lapso de cuatro a seis días. Estos grupos, que no son muy numerosos, precisan de formación relativa al manejo de la leche no apto para consumo humano, con el objetivo de evitar riesgos para la salud humana y los animales en granja. El mayor número de granjas pertenece a los grupos tres y cinco, comparten la semejanza de eliminar la leche con mastitis al igual que la leche con antibióticos; las granjas del grupo tres retira la leche con antibiótico de cuatro a seis días, mientras que las granjas del grupo cinco retira la leche de uno a tres días, sin embargo, estos grupos poseen todos los niveles de educación, tamaño y tecnificación. El caso 68 no presenta problemas con

mastitis, pero retira la leche con antibióticos de cuatro a seis días. Las granjas que conforman el grupo seis retira la leche con mastitis, y en este grupo los propietarios/encargados descartan la leche cuando sus animales han sido tratados con antibióticos por un lapso de siete días. En el caso 71, la leche que presenta mastitis la destina al consumo de otros animales y retira la leche con antibióticos por siete días. Las granjas que conforman el grupo ocho retira la leche con mastitis, mientras que las granjas que conforman el grupo nueve destina el consumo a otros animales; estos grupos no retiran la leche cuando han suministrado antibióticos, pero además el grupo presenta una característica diferente al resto, de forma que en los casos 28 y 60 retiran la leche con antibiótico, pero, provocan un fallo al no saber el tiempo exacto de retiro desencadenando contaminación directa en la leche, por lo que sería un grupo altamente peligroso.

6.4. Conclusiones

Al término de este estudio se puede concluir que: (1) Muchas de las granjas implicadas en este estudio cometen algún error u omiten alguno de los pasos de las BPO, ya sea por desconocimiento de estas prácticas o la falta de hábito; (2) A pesar de que la gran mayoría de las granjas encalostran a sus terneros justo tras el parto, ya sea de forma natural o artificial, no se suele verificar la calidad del calostro ni etiquetarlo. De esta manera, se subestima los riesgos o problemas asociados a la práctica y a los beneficios que tiene una suministración controlada; (3) El consumo de calostro sobrante es una práctica común en las granjas, solo los propietarios/encargados con estudios superiores, congela y almacena el calostro, muy probablemente para su utilización posterior en el caso de necesitar del mismo para otras crías venideras; (4) Respecto al manejo de la leche, un alto porcentaje de las granjas no la refrigeran, y teniendo en cuenta que muchas de ellas la entregan a intermediarios, esto agrava la situación y el riesgo de pérdida de calidad de la leche; (5) La gran mayoría de las granjas retiran la leche mastítica del predio, sin embargo, un pequeño porcentaje no la retiran y dan de comer a otros animales, lo que aumentaría el riesgo de diseminación de microorganismos patógenos. Así mismo, una de cada seis granjas no retira la leche con antibióticos, lo que podría interferir con los procesos industriales de transformación, y la salud de los consumidores; (6) Con este trabajo se ha demostrado, además, que ni el tamaño de la granja, nivel de estudios, tecnificación ni capacitaciones adicionales en BPO, aseguran un manejo eficiente de los factores que podrían afectar a la calidad de la leche y la productividad en granja, por lo que es necesario un mayor control por parte de la administración pública y programas para cambiar el conocimiento tácito de los productores.

6.5. Referencias bibliográficas

- Alcocer Cabezas, E., Ayaviri Nina, D., & Romero Flores, M. (2020). Sistemas productivos locales en el comercio justo. Un estudio en el área rural del Ecuador. *Revista Perspectivas*, 46, 103-118. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1994-37332020000200005&lng=es&tlng=es.
- Aldaz, J. C., Cortez, J. L., López, M. C., & Jacome, S. S. (2020). Adaptabilidad en el sistema de producción agrícola: Una mirada desde los productos alternativos sostenibles. *Revista de Ciencias Sociales (Ve)*, 26(4), 308-327. <https://www.redalyc.org/journal/280/28065077024/28065077024.pdf>
- Alvarado C, Wigoberto, González M, Jhony, Quilcate P, Carlos, Saucedo U, José, & Bardales D, Joseph. (2019). Factores de prevalencia de mastitis subclínica en vacas lecheras del distrito de Florida, Región Amazonas, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(2), 923-931. <https://dx.doi.org/10.15381/rivep.v30i2.16088>
- Andrade, R., Caro, Z., & Porras, J. (2016). Efecto de la frecuencia de ordeño en la producción y comportamiento de vacas lecheras en lactancia. *Revista Científica*, 26(1), 33-40. <https://www.redalyc.org/jatsRepo/959/95944832007/html/index.html>.
- Astete, Y. (2006). Caracterización de sistemas productivos desde un enfoque de género, en familias pertenecientes a la comuna de canela. Tesis de pregrado. Santiago, Chile: Universidad de Chile.
- Avilez, J., Villagrán, K., Garcia, F., & A, G. (2010). Caracterización productiva de explotaciones lecheras empleando metodología de análisis multivariado. *Revista Científica de Veterinaria*, 20(1), 74-80. http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-22592010000100011&lng=es.
- Barrios, D., & Olivera, M. (2013). Análisis de la competitividad del sector lechero: caso aplicado al norte de Antioquia, Colombia. *Revista de Ciencias Administrativas y Sociales*, 23(48), 33-41. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-50512013000200004&lng=en&tlng=.
- Berra, G., Mate, A., & Osacar, G. (27 de Noviembre de 2012). *Ergonomix*. Retrieved 12 de Febrero de 2019, from *Ergonomix*: <https://www.engormix.com/ganaderia-carne/articulos/pautas-crianza-terneros-t29885.htm>
- Bonifaz, G., & Requelme, N. (2011). Buenas prácticas de ordeño y la calidad higiénica de la leche en el Ecuador. *La granja*, 14(2), 45-57. <http://dx.doi.org/10.17163/lgr.n14.2011.04>
- Bula, A. (2020). Importancia de la agricultura en el desarrollo socio-económico. *Universidad Del Rosario*, 50, 29. <https://observatorio.unr.edu.ar/wpcontent/uploads/2020/08/Importancia-de-la-agricultura-en-el-desarrollo-socioeconomico.pdf>

- Cabrera, V., Solís, D., & Del Corral, J. (2010). Determinants of technical efficiency among dairy farms in Wisconsin. *Journal of Dairy Science*, 93(1), 387-393. <https://doi.org/10.3168/jds.2009-2307>
- Campos Gaona, R, Carrillo, A, Loaiza, V y Giraldo, L. (2007). El calostro: herramienta para la cría de terneros. Universidad Nacional de Colombia Sede Palmira. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/8431>
- Carreño, N. E., & Baquero, Z. Y. (2019). Sostenibilidad como estrategia de competitividad empresarial en sistemas de producción agropecuaria. *Revista Estrategia Organizacional*, 8(1), 9-26. <https://doi.org/10.22490/25392786.3168>
- Castro-Alonso, A., Castro, N., Capote, J., Morales-delaNuez, A., Moreno-Indias, I., Sánchez-Macias, D., ... & Argüello, A. (2008). Apoptosis regulates passive immune transfer in newborn kids. *Journal of Dairy Science*, 91(5), 2086-2088. <https://doi.org/10.3168/jds.2007-0814>
- DeVries, T., Von Keyserlingk, M., & Beauchemin, K. (2003). Short communication: Diurnal feeding pattern of lactating dairy cows. *Journal Dairy Science*, 86(12), 4079-4082. [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(03\)74020-X](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(03)74020-X)
- Duarte, C., Freitas, P., & Bexiga, R. (2015). Technological advances in bovine mastitis diagnosis: an overview. *Journal of Veterinary Diagnostic Investigation*, 27(6), 665-672. <https://doi.org/10.1177/1040638715603087>
- Duarte, F., Castro, G., Gutiérrez, E. and Tena, J., 2000. Engorda de toretes con ensilaje de estiércol de cerdo con melaza y paja de sorgo y suplementos proteínicos. *Livestock Research for Rural Development*, 12(3). Artículo #26 <http://www.lrrd.org/lrrd12/3/duar123b.htm>
- Elizondo, J., Jayarao, B., & Heinrichs, A. (2008). Pasteurización de calostro: efecto sobre la carga bacteriana y la concentración de inmunoglobulinas G. *Revista electrónica de Veterinaria*, 9(9), 1695-7504. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617329003>
- GADCH. (2015). Gobierno Autónomo Decentralizado de la Provincia de Chimborazo. *Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Chimborazo*. Riobamba, Chimborazo.
- Godden, S., Lombard, J., & Woolums, A. (2019). Colostrum management for dairy calves. En *Veterinary Clinics of North America - Food Animal Practice*, 35(2), 535-556. <https://doi.org/10.1016/j.cvfa.2019.07.005>
- Gonzales, J. (2007). Caracterización y Tipificación de Sistemas Lecheros en la décima región de Chile: un análisis multivariable. Tesis de pregrado. Valdivia, Chile.
- Goswami, R., Chatterjee, S., & Prasad, B. (2014). Farm types and their economic characterization in complex agro-ecosystems for informed extension intervention: study from coastal West Bengal, India. *Agricultural and Food Economics*, 2(1), 1-24. <https://doi.org/10.1186/s40100-014-0005-2>

- Guapi, R., Masaquiza, D., & Curbelo, L. (2017). Caracterización de Sistemas Productivos Lecheros en Condiciones de montaña, Parroquia Quimiag, Provincia Chimborazo, Ecuador. *Revista de producción animal*, 29(2), 14-24. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2224-79202017000200003&lng=es&tlng=en.
- Hale, S., Capuco, A., & Erdman, R. (2003). Milk yield and mammary growth effects due to increased milking frequency during early lactation. *Journal of Dairy Science*, 86(6), 2061-2071. <https://doi.org/Milk Yield and Mammary Growth Effects Due to Increased milking frequency during early lactation>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos [INEC]. (2020). https://www.ecuadorencifras.gob.ec/wp-content/descargas/Presentaciones/capitulo_educacion_censo_poblacion_vivienda.p
- Janssen, E., & Swinnen, J. (2019). Technology adoption and value chains in developing countries: Evidence from dairy in India. *Food Policy*, 83, 327-336. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.08.005>
- Lopez, A. J., & Heinrichs, A. J. (2022). Invited review: The importance of colostrum in the newborn dairy calf. *Journal of Dairy Science*. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-20114>
- Malik, M., Rashid, M. A., & Raboisson, D. (2022). Heat treatment of colostrum at 60°C decreases colostrum immunoglobulins but increases serum immunoglobulins and serum total protein: A meta-analysis. *Journal of Dairy Science*, 105(4), 3453-3467. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-21231>
- Mushtaq, S. S. (2018). Bovine mastitis: An appraisal of its alternative herbal cure. *Microbial Pathogenesis*, 114, 357-361. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.12.024>
- Ospina-Rivera, Ó. F., & Grajales-Lombana, H. A. (2018). Efecto de dos modelos de gestión sobre fuentes de conocimiento tácito y explícito en productores de ovinos y caprinos. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 19(2), 231-245. <https://doi.org/10.21930/rcta.vol19num2art:597>
- Parra, M., Peláez, L., Londoño, J., Almarino, N., & y Rengifo, G. (2003). Los residuos de medicamentos en la leche: Problemática y estrategias para su control. Manual Técnico. Neiva, Colombia: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria.
- Puppel, K., Gołębiewski, M., Grodkowski, G., Slórsarz, J., Kunowska-Slórsarz, M., Solarczyk, P., & Przysucha, T. (2019). Composition and Factors Affecting Quality of Bovine Colostrum: A Review. *Animals*, 9(12), 1070. <https://doi.org/10.3390/ani9121070>
- Raboisson, D., Trillat, P., & Cahuzac, C. (2016). Failure of passive immune transfer in calves: a meta-analysis on the consequences and assessment of the economic impact. *PLoS one*, 11(3), e0150452. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150452>
- Smith, R., Moreira, R., & Ltrille, L. (2002). Caracterización de sistemas productivos lecheros en la x región de Chile mediante análisis multivariable. *Agricultura Técnica*, 62(3), 375-395.

- Swinnen, J., & Kuijpers, R. (2019). Value chain innovations for technology transfer in developing and emerging economies: Conceptual issues, typology, and policy implications. *Food Policy*, 83, 298-309. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2017.07.013>
- Tochi, B. N., Peng, J., Song, S., Liu, L., Kuang, H., & Xu, C. (2016). Determination of sarafloxacin and its analogues in milk using an enzyme-linked immunosorbent assay based on a monoclonal antibody. *Analytical Methods*, 8(7), 1626-1636. <https://doi.org/are.uab.cat/10.1039/C5AY02702K>
- Torres, Y., García, A., Rivas, J., Perea, J., & Angón, E. (2015). Caracterización socioeconómica y productiva de las granjas de doble propósito orientadas a la producción de leche en una región tropical de Ecuador, caso de la provincia de Manabí. *Revista Científica*, XXV(4), 330-337. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=95941173009>
- Vargas, B., Solís, O., Sáenz, F., & Hidalgo, H. (2013). Caracterización y clasificación de hatos lecheros en costa rica mediante un análisis multivariado. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2), 257-275.
- Zambrano, D., Castillo E., & Simbaña, L. (2017a). La producción de leche en Ecuador y Chimborazo: nuevas oportunidades e implicaciones ambientales. *Revista electrónica* 10. 270-289. https://www.researchgate.net/publication/322756060_La_produccion_de_leche_en_Ecuador_y_Chimborazo_nuevas_oportunidades_e_implicaciones_ambientalespp.
- Zambrano, D., López, E., Castillo, E., & Villacis, D. (2017b). El sector lácteo de Ecuador: Principales características de la cadena productiva en zonas rurales del cantón Riobamba, provincia de Chimborazo. *Agroindustrial Science*, 7(1), 19-31. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2017.01.02>
- Zambrano, D. (2016). Cadena productiva de lácteos y su contribución al desarrollo rural del Ecuador estudio comparativo de la cadena láctea en el cantón riobamba y la experiencia de galicia (España). *Agroindustrial Science*, 7(1), 2226-2989. <https://doi.org/10.17268/agroind.science.2017.01.02>

Capítulo 7. Conclusiones finales



Capítulo 7. Conclusiones finales

1. La presencia de calostro en el tanque de la leche hasta en un 10%, de manera intencionada o accidental, modifica la composición y las características fisicoquímicas de la leche, lo que podría afectar la capacidad de la leche para ser procesada en la industria quesera. Sin embargo, los parámetros de tiempo de coagulación, firmeza de la cuajada y rendimiento quesero potencial no se vieron alterados con la presencia de calostro. Sin embargo, el tratamiento térmico a 63 °C durante 30 min da como resultado una leche con valores más altos de rendimiento quesero y valores más bajos de capacidad de desuerado, en comparación con la leche tratada a 56 °C durante 60 min.
2. Los dos tratamientos térmicos discontinuos tienen la misma eficiencia para reducir los recuentos de aerobios mesófilos en la leche control. Sin embargo, el tratamiento térmico a 63 °C durante 30 min demuestra ser más eficiente para reducir el recuento total en placa cuando el calostro está presente en la leche en un nivel tan bajo como 1%, en comparación con al tratamiento térmico de la leche a 56 °C durante 60 min. Cuando la industria láctea sospecha de un fraude lácteo con calostro, o cuando se usa leche de transición, se debe usar una temperatura más alta para garantizar la seguridad de los productos.
3. La determinación de un protocolo TPA estandarizado para ser aplicado en queso fresco es fundamental para comparar los resultados entre distintas investigaciones, e incluso entre distintos tratamientos dentro de una misma investigación. Se demuestra que la forma y tamaño de la muestra de queso, así como la velocidad de la prueba, son factores que afectan a los resultados de los parámetros de análisis de perfil de textura instrumental cuando se usa un nivel de compresión del 75%. Las muestras cilíndricas de 3 cm de diámetro y 3 cm de alto son las candidatas a ser utilizadas en las pruebas de TPA para el queso fresco, siendo elegibles las velocidades de 0,3 y 0,7 mm/s.
4. La presencia de calostro entre 1 y 10% en el tanque de la leche origina cambios en las características de composición, fisicoquímicas, microbiológicas, sensoriales, textura y color instrumental del queso fresco, tanto recién elaborado como durante su almacenamiento a 4 °C. A medida que aumenta la presencia de calostro en leche, los quesos frescos presentan un mayor contenido de proteína, grasa y humedad. Los recuentos de aerobios y coliformes disminuyeron significativamente en estos quesos, sobre todo cuando hubo mayor presencia de calostro en la leche (5 y 10%), y además presentaron una vida útil más extensa en

comparación con el queso control. Esto se debe principalmente por una mayor presencia de compuestos antimicrobianos del calostro, tales como las inmunoglobulinas y lactoferrina.

5. Los parámetros de textura instrumental dureza, fracturabilidad, masticabilidad y elasticidad de los quesos, a medida que se incrementó la presencia de calostro en la leche, fueron en general menores, la adhesividad fue mayor, mientras que la cohesividad no se vio afectada por este factor. Sin embargo, estas diferencias no son detectables por parte de jueces semientrenados. Adicionalmente, la diferencia de color de los quesos con presencia de calostro fue aumentando a medida que aumentó su concentración en leche, llegando a ser notable en los quesos elaborados con 10% de calostro en leche.
6. Los sueros de quesería procedentes de la elaboración de queso fresco a partir de leches conteniendo calostro hasta un 10%, presentaron características de composición similares. Sin embargo, la concentración de IgG aumentó significativamente en suero de quesería tras la elaboración del queso cuando la leche de quesería contuvo un 5 y 10% de calostro. Este contenido mayor de IgG en los sueros procedentes de los quesos elaborados a partir de leches conteniendo 5 y 10% de calostro, deberían tenerse en cuenta si este subproducto fuera a ser utilizado como ingrediente en la industria láctea.
7. En las granjas de producción lechera de la Provincia de Chimborazo, el tamaño de la granja, nivel de estudios, tecnificación ni capacitaciones adicionales en BPO, aseguran un manejo eficiente de los factores que podrían afectar a la calidad de la leche y la productividad en granja, incluyendo el manejo y uso adecuado del calostro, evitando así interferencias en los procesos de industrialización de la leche en derivados lácteos.
8. Es importante que los propietarios/encargados de las granjas de producción lechera, reciban capacitación en BPO, con enfoque activo y participativo en programas destinados al manejo y sistema de ordeño, al manejo de ganado y prácticas en torno al almacenamiento de leche. El diseño de programas, considerando la realidad y capacidad de entendimiento de los productores, así como su nivel de alfabetismo e idioma o lenguaje, entre otros factores, puede ser fundamental para mejorar la producción y calidad lechera, lo que podría generar beneficios para el productor, las comunidades y la industria.

Anexos

Anexo 1. Cuestionario aplicado en las granjas lecheras.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
GRUPO DE PRODUCCIÓN ANIMAL E INDUSTRIALIZACIÓN



CUESTIONARIO SOBRE MANEJO DE GRANJAS DE PRODUCCIÓN DE LECHE

Cod Finca: _____

Fecha: _____

1. Características Generales

1.1. Ubicación de la granja/finca: _____

1.2. Nombre del propietario: _____ telf.: _____

1.3. Nombre del encargado: _____ telf.: _____

1.4. Indique ¿Cuál es la instrucción más alta aprobada por la persona encargada?

Ninguna Primaria Secundaria Superior

1.5. De los años de instrucción formal aprobados por la persona encargada...

¿Cuántos fueron en educación agropecuaria? _____

1.6. Mencione ¿Cuál es el número de personas encargadas de los animales en granja/finca?

Nº	Género	Función <i>in situ</i>	¿Ha recibido capacitación en BPO y manejo calostro? ¿Quién lo impartió?
			Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
			Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
			Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
			Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
			Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>
			Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>

2. Animales y reproducción

2.1. Tipo de sistema que se realiza en la granja/finca; sus animales los tiene en un sistema:

Estabulado Pastoreo Mixto

Observaciones: _____

3. Control Sanitario

3.1. ¿Sus animales han sido sometidos a programas sanitarios del MAGAP?

Sí No

3.2. ¿Usted, sigue un plan de control veterinario de vacunación y desparasitación?

Sí No

- ¿Quién lo lleva a cabo?
Encargado de la finca/granja Propietario Veterinario
- ¿Con qué frecuencia? _____
- ¿Quién lo recomienda? _____
- ¿Qué hace cuando el animal enferma, a quién recurre? _____

3.3. Cuando una vaca tiene síntomas de mastitis ¿qué hace con la leche?

- La bota
- Le da de comer a otros animales
- Otros especifique: _____

3.4. Cuando una vaca ha sido inyectada con antiinflamatorios/antibióticos ¿qué hace con la leche?

- ¿Retira la leche? Sí No
- ¿Por cuánto tiempo? _____

4. Producción y Ordeño

4.1. ¿Qué tipo de ordeño realiza? Manual Mecánico

4.2. ¿Cuántos ordeños realiza al día? 1 2

4.3. ¿A dónde se destina la leche que se produce en la granja / finca?

- Consumo propio
- Transformación in situ
- Centro de acopio
- Intermediario
- Empresa Láctea
- Empresa Artesanal
- Otro

4.4. ¿Almacena la leche? Sí No

¿Cuántos días de almacenamiento? _____

4.5. ¿Usted refrigera la leche finalizado el ordeño? Sí No

4.6. ¿Posee tanque de refrigeración? Sí No

¿A qué temperatura? _____

4.7. Indique cómo se realiza el ordeño ¿realiza alguna de éstas prácticas durante el ordeño?

- Alimentación durante el ordeño
- Limpieza de la ubre ¿Cómo? _____
- Despunte
- Sellado
- ¿Con qué? _____

4.8. ¿Sabe qué es el despunte? Sí No

5. Manejo de calostro

5.1. ¿Qué tipo de calostro suministra a las crías recién nacidas?

- Calostro de la madre
- De otras vacas ¿por qué? _____
- Artificial ¿por qué? _____
- Otro especifique: _____

5.2. ¿Determina usted la calidad del calostro antes de suministrar al ternero?

- Sí No
- Especifique ¿cómo? _____

5.3. Antes de dar el calostro a las crías, en caso de tomar en mamaderas...

- ¿Se calienta? Sí No
- ¿A qué temperatura y por cuánto tiempo? _____

5.4. ¿Qué hace con el calostro sobrante de las vacas?

- Congela y almacena
- Da a otras crías nacidas el mismo día
- Desecha
- Consume en granja o en la casa
- Otros especifique: _____

5.5. En caso de que el calostro sobrante sea para consumo humano ¿cómo lo utiliza para el consumo? _____

5.6. En caso de almacenar los calostros ¿mantiene alguna técnica para etiquetar los calostros de los animales de acuerdo al número de partos o alguna identificación de la madre?

- Sí No
- ¿Cómo? _____

5.7. El calostro que consume el ternero, si es natural...

- Lo consume crudo, sin tratamiento
- Le aplica tratamiento térmico previo de pasteurización
- Especifique el tratamiento y el tiempo _____
- No lo sabe, porque lo compra ya listo

5.8. ¿Qué tiempo transcurre desde el nacimiento de la cría hasta la primera ingesta de calostro?

- 2 primeras horas
- 2 – 6 horas
- > 6 horas

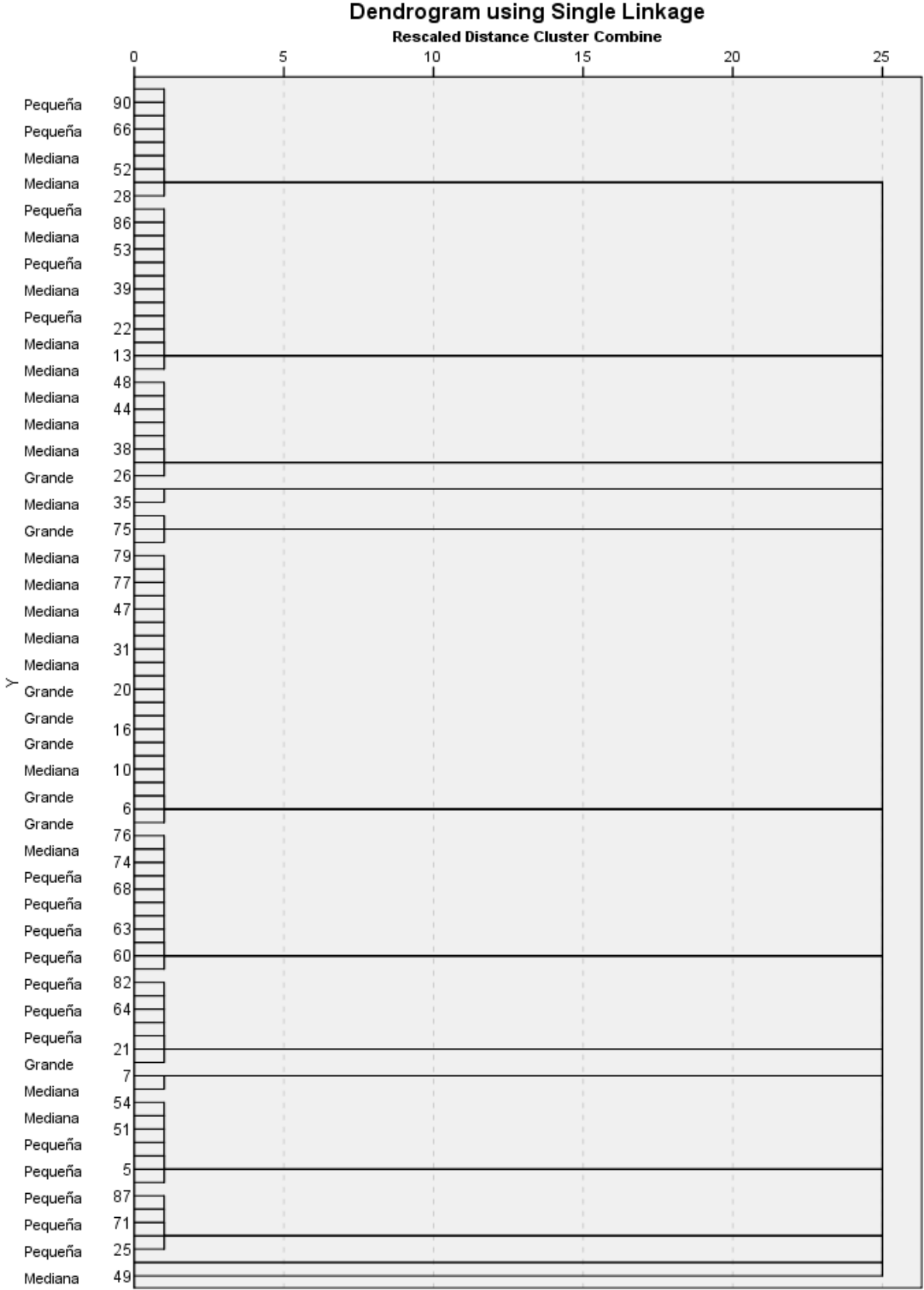
5.9. ¿Si el encalostro es a través de mamaderas cuántas dosis de calostro recibe el ternero?

- 1 dosis
- 2 dosis
- Otros especifique: _____

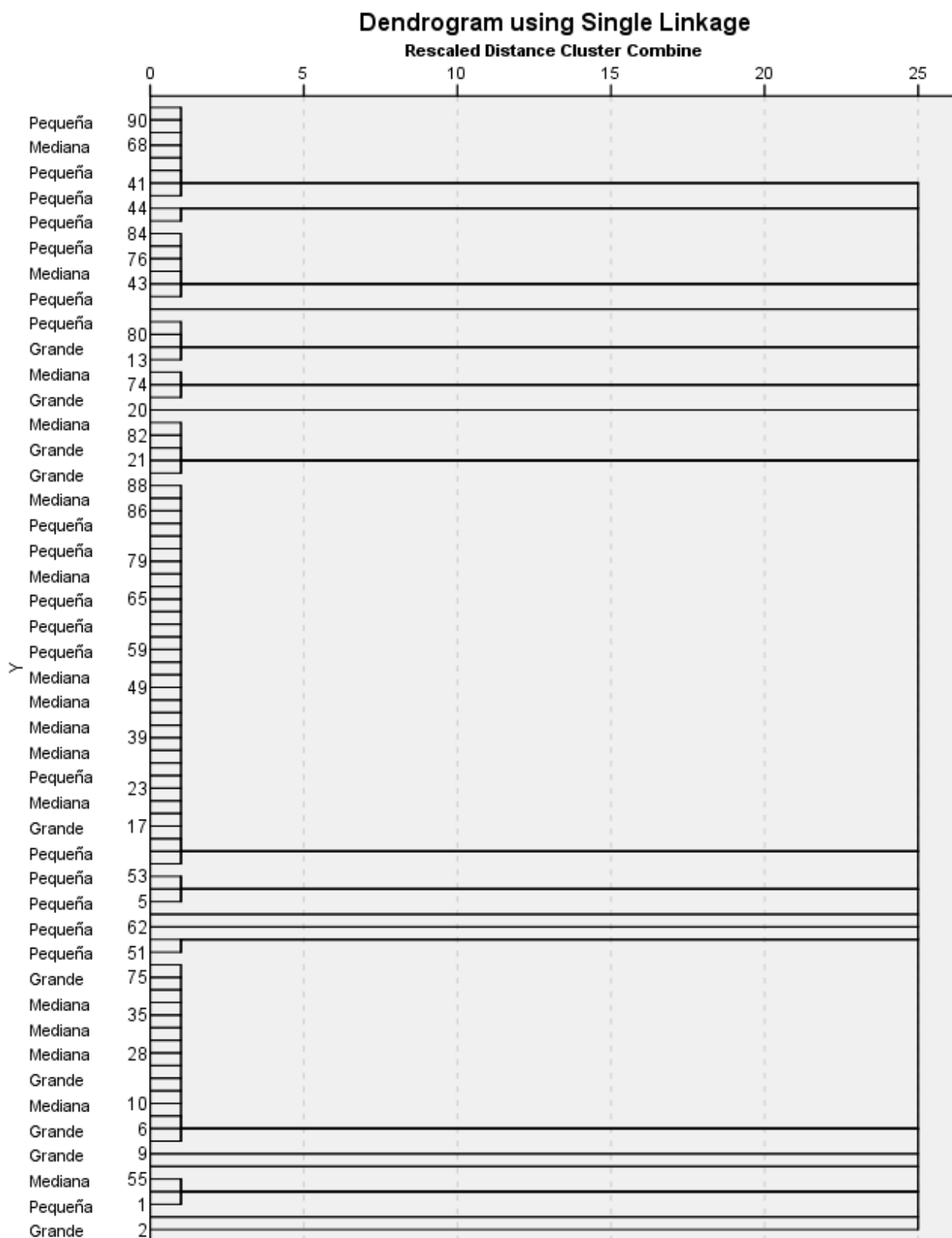
CATEGORÍA DE LA GRANJA/FINCA:

- Pequeña 1-10
- Mediana 11-25
- Grande > 25
- Industrialmente tecnificada
- Medianamente tecnificada
- Familiar/Marginal

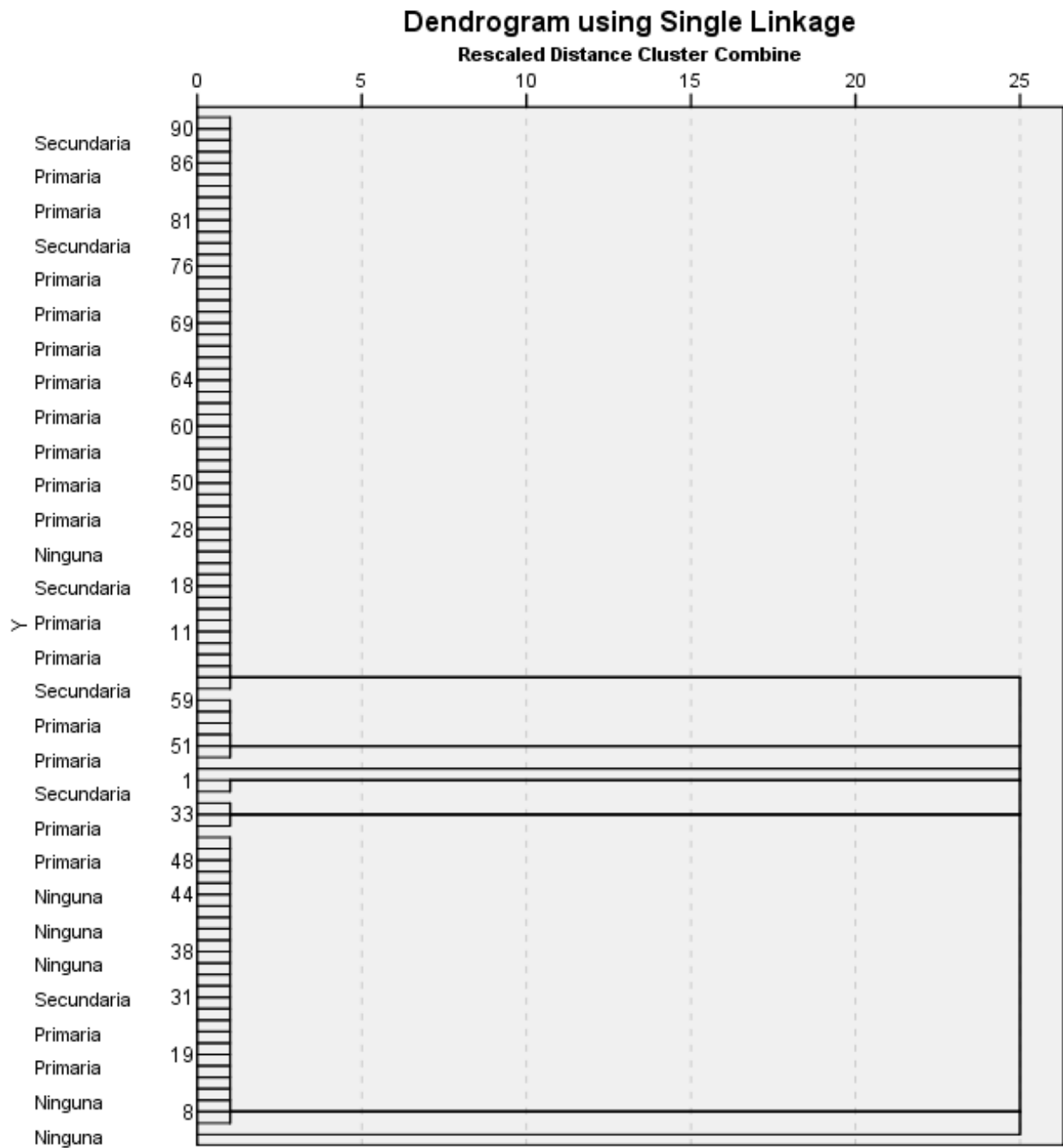
Anexo 2. Dendrograma generado del Análisis de conglomerados para G1 (Buenas Prácticas de Ordeño).



Anexo 3. Dendrograma generado del Análisis de conglomerados para G3 (Manejo del Encalostrado).



Anexo 4. Dendrograma generado del Análisis de conglomerados para G4 (Almacenamiento de la Leche).



Anexo 5: Dendrograma generado del Análisis de conglomerados para G5 (Manejo Sanitario).

