



2^{da}
EDICIÓN



Texto de Procedimientos de Tecnología de Leche

Ciencias de la Leche

Henry Jurado-Gómez
Efrén Guillermo Insuasty-Santacruz
Carlos Alberto Jojoa-Rodríguez



PROBIOTEC-FORAPIS
Universidad de Nariño



Editorial
Universidad de Nariño

èditorial
Universidad de **Nariño**

TEXTO DE PROCEDIMIENTOS DE TECNOLOGÍA DE LECHE (Ciencias de La Leche)



TEXTO DE PROCEDIMIENTOS DE TECNOLOGÍA DE LECHE (Ciencias de La Leche)

Henry Jurado-Gómez

Efrén Guillermo Insuasty-Santacruz

Carlos Alberto Jojoa-Rodríguez

Jurado Gámez, Henry

Texto de procedimientos de tecnología de leche : (Ciencias de la leche) / Henry Jurado Gámez, Efrén Guillermo Insuasty Santacruz, Carlos Alberto Jojoa Rodríguez—2ª. ed.-- San Juan de Pasto : Editorial Universidad de Nariño, 2025

271 páginas : ilustraciones, gráficas, tablas, fotografías

Incluye referencias bibliográficas p. 257 – 265 y reseña de los autores p. 265 - 269

ISBN: 978-628-7771-97-0 Impreso

ISBN: 978-628-7771-98-7 Digital

1. Elaboración productos lácteos 2. Ciencia de la leche—Análisis 3. Industrialización de la leche 4. Producción y conservación de la leche 5. Elaboración de productos lácteos fermentados 6. Elaboración de quesos 7. Leches pasteurizadas I. Insuasty Santacruz, Efrén Guillermo II. Jojoa Rodríguez, Carlos Alberto.

637.14 J957t – SCDD-Ed. 22



SECCIÓN DE BIBLIOTECA

TEXTO DE PROCEDIMIENTO DE TECNOLOGÍA DE LECHE (Ciencias de La Leche)

© Editorial Universidad de Nariño

© Henry Jurado Gámez
Efrén Guillermo Insuasty-Santacruz
Carlos Alberto Jojoa-Rodríguez

ISBN: 978-628-7771-97-0 impreso

ISBN: 78-628-7771-98-7 digital

Segunda edición

Corrector de estilo: Yeneth Verónica Narváez Rodríguez

Diagramación y diseño: Diana Sofía Salas Chalapud

Fecha de publicación: Noviembre 2025

San Juan de Pasto – Nariño – Colombia

Prohibida la reproducción total o parcial, por cualquier medio o con cualquier propósito, sin la autorización escrita de su Autor o de la Editorial Universidad de Nariño

Contenidos

Introducción	10
--------------------	----

SECCIÓN I.

Prácticas de Laboratorio	12
--------------------------------	----

Capítulo 1. Análisis de la leche cruda.....	13
---	----

1.1 Fisiología de la producción de la leche en ganado bovino.....	14
1.2 Factores que afectan la calidad composicional de la leche....	17
1.3 Factores que afectan la calidad microbiológica de la leche	18
1.4 Sistemas de ordeño	21
1.5 Análisis composicional de la leche cruda.	26
1.6 Adición de conservantes.....	44
1.7 Identificación de adulterantes.	46
1.8 Neutralizantes.....	56
1.9 Análisis microbiológico de la leche.....	58
1.10 Análisis sanitario de la leche	76

Capítulo 2. Producción y conservación de la leche	80
---	----

2.1 Recolección y transporte.....	81
2.2 Recepción y toma de muestras.	82

SECCIÓN II.

Elaboración y Manejo de Producto lácteos.....	87
---	----

Capítulo 3. Equipos y utensilios en la industria láctea	88
---	----

3.1 Equipos de intercambio de calor.	88
3.2 Otros equipos y materiales para el procesamiento de productos lácteos	90
3.3 Envases en la industria láctea	93
3.4 Materiales empleados en los envases.....	95
3.5 Propiedades técnicas de los envases.....	96
3.6 Impacto del envase en la calidad del producto.....	97

Capítulo 4. Elaboración de productos lácteos fermentados 98

4.1 Yogur.	99
4.2 Yogur Griego.	102
4.3 Kumis.	103
4.4 Kéfir.	105
4.5 Bebidas Lácteas Fermentadas.	106

Capítulo 5. Elaboración de dulces de leche y combinados. 108

5.1 Leches condensadas.	108
5.2 Arequipe.	113
5.3 Manjar Blanco.	125
5.4 Cortado de Leche.	127
5.5 Dulces Combinados.	129

Capítulo 6. Derivados lácteos a base de crema de leche ... 133

6.1 Crema dulce.	133
6.2 Crema ácida.	135
6.3 Mantequilla.	137
6.4. Crema de leche con almíbar de frutas.	139
6.5 Crema Chantilly.	141

Capítulo 7. Elaboración de quesos 142

7.1 Quesos frescos.	143
7.2 Quesos hilados.....	155
7.3 Quesos madurados.	160

Capítulo 8. Leches Pasteurizadas 165

8.1 Pasteurización.	165
8.2 Esterilización.	167
8.3 Homogenización.	167

Capítulo 9. Helados 170

9.1 Introducción.....	170
9.2. Ciencia detrás del helado a base de leche.	171
9.3 Composición y función de los ingredientes.	171
9.4 Química de la mezcla.	172
9.5 La importancia de la temperatura.	173

9.6 La microbiología del helado.....	174
9.7 Innovaciones y tendencias en la ciencia del helado.	174
9.8 Proceso de elaboración.....	175

SECCIÓN III.

Perspectivas en la Producción e Industrialización de Leche.....180

Capítulo 10. El Mercado Lácteo 181

10.1. Panorama Global del Mercado Lácteo	181
10.2. Dinámicas del Mercado	183
10.3 Proyecciones Futuras del Mercado Lácteo	186

Capítulo 11. Costos de Producción en la Industria Láctea.. 187

11.1 Factores Claves que Impactan los Costos de Producción.....	187
11.2 Impacto de los Costos Energéticos	190
11.3 Costos de Procesamiento de la Leche	191
11.4 Economías de Escala y Costos Operativos.....	192

Capítulo 12. Comercialización de Productos Lácteos 193

12.1 Estrategias de Comercialización en la Industria Láctea.....	193
12.2 Canales de Distribución de Productos Lácteos	195
12.3 Tendencias de Consumo en Productos Lácteos.....	197
12.4 Exportación de Productos Lácteos	198

Capítulo 13. Oportunidades y Desafíos en la Industria Láctea 199

13.1 Desafíos en la Producción Láctea	199
13.2 Oportunidades para el Crecimiento en la Industria Láctea	203
13.3 Desafíos y Oportunidades en el Mercado Internacional.....	205
13.4 La inteligencia artificial (IA) es una realidad tanto en el presente como en el futuro del sector lácteo.....	206

Capítulo 14. Normas Técnicas Colombianas (NTC) 209

14.1 MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA	216
Manual de Buenas prácticas de Manufactura	217
Higiene de Alimentos	218

Fábrica de Alimentos	220
Limpieza y Desinfección	221
Plagas	222
Higiene Personal.....	223
Limpieza Personal	225
Conducta Personal	227
Supervisión	228
Limpieza y Desinfección	230
Procedimiento de Limpieza	232
Control de Plagas.....	234
Manejo de Residuos Sólidos	235
Normas de Fabricación	236
Pruebas de Plataforma para la Leche	237
Empaques	239
Operaciones de Fabricación.....	240
Equipos y Utensilios	241
Referencias Bibliográficas	242
Los Autores	250

Introducción

La leche constituye la base para la elaboración de diversos productos lácteos, tales como crema de leche, mantequilla, queso, yogur, dulces, helados, entre otros. Además, sus derivados son ampliamente utilizados en diferentes industrias, incluyendo la agroalimentaria, química y farmacéutica (Rodríguez-Rivera & Magro, 2008). No solo la leche en sí, sino también los coproductos generados durante su procesamiento, tienen un valor significativo, especialmente en la alimentación animal, ya que muchos de estos residuos poseen características nutricionales que contribuyen a satisfacer los requerimientos dietéticos del ganado (Amiot et al., 1991).

En Colombia, la leche de vaca es la más comúnmente utilizada para la producción de derivados lácteos, debido a sus buenas propiedades, su sabor agradable para el consumidor y su alta disponibilidad. No obstante, no es la única fuente, ya que también se comercializa leche de búfala, cabra y otras especies. El consumo de estas variedades depende en gran medida de la región y de las especies productoras disponibles en cada zona. A nivel mundial, por ejemplo, la leche de cabra es altamente apreciada en Asia, especialmente en la India, mientras que en zonas árticas se consume leche de ballena. Cabe resaltar que la composición nutricional de la leche varía según la especie; así, la leche de asna y de yegua presenta un contenido graso inferior, mientras que la leche de foca puede alcanzar hasta un 50% de grasa (Milera-Rodríguez et al., 2012).

Como se mencionó, la leche de los diferentes mamíferos presenta propiedades distintas según la especie, lo cual influye en sus características para la elaboración de productos derivados. En términos generales, la leche se caracteriza por su color blanco mate y cierta viscosidad, aunque su composición, que incluye proteínas, grasas y minerales, varía significativamente. Estas diferencias también pueden observarse en función de la etapa de lactancia (Bedoya Mejía et al., 2012).

Otro aspecto relevante es el precio de la leche, que varía entre especies y está influenciado tanto por el nivel cultural de consumo como por la calidad composicional del producto (Patiño, 2011). En Colombia, por ejemplo, la leche de vaca tiene un precio menor en comparación con la de búfala, cabra u oveja, debido a que estas últimas poseen una mayor calidad nutricional. Como consecuencia, la producción de leche de vaca se ha incrementado en el país, favorecida por su mayor accesibilidad para el consumidor (Oliveiro et al., 2011).

SECCIÓN I.

Prácticas de Laboratorio



Capítulo 1.

Análisis de la leche cruda

De acuerdo con Martínez & Gómez (2015), la calidad de la leche se divide en dos grandes áreas: composicional e higiénico-sanitaria. Dentro de la primera, se encuentra la composición físico-química y en la segunda, su microbiología. El presente texto diferencia la parte higiénico-sanitaria en los componentes sanitario y microbiológico.

La calidad de la leche es de importancia en Colombia, por ser un alimento básico de la canasta familiar (FAO, 2021). Por ello, las entidades nacionales territoriales establecen los parámetros de calidad composicional y microbiológica, ya que este producto representa un potencial problema de salud pública dado su fácil adulteración y contaminación, que puede transmitir enfermedades de carácter zoonótico (Pérez-Pinto, 2021). Para ello, la norma técnica colombiana NTC 399 (2001) establece los requisitos que debe cumplir la leche cruda como materia prima para su industrialización.

Con el fin de determinar los parámetros composicionales, sanitarios y microbiológicos de la leche, se coloca a disposición los procedimientos para su determinación y evaluación, esperando mejorar los procesos de producción, transformación e industrialización, almacenamiento y conservación de los productos de la leche y sus derivados.

Objetivo

- Conocer la fisiología detrás de la secreción de la leche.
- Determinar las características composicionales, sanitarias y microbiológicas de la leche.
- Conocer e identificar distintos elementos adicionados a la leche por los ganaderos, transportistas o intermediarios sin escrúpulos, y que no son permitidas por la normatividad y que tiene el propósito de adulterar el producto ofrecido.
- Conocer el protocolo adecuado para el procesamiento de muestras para análisis microbiológico.
- Evaluar el nivel de contaminación de la leche mediante un análisis microbiológico.
- Determinar la cantidad y clase de microorganismos presentes en la leche.

1.1 Fisiología de la producción de la leche en ganado bovino.

La fisiología de la producción de leche en el ganado vacuno es un proceso complejo y altamente regulado que involucra una serie de mecanismos biológicos, hormonales y ambientales. La producción de leche, o lactación, comienza con el desarrollo y crecimiento del tejido mamario durante la preñez, y su estimulación es controlada por una cascada hormonal precisa. Además, varios factores pueden afectar tanto la calidad composicional como microbiológica de la leche producida (Gross, 2022).

La producción de leche en el ganado vacuno es un proceso fisiológico que comienza en la glándula mamaria, conocida también como ubre, la cual está compuesta por varias estructuras y tipos celulares que trabajan en conjunto para la síntesis y secreción de la leche. A lo largo del ciclo productivo de una vaca lechera, varios factores fisiológicos y hormonales se combinan para regular tanto la cantidad como la calidad de la leche producida (Lamy et al., 2012).

1.1.1 Desarrollo de la glándula mamaria.

El desarrollo de la glándula mamaria en las vacas lecheras es un proceso continuo que comienza en la vida fetal y continúa durante las diferentes fases de la vida reproductiva del animal (Gross & Bruckmaier, 2019).

- **Fase prenatal.** El desarrollo mamario comienza durante la vida prenatal, con la formación de las yemas mamarias a partir del ectodermo. Estas estructuras primordiales crecerán y se diferenciarán en los ductos y alvéolos que formarán la base de la estructura mamaria en la vaca adulta. Aunque esta fase es importante, el desarrollo mamario completo no se alcanza hasta etapas posteriores, principalmente durante la pubertad y la preñez.
- **Pubertad y desarrollo mamario.** Durante la pubertad, los cambios hormonales, particularmente el aumento en los niveles de estrógenos y progesterona, provocan el crecimiento del sistema ductal y alveolar en la ubre. Sin embargo, el tejido mamario no está completamente desarrollado ni funcionalmente activo en este punto. La proliferación del tejido glandular es notable durante esta fase, y las glándulas se preparan para la lactación en futuros ciclos reproductivos.
- **Preñez.** El desarrollo más significativo de la glándula mamaria ocurre durante la preñez, especialmente en su última etapa. En esta fase, el aumento de los niveles de estrógenos, progesterona y lactógeno placentario provoca una proliferación masiva del tejido glandular mamario. Los alvéolos, que son las unidades funcionales de la glándula mamaria, crecen en tamaño y se preparan para la síntesis de leche. El sistema de conductos también se expande, y se desarrolla una mayor red vascular para soportar la futura demanda metabólica de la producción de leche (Amiot et al., 1991).
- **Iniciación de la lactación:** el calostro. El proceso de lactación propiamente dicho comienza poco antes del parto con la producción de calostro. El calostro es una secreción rica en anticuerpos, inmunoglobulinas, factores de crecimiento y nutrientes esenciales que el ternero necesita para las primeras horas de vida. Esta leche temprana es crucial

para transferir la inmunidad pasiva de la madre al ternero, ya que este nace con un sistema inmune incompleto y es incapaz de sintetizar sus propios anticuerpos en los primeros días de vida.

- **Hormonas implicadas en la lactogénesis.** La lactogénesis, o el inicio de la producción de leche, está regulada principalmente por la acción hormonal. Justo antes del parto, la progesterona, que ha suprimido la lactación durante la preñez, disminuye significativamente. Esta caída permite que otros factores hormonales, como la prolactina, el cortisol y el estrógeno, estimulen la secreción láctea. Estos factores hormonales actúan sobre los alvéolos mamarios, iniciando la síntesis de los principales componentes de la leche: proteínas, grasas, carbohidratos y minerales.
- **Producción y secreción de leche.** Una vez que la lactación ha comenzado, el mantenimiento de la producción de leche depende de varios factores hormonales, neurológicos y mecánicos.
- **Prolactina y oxitocina.** La prolactina es la hormona clave que regula la síntesis de leche a nivel de los alvéolos mamarios. Esta hormona, secretada por la glándula pituitaria, estimula las células epiteliales de los alvéolos para producir los diversos componentes de la leche. A su vez, la hormona oxitocina juega un papel crítico en la eyección de la leche. La oxitocina es liberada en respuesta a estímulos sensoriales como la succión del ternero o el ordeño, provocando la contracción de las células mioepiteliales que rodean los alvéolos, lo que permite que la leche fluya hacia los conductos galactóforos y se expulse hacia el exterior.
- **Regulación autocrina de la producción de leche.** La producción de leche no solo está regulada por hormonas, sino también por un mecanismo autocrino que depende del vaciamiento de la glándula mamaria. Cuanto más frecuentemente se ordeña a la vaca o se succione, más leche producirá. Esto ocurre porque la acumulación de leche en los alvéolos inhibe la síntesis de nueva leche, mientras que el vaciamiento estimula su producción (Gonzales-Reina et al., 2021).

1.2 Factores que afectan la calidad composicional de la leche

La calidad composicional de la leche se refiere a las proporciones de sus diversos componentes: grasa, proteínas, lactosa, minerales y vitaminas. De acuerdo con Priyashantha & Lundh (2021), estos componentes pueden variar en función de varios factores:

1.2.1 Genética. La genética influye significativamente en la composición de la leche. Algunas razas de vacas lecheras producen leche con más grasa y proteínas en comparación con otras.

1.2.2 Nutrición. La dieta de una vaca tiene un impacto directo sobre la composición de su leche. Al respecto, una dieta rica en fibra promueve la síntesis de grasas en la leche, mientras que una deficiencia de proteínas puede reducir su contenido. Además, ciertos suplementos, como las grasas protegidas o los aceites ricos en ácidos grasos omega-3, pueden alterar el perfil de ácidos grasos de la leche.

Relación entre la dieta y el perfil de ácidos grasos. El perfil de ácidos grasos de la leche está directamente influenciado por la dieta de la vaca. Los forrajes ricos en ácidos grasos poliinsaturados (como el linolénico y linoleico) pueden modificar la proporción de grasas saturadas e insaturadas en la leche. Una dieta rica en pastos tiende a producir leche con un contenido más alto de ácidos grasos beneficiosos, como el ácido linoleico conjugado (CLA) y los ácidos grasos omega-3, lo que tiene efectos positivos sobre la salud humana (Bernier-Dodier et al., 2011).

1.2.3 Etapa de lactación. La composición de la leche varía a lo largo del ciclo de lactación. En las primeras semanas después del parto, la leche contiene más grasa y proteínas en comparación con las etapas más avanzadas de la lactación, cuando la cantidad de leche producida es mayor, pero con menor concentración de sólidos.

1.2.4 Edad de la vaca. La edad de la vaca también afecta la composición de la leche. Las vacas más jóvenes tienden a producir leche con un mayor contenido de proteínas y grasas en comparación con las vacas más viejas.

1.2.5 Estado de salud. Las vacas que padecen enfermedades, como mastitis, suelen producir leche de menor calidad composicional. La mastitis, una inflamación de la glándula mamaria, puede alterar los niveles de grasa, proteínas y otros componentes de la leche, además de incrementar el recuento de células somáticas, lo que reduce su valor comercial.

1.3 Factores que afectan la calidad microbiológica de la leche

La calidad microbiológica de la leche está relacionada con la presencia de microorganismos, que pueden incluir bacterias, levaduras, mohos y virus. La calidad microbiológica es un aspecto crítico tanto para la seguridad alimentaria como para la calidad del producto final, ya que la presencia de microorganismos patógenos puede poner en riesgo la salud del consumidor (Bernier-Dodier et al., 2011).

1.3.1 Contaminación ambiental. La leche es un sustrato altamente nutritivo para el crecimiento de bacterias y otros microorganismos. De acuerdo con Grace et al. (2020), La contaminación puede presentarse en cualquier fase del proceso de ordeño, transporte y conservación, y generalmente tiene su origen en tres fuentes principales. (Flores, C. 2005):

Ambiente de ordeño. El lugar donde se ordeña a las vacas debe estar limpio y bien mantenido para evitar la contaminación. La presencia de estiércol, polvo y otros desechos en la sala de ordeño puede incrementar el riesgo de contaminación bacteriana.

Equipo de ordeño. El equipo utilizado para el ordeño debe limpiarse y desinfectarse adecuadamente después de cada uso. Si no se realiza un mantenimiento adecuado, las bacterias pueden multiplicarse en las superficies del equipo y contaminar la leche durante el proceso de ordeño.

Personal de ordeño. Las manos y la ropa de los trabajadores que manipulan a las vacas también pueden ser una fuente de contaminación. Es fundamental seguir estrictos protocolos de higiene personal, como lavarse las manos con frecuencia y utilizar ropa limpia durante el ordeño.

1.3.2 Salud de la vaca. La salud de la vaca es un factor importante que afecta la calidad microbiológica de la leche.

Mastitis. La mastitis es la inflamación de la glándula mamaria, generalmente causada por una infección bacteriana. Las bacterias patógenas más comunes que causan mastitis incluyen *Staphylococcus aureus*, *Streptococcus agalactiae* y *Escherichia coli*. La mastitis no solo reduce la cantidad de leche producida, sino que también afecta la calidad microbiológica de la leche, ya que aumenta el recuento de células somáticas y la carga bacteriana.

Células somáticas. El recuento de células somáticas (RCS) es un indicador clave de la calidad microbiológica de la leche. Un RCS elevado indica la presencia de una infección en la glándula mamaria, generalmente mastitis. El RCS también se utiliza como indicador de calidad porque un número alto de células somáticas reduce la vida útil de la leche y puede afectar su sabor y propiedades tecnológicas.

1.3.3 Temperatura y almacenamiento. La leche debe ser enfriada inmediatamente después del ordeño para reducir el crecimiento bacteriano. Si la leche se almacena a temperaturas inadecuadas, las bacterias pueden proliferar rápidamente, comprometiendo su calidad microbiológica.

Refrigeración inmediata. Después del ordeño, la leche debe ser refrigerada a temperaturas por debajo de los 4°C. A estas temperaturas, el crecimiento bacteriano se ralentiza considerablemente, lo que permite conservar la calidad microbiológica de la leche durante el transporte y almacenamiento.

Tiempo de almacenamiento. El tiempo que la leche permanece almacenada antes de ser procesada también influye en su calidad microbiológica. Aun cuando se mantenga a bajas temperaturas, un almacenamiento prolongado puede permitir el crecimiento de bacterias psicotrópicas, que son capaces de crecer a temperaturas de refrigeración. Estas bacterias producen enzimas que pueden degradar las proteínas y las grasas de la leche, lo que afecta negativamente su calidad sensorial y tecnológica.

1.3.4 Contaminación durante el procesamiento. El procesamiento de la leche, que incluye operaciones como la pasteurización, el envasado y el transporte, también representa una oportunidad para la contaminación microbiológica si no se siguen adecuadamente los protocolos de higiene y control de calidad.

Pasteurización. La pasteurización es el proceso mediante el cual la leche se calienta a una temperatura específica durante un tiempo determinado para eliminar los microorganismos patógenos. Este proceso es esencial para garantizar la seguridad microbiológica de la leche. Sin embargo, si no se realiza correctamente, la leche puede no estar completamente libre de patógenos, lo que pone en riesgo la salud del consumidor.

1.4 Sistemas de ordeño

El ordeño es una de las etapas fundamentales en la producción de leche, ya que asegura la recolección del producto de manera eficiente y en buenas condiciones higiénicas. Tradicionalmente, el ordeño se realizaba de forma manual, pero con los avances en tecnología y la creciente demanda de productos lácteos, los sistemas de ordeño mecánico se han convertido en la opción predominante en las explotaciones lecheras modernas, aunque en Colombia el ordeño manual sigue siendo representativo, de manera especial para los pequeños productores, y en el departamento de Nariño esta con mayor presencia por sus características de minifundio (Garzón-Nivia, 2018).

1. Ordeño manual

El ordeño manual es el método tradicional para la obtención de la leche de la vaca. Este proceso implica la extracción de leche directamente de las ubres de la vaca usando las manos del ordeñador. A pesar de la aparición de sistemas mecánicos más eficientes, el ordeño manual todavía se emplea en explotaciones pequeñas o en regiones donde la inversión en maquinaria no es viable.

Proceso de ordeño manual.

El ordeño manual implica la estimulación de la ubre para provocar la eyeción de la leche, la cual se recolecta en recipientes. Este proceso requiere habilidad por parte del ordeñador, quien debe aplicar la presión adecuada sobre los pezones para no dañar la glándula mamaria ni la piel del animal.

- **Preparación del animal:** El ordeño comienza con la preparación de la vaca, lo que incluye limpiar las ubres y los pezones para eliminar la suciedad y reducir la probabilidad de contaminación bacteriana en la leche. Es importante también que la vaca esté tranquila y relajada, ya que esto favorece la liberación de la hormona oxitocina, que estimula la liberación de la leche.

- **Ordeño.** El ordeñador toma cada pezón entre el pulgar y los demás dedos, aplicando una presión suave pero firme para extraer la leche. Este proceso debe repetirse varias veces, manteniendo un ritmo constante, hasta vaciar cada cuarto mamario.
- **Post-ordeño.** Una vez finalizado el ordeño, se recomienda aplicar un sellador en los pezones para prevenir infecciones como la mastitis. La leche recolectada debe ser filtrada y refrigerada inmediatamente para preservar su calidad.

Ventajas del ordeño manual

Costos bajos. Uno de los principales beneficios del ordeño manual es que no requiere una inversión significativa en equipos, siendo adecuado para pequeños productores.

Mayor control individual. Al ordeñar manualmente, el productor puede monitorear de cerca la salud de la vaca, detectando de inmediato posibles problemas en la ubre, como la mastitis o heridas.

Desventajas del ordeño manual

Eficiencia limitada. El ordeño manual es un proceso lento y laborioso, especialmente cuando se trata de un hato grande, lo que limita su viabilidad en sistemas productivos grandes.

Mayor riesgo de contaminación. Debido al contacto directo entre las manos del ordeñador y los pezones de la vaca, el riesgo de contaminación bacteriana es mayor si no se siguen estrictas prácticas de higiene.

Fatiga del ordeñador. El trabajo constante del ordeñador puede causar fatiga física, especialmente en grandes rebaños o en jornadas prolongadas de trabajo.

2. Ordeño mecánico

El ordeño mecánico surgió como una respuesta a las limitaciones del ordeño manual. A medida que las granjas se expandieron y la demanda de leche creció, se hizo necesario desarrollar un sistema más eficiente y rápido que permitiera la extracción de grandes volúmenes de leche en menos tiempo y con menores riesgos de contaminación. Hoy en día, el ordeño mecánico es el sistema estándar en la mayoría de los sistemas de producción comercial.

Proceso de ordeño mecánico

El ordeño mecánico implica el uso de una máquina de ordeño, que imita el proceso de succión natural del ternero al pezón de la vaca. El sistema utiliza vacío para extraer la leche de las ubres sin causar daño al animal, y está compuesto por varios componentes clave:

- **Unidad de ordeño.** Cada unidad de ordeño consta de un conjunto de cuatro pezoneras (una para cada pezón), un colector y tubos que transportan la leche a un tanque de recolección. Las pezoneras están conectadas a un sistema de vacío que alterna entre succión y liberación, imitando el ritmo de succión del ternero.
- **Bomba de vacío.** La bomba de vacío crea una presión negativa en las pezoneras, lo que permite la extracción de la leche de los alvéolos mamarios sin esfuerzo físico por parte del ordeñador.
- **Tuberías de leche y aire.** La leche extraída es transportada desde la unidad de ordeño hasta un tanque de recolección mediante tuberías cerradas, lo que reduce el riesgo de contaminación por agentes externos. Las tuberías de aire permiten mantener el sistema de vacío en funcionamiento.
- **Tanque de refrigeración.** Una vez que la leche es recolectada, se almacena en un tanque de refrigeración para preservar su calidad. El enfriamiento inmediato es crucial para prevenir el crecimiento bacteriano.

Tipos de sistemas de ordeño mecánico

Existen diferentes sistemas de ordeño mecánico, dependiendo del tamaño del rebaño y las necesidades de la explotación.

- a) **Ordeño en sala.** En este sistema, las vacas son llevadas a una sala de ordeño específica, donde se alinean en hileras o en forma de espina de pescado, y las unidades de ordeño se conectan a sus ubres. La ventaja de este método es que permite ordeñar a varias vacas al mismo tiempo de manera eficiente.
- b) **Ordeño en línea.** En este sistema, las vacas se ordeñan en sus puestos de alimentación o en un establo, lo que evita la necesidad de moverlas a una sala de ordeño. Las unidades de ordeño están conectadas a una línea de tuberías que transportan la leche directamente al tanque de recolección.
- c) **Sistemas robotizados.** La tecnología más avanzada en ordeño mecánico son los sistemas robotizados, que permiten a las vacas ordeñarse cuando lo desean. Un robot identifica la vaca, limpia las ubres y conecta las pezoneras de manera automática. Estos sistemas son ideales para granjas grandes y permiten una mayor flexibilidad y menor intervención humana.

Ventajas del ordeño mecánico

Eficiencia y rapidez. El ordeño mecánico permite extraer grandes cantidades de leche en menos tiempo, lo que es esencial en granjas de mayor tamaño.

Menor contacto humano. La automatización del proceso reduce el riesgo de contaminación, ya que la leche no entra en contacto con las manos del ordeñador ni con el ambiente externo.

Consistencia en el ordeño. El sistema de vacío imita de manera constante el proceso de succión natural, lo que reduce el estrés en las vacas y asegura una extracción de leche más eficiente.

Monitoreo de la salud. Los sistemas de ordeño mecánico modernos a menudo están equipados con sensores que pueden monitorear el flujo de leche y detectar anomalías en tiempo real, lo que permite una identificación temprana de problemas de salud, como mastitis.

Desventajas del ordeño mecánico

Costo inicial elevado. La inversión en equipos de ordeño mecánico, especialmente en sistemas robotizados, es considerable. Esto puede ser un desafío para pequeñas explotaciones o para productores en países en desarrollo.

Mantenimiento. Las máquinas de ordeño requieren un mantenimiento regular para asegurar su correcto funcionamiento y evitar fallas que puedan afectar la calidad de la leche o causar molestias a las vacas.

Dependencia tecnológica. La dependencia de la tecnología significa que cualquier problema técnico puede retrasar la recolección de leche y afectar la productividad de la explotación.

Comparación entre ordeño manual y mecánico.

La elección entre el ordeño manual y mecánico depende en gran medida del tamaño de la explotación, el presupuesto disponible y la infraestructura tecnológica.

1.5 Análisis composicional de la leche cruda.

Este análisis se determina a través de su composición fisicoquímica y puede evaluarse mediante los componentes nutricionales grasa, proteína (verdaderas y séricas), caseína, lactosa, sólidos (SNG y ST), urea, ácido cítrico, perfil de ácidos grasos, ácidos grasos libres, depresión del punto de congelación, pH, detección de cetosis (BHB y acetona), leche cruda no tratada cribado (adulteración). Algunas de las anteriores características tienen influencia sobre los productos lácteos procesados (Martínez & Gómez, 2015).

1.5.1 pH de la leche. Está directamente relacionado con la acidez de la leche. En condiciones normales presenta valores que oscilan entre 6,4 y 6,6, siendo un indicativo indirecto de su calidad microbiológica y sanitaria (Duque-Quintero et al., 2018).

Materiales

- Potenciómetro
- Beaker de 20 mL

Reactivos y sustancias

- Agua destilada

Procedimiento

1. Calibre el electrodo de acuerdo con la orientación de la casa fabricante.
2. Enjuague el electrodo con agua destilada.
3. Tome 7 mL de leche en un beaker introduzca el electrodo y realice la medición del pH.

Haga la lectura directamente en la escala del aparato.

1.5.2 Densidad de la leche. Se define como la relación entre la masa y el volumen de un cuerpo (Real Academia Española, 2024). Para el caso de la leche se expresa en gramos por mililitro, su determinación se realiza por termo lactodensímetro (lactodensímetro y termómetro también sirven), y picnómetro (Jiménez Velásquez et al., 2020). Los primeros son aparatos denominados densímetros para leches y permiten determinar la densidad de la leche (Jiang et al., 2020). De acuerdo con la NTC 399, la leche debe oscilar entre 1.030 y 1.033 g/mL para cumplir con los requisitos exigidos en Colombia (ver figura 1).

Materiales

- Lactodensímetro
- Probeta de 250 mL

Procedimiento

1. Se transfiere una muestra de leche a la probeta hasta completar los 250 mL o hasta que se puede sumergir el termo lactodensímetro.
2. Se introduce el termo lactodensímetro, previniendo que este llegue a tocar o apoyar la pared de la probeta, sino que flote en forma libre.
3. Se debe esperar a que la columna de mercurio esté estable, se efectúa la lectura del termómetro y se observa a que grados lactométricos se encuentra el menisco de la parte superior (Peña, 2012).
4. Debe procurarse una lectura a 15°C, con una variación de 5 grados centígrados en la muestra.

De acuerdo con Enríquez (2012) la densidad de la leche se expresa en grados Quebene (°Q) o grados lactodensimétricos (°L) a 15°C (ver figura 1).

Con los resultados se calcula la densidad mediante la siguiente fórmula:

$$D \text{ (g/mL)} = \frac{(X \pm 0.2 + ^\circ\text{Lactométrico})}{1000} + 1$$

Dónde:

X Temperatura

± 0.2 Se suman o restan dependiendo de la temperatura de la leche. Si es igual a 15°C, en la fórmula se suma cero (0) y no 0.2.

Se suma 0.2 en la fórmula si la temperatura es igual a 16°C.

Se suma 0.4 (+0.4) en la fórmula si la temperatura es de 17°C. Es decir, por cada grado por encima de 15°C se va aumentando 0.2.

Para el caso contrario, se resta 0.2 por cada grado que esté por debajo de los 15°C.

Figura 1. Determinación de la densidad de la leche.



1.5.3 Acidez de la leche. Se determina mediante dos métodos principalmente, el cualitativo y el cuantitativo. Para el primero se tiene las pruebas de alcohol, alizarol y ebullición; mientras que, para el segundo, el método volumétrico (titulación con hidróxido de sodio), siendo este la técnica oficial para Colombia (Calderón et al., 2006).

- **Métodos cualitativos**

Prueba de alcohol. Se emplea como referencia para determinar el nivel de acidez de la leche. No se debe aceptar o rechazar una muestra basado únicamente en esta prueba, por lo tanto, cualquier resultado positivo debe confirmarse mediante cuantificación por el método volumétrico (Enriquez, 2012).

Materiales

- Gradilla
- Pipetas graduadas de 5 mL
- Tubos de ensayo (20mL)

Reactivos.

- Alcohol al 70%.

Procedimiento.

1. Se debe mezclar a partes iguales, 2 mL de leche con 2 mL de alcohol al 70%, el mezclado debe hacerse sin agitar y luego se invierte por una o dos veces.
2. La formación de pequeños o grandes grumos indican que la leche está acidificada o es anormal (lactancia avanzada, mastitis o calostro).
3. Cuando la leche tiene buena calidad, se extrajo recientemente presenta una acidez normal y por consiguiente no hay alteración al mezclarse con el alcohol.

Prueba de alizarina o de alizarol. Sirve como indicador de acidez y neutralización de la leche, esta última cuando el producto es alcalino. La leche reacciona cuando la acidez tiene un valor mayor de 0.21% de ácido láctico (AL).

Materiales.

- Tubos de ensayo con capacidad de 20 mL.
- Pipetas graduadas de 5 mL.
- Gradillas.

Reactivos.

- Solución alcohólica de alizarina al 0.2% (en alcohol al 70%).

Procedimiento.

1. Primero se mezclar la leche y la alizarina a igual volumen (2 mL) se agita, invierte y se observa su aspecto y color.
2. Si, se observan grumos y color amarillo es indicativo de alta acidez.
3. Si, no presenta las características observadas anteriormente, es indicativo de neutralización.

Prueba de ebullición. Esta prueba permite determinar la termoestabilidad de la leche, lo que evidencia cambios en su acidez como consecuencia de un mal manejo sanitario. Cuando reacciona en forma de grumos es un indicativo de que la acidez se encuentra alrededor de 0.24% (Mejía et al. 2017). Se debe recalcar que esta prueba puede ser positiva en el caso del calostro, por lo que debe evitarse este tipo de muestras.

Materiales

- Estufa
- Pipeta graduada 5 mL (varias)
- Tubos de ensayo (20 mL)
- Gradilla

Procedimiento.

- Se vierten 5 mL de leche en un tubo de ensayo; se calienta hasta ebullición.
 - Si, se observa que la leche se coagula es indicativo de acidez alta en la leche o que es calostro, de lo contrario será una leche fresca.
- **Método cuantitativo**

Método volumétrico (titulación con NaOH 0.1 N). La acidez representa la capacidad de un ácido para fusionarse con una base, se manifiesta en términos de porcentaje de ácido en 100 mL o en 100 g de muestra.. Antes de realizar la prueba se debe homogenizar la leche, es decir, se debe agitarla o mezclarla bien, el procedimiento descrito se basa en la NTC 4978 (2001) (ver figura 2).

Materiales

- Cápsula de porcelana.
- Bureta de 10 a 50 mL.
- Pipeta volumétrica de 10mL.
- Agitador.

Reactivos

- Solución de NaOH 0.1 N
- Solución alcohólica de fenolftaleína al 1%.

Procedimiento

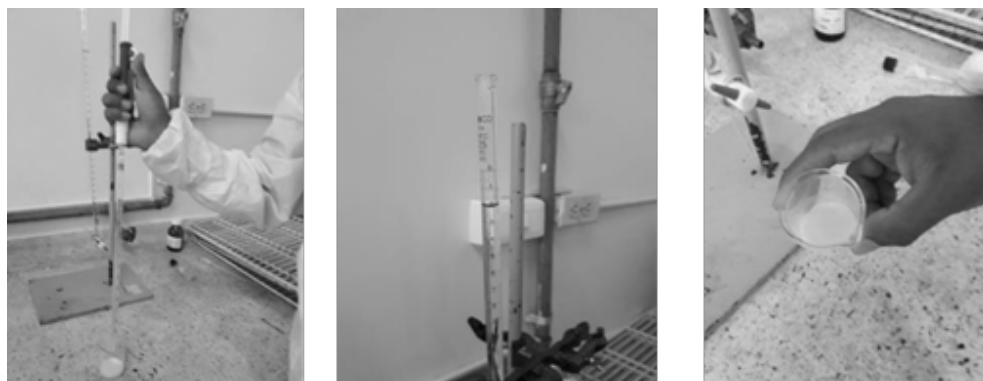
1. Se mezcla cuidadosamente la muestra de leche y transfiera 9 mL a una cápsula de porcelana con una pipeta volumétrica.
2. Se vierten 3 a 5 gotas de solución alcohólica de fenolftaleína a la leche.
3. Finalmente se titula la muestra con NaOH 0.1 N (N/10) hasta obtener una coloración rosa que es fácil de percibir cuando se compara con una muestra de leche testigo. La coloración desaparece de manera gradual por lo que es necesario que está persista por un periodo mínimo de 30 segundos.

De acuerdo con Enríquez (2012), las cifras de acidez se representan en peso de ácido láctico por 100 mL de leche, siempre y cuando se tomen 9 mL de muestra. Para conseguir este resultado, se multiplica entre 10 la cantidad de mL de NaOH empleados en la titulación, o se puede aplicar la ecuación siguiente:

$$\% \text{ ácido láctico} = \frac{(\text{mL NaOH gastado} * \text{Normalidad NaOH} * \text{eq.G ác.láctico})}{(\text{mL o g de muestra de leche})}$$

eq. G = 0.09 (P.M. ácido láctico = 90/1000 g = 0.09 g)

Figura 2. Determinación de acidez en la leche.



1.5.4 Grasa de la leche. La grasa es uno de los componentes más importantes de la leche, dado que permite la elaboración de productos como la mantequilla, que posee un alto contenido de ácidos grasos esenciales y que son nutricionalmente importantes para la salud de los consumidores. Esto último es relevante dado que la población busca una alimentación balanceada y con alto valor nutricional (Prieto-Manrique et al., 2016).

Métodos Volumétricos. Este método mide el volumen de la fase grasa, cuando la leche se somete a ácidos, álcalis, detergentes fuertes y se aplica calor y centrifugación, en aparatos graduados especialmente diseñados para ello (butirómetro) (NTC 4722, 1999). Se destacan en este grupo, el método **GERBER** en Europa (oficialmente en Colombia) y el método **BABCOCK**, en Estados Unidos. Aunque existe algunas diferencias dependiendo del tipo de leche analizada (Peña, C. 2021).

Análisis del porcentaje de grasa en la leche según el método Gerber.

Materiales

- Butirómetro de GERBER.
- Pipeta automática (con reservorio de 10 mL).
- Termómetro graduado de GERBER: baño maría.
- Pipeta automática (con reservorio de 1 mL).

Reactivos.

- Ácido sulfúrico 89.5-91% (470 ml H_2SO_4 en 30 ml de agua), $D = 1.815 \pm 0.002$ g/ml (20°C).
- Alcohol amílico, $D = 0.811 \pm 0.003$ g/ml (20°C).

Procedimiento (ver figura 3)

1. Con una pipeta automática, vierte 10 mL de ácido sulfúrico en un butirómetro Gerber que ha sido marcado previamente (es preferible no mojar el cuello del butirómetro con ácido).
2. Añada lentamente 11 mL de la muestra de leche con mucho cuidado para evitar mezclar (evitar mojar el cuello del butirómetro con la leche).
3. Añada 1 mililitro de alcohol amílico. Tape el butirómetro con firmeza, agite fuertemente con un paño, hasta que se produzca una dilusión de la parte proteica.
4. La mezcla final se centrifuga a 1200 rpm durante 3 a 5 minutos.

5. Lleve el butirómetro con la tapa invertida y revisando que este bien tapada, se lleva a baño maría con una temperatura de 65 °C durante 3 a 10 minutos.
6. Se determina la ubicación de la columna de grasa mediante el tapón de caucho.
7. Lea directamente en la escala el % de grasa.

Lectura. Manejado del tapón: coloque la copa clara transparente (grasa) dentro del bulbo graduado del butirómetro. El número de mL ocupados por la capa oleosa da directamente el porcentaje de grasa en gramos por cien. La lectura debe hacerse incluyendo los meniscos superior e inferior.

Figura 3. Determinación de la grasa de la leche.



Análisis del porcentaje de grasa en leche homogeneizada y leche pasteurizada según el método Gerber. Se utiliza los mismos materiales, reactivos y procedimientos usados y descrito en el análisis anterior, solo que se adiciona los siguientes pasos:

- a) **Segunda centrifugación.** Atornillar las tapas si es necesario e inmediatamente repetir la centrifugación. Ajuste la temperatura y lectura del butirómetro.
- b) **Tercera centrifugación.** Se efectúa como se ha descrito en el punto a, si la lectura obtenida después de la segunda centrifugación es mayor que la obtenida después de la centrifugación.
- c) Finalmente se realiza la lectura tal como se determinó en el procedimiento anterior.

Análisis del porcentaje de grasa en leches enteras por el método Babcock.

Principio. La mezcla de ácido sulfúrico con la leche, a un nivel correcto, permite que se hidrolice las proteínas en sustancias más simples, que no logran mantener los glóbulos de grasa en estado de emulsión y permiten que estos se suban sin restricciones a la superficie del líquido, uniéndose y creando una única capa de grasa (Peña, C. 2021). Se debe establecer que este método es el de referencia para países como EEUU (Martínez-Miranda & Díaz-Arango, 2016).

Materiales

- Centrífuga BABCOCK (800 a 1200 r.p.m.).
- Butirómetro para 18 g calibrados de 8% y graduados en divisiones 1/10.
- Pipetas volumétricas con capacidad para 17.6 mL (llamadas pipetas Babcock).
- Medidor o dispensador de ácido sulfúrico, o pipeta semiautomática con reservorio y capacidad para 17.5 mL.
- Baño maría a 60°C.
- Termómetro.
- Beaker.
- Compás y lápiz blanco.

Reactivos

- Ácido sulfúrico de densidad 1.82 a 20°C.
- Agua desmineralizada o destilada de 55 a 60°C.
- Muestra de leche a una temperatura de 20°C.

Procedimiento

1. Marcar los butirómetros.
2. Es necesario combinar adecuadamente la muestra de leche, manteniéndola a una temperatura de 20°C.
3. Evaluar 17.6 mL de leche utilizando la pipeta especial de Babcock, y luego pasarlos totalmente al butirómetro o recipiente.
4. Añadir 17.5 mL de ácido sulfúrico de g.e. = 1.82; agregarlo en tres porciones agitando cada vez con movimientos rotatorios.
5. Colocar los butirómetros en posición opuesta en la centrífuga de Babcock y se centrifuga por 5 min.
6. Añadir agua caliente a 60°C. Hasta que inicie el cuello del butirómetro.
7. Se permite centrifugar por dos minutos.
8. Agregar agua a 60°C hasta el cuello del butirómetro sin superar la última graduación.
9. Realizar una nueva centrifugación por un minuto.

Sacar las botellas de la centrifuga. Si ésta tiene calefacción se puede leer inmediatamente; de lo contrario, es necesario sumergir los butirómetros en un baño maría a 60°C durante 3 a 5 minutos.

Leer la columna de grasa que debe ser cristalina y clara, de color amarillo dorado y libre de partículas en suspensión, utilizando un compás especial y teniendo cuidado de efectuar la lectura con base en la parte superior del menisco superior y la parte inferior del menisco inferior, obteniendo así el porcentaje (%) de grasa. El resultado se calcula en relación al peso, no al volumen (Guevara-Freire et al., 2019).

Precauciones y observaciones. El ácido sulfúrico (H_2SO_4) es muy corrosivo, por ello, su manejo debe ser muy cuidadoso. La botella debe permanecer en posición inclinada y el cuello dirigido hacia la pared, el ácido se debe agregar con suavidad y la agitación del butirómetro con movimientos circulares. El H_2SO_4 debe ser agregado a la leche en tres etapas, con el fin

de evitar temperaturas superiores a los 70°C, ya que temperaturas más altas traen por resultado partículas negras en la columna de grasa, debido a que se carboniza la materia orgánica (Gonzales & Medina, 2005).

Los butirómetros para usar deben estar limpios, especialmente de grada, estos se deben colocar en la centrífuga de tal manera que queden equilibrados. Al efectuar la lectura, el butirómetro se coloca frente a los ojos, con el fin de evitar, el error de paralelaje, para la medición utilice el compás. Cuando se observe una grasa de color amarillo muy claro, el ácido utilizado es débil o la leche estaba muy fría al momento de agregarla.

Si, por el contrario, se observa un color oscuro en la grasa o partículas negras, se determina que el ácido es muy fuerte o se adicionó demasiado rápido. Cuando se observan muestra con anillos de color violeta es indicativo de la presencia de formol o formalina; Para evitar esto, se adiciona 0.5 g de cloruro férrico por cada litro de ácido sulfúrico. Cuando se mezcla la leche quemada con el ácido se puede ver una anillo similar al producido por el formaldehído, por lo que no debe confundirse (Gonzales & Medina, 2005).

Determinación de la grasa en quesos Segun la (NTC 666, 1996).

Materiales

- Butirómetro de GERBER.
- Pipeta automática (con reservorio de 10 mL).
- Termómetro graduado de GERBER
- Baño maría.
- Pipeta automática (con reservorio de 1 ml).

Reactivos

- Ácido sulfúrico 89.5-91% (470 ml H₂SO₄ en 30 ml de agua), D = 1.815 ± 0.002 g/ml (20°C).
- Alcohol amílico, D = 0.811 ± 0.003 g/ml (20°C).

Procedimiento

1. Se ralla el queso, de manera que quede bien fino.
2. Se pesa máximo 9 g del queso en el butirómetro de escala 0-50.
3. Se toma 9 mL de agua destilada a una temperatura de 60°C (esto hace que cuando se adicione el ácido, su acción no sea tan fuerte).
4. Se adiciona H_2SO_4 al 98%.
5. Se centrifuga por 5 minutos.
6. Luego colocar agua a 50°C y se centrifuga por dos (2) minutos. Después, colocamos un poco más de agua a 50°C y se centrifuga por un (1) minuto.
7. Finalmente, se hace lectura directa.

1.5.5 Proteína de la leche. El contenido de proteína en la leche es muy importante, porque de él depende el rendimiento de queso, uno de los productos más apetecidos por el consumidor. Además, su valor biológico es alto para el ser humano, por lo que los productos derivados de este nutriente tienen un valor nutricional bueno para la población. La determinación de este parámetro se basa en la NTC 5025 (2001).

Materiales

- Baño de agua
- Bureta
- Reguladores de ebullición
- Matraces Kjeldhal
- Balanza analítica
- Probetas graduadas
- Aparato de digestión
- Aparato de destilación
- Erlenmeyer
- Bloque de digestión
- Tubos de digestión
- Recolector de vapores
- Unidad de destilación

- Papel de filtro
- Vaso de precipitado
- Pipetas

Reactivos

- Sulfato de potasio
- Solución de sulfato de cobre
- Ácido sulfúrico 96%
- Hidróxido de sodio 50%
- Solución de ácido bórico
- Sulfato de amonio

Procedimiento (NTC 5025, 2001)

- 1. Muestra para ensayo y tratamiento previo.** En un matraz Kjeldahl limpio y seco, se adicionan 5 a 10 reguladores de ebullición, 15 g de sulfato de potasio, 1.0 mL de la solución de sulfato de cobre, aproximadamente $5 \pm 0,1$ mL de la muestra pesada y 25 mL del ácido sulfúrico. Se mezcla con suavidad el contenido del matraz Kjeldahl.
- 2. Determinación (digestión).** Se enciende las cámaras de extracción antes de iniciar la digestión. Se calienta el matraz Kjeldahl y su contenido en el aparato digestivo, ajustando el nivel de calor al mínimo posible, de tal forma que la muestra para ensayo que ha sido digerida no se eleve hasta llegar al cuello del matraz Kjeldahl. La digestión se lleva a cabo con esta configuración del calentador durante un mínimo de 20 min o hasta que surja vapor blanco en el matraz. Se eleva la temperatura del calentador hasta la mitad del ajuste máximo y se realiza un incremento en la temperatura del calentador. Persiste la fase de calentamiento durante 15 minutos. Una vez que se ha digerido la muestra para el ensayo (que muestra un color azul verdoso claro), se prosigue con el calentamiento durante 1 a 1.5 h en el ajuste máximo. La duración total de la digestión oscilará entre 1.8 y 2.25 h.
- 3. Destilación.** Se abre la llave de suministro de agua al condensador, en el aparato de destilación. Se adicionan 75 ml de solución de hidróxido de sodio a la muestra para ensayo digerida diluida vertiendo cuidadosamente la solución en el cuello inclinado del matraz Kjeldahl hacien-

do que en el fondo del matraz se forme una capa. Es necesario tener una interfaz limpia entre ambas soluciones. Justo después de añadir la solución de hidróxido de sodio al matraz Kjeldahl, se enlaza al dispositivo de destilación. Este dispositivo posee un tubo de salida del condensador, cuya punta está inmersa en 50 mL de la solución de ácido bórico presente en un matraz cónico. Se agita con fuerza el matraz Kjeldahl para combinar completamente su contenido hasta que ya no se perciban capas distintas de solución en el matraz. Se sitúa el matraz en la estufa. Esto se apaga para alcanzar una temperatura adecuada para hervir la mezcla. La destilación sigue en marcha hasta que se inicie la ebullición irregular (ebullición intermitente), y entonces se desconecta el matraz Kjeldahl. Se cierra el suministro del agua del condensador. La rapidez de destilación debe ser suficiente para obtener alrededor de 150 mL de destilado cuando se produzca una ebullición irregular (ebullición intermitente) y el volumen del contenido del matraz cónico sea cerca de 200 mL. Si la cantidad de destilado recolectado es inferior a 150 mL, es probable que se añadan menos de 300 mL de agua para diluir la muestra para el ensayo de digerir. El condensador tiene que ser eficiente de manera que la temperatura del contenido del matraz cónico no supere los 25 °C durante el proceso de destilación.

- 4. Titulación.** La solución receptora de ácido bórico se conoce como la solución volumétrica estándar de ácido clorhídrico hasta la primera línea de color rosa. Se registra al menos una lectura de 0.05 mL en la bureta. Una placa de agitación con iluminación puede ayudar a identificar el punto final.
- 5. Ensayo de los blancos.** Se lleva un seguimiento de los valores alcanzados para los espacios blancos. Si estos cambios suceden, es necesario determinar la causa. Los blancos siempre se identifican con el mismo título que se utiliza para las muestras de prueba. Se lleva a cabo un ensayo blanco conforme al procedimiento explicado previamente. La muestra experimental se sustituye con 5 mL de agua con cerca de 0.85 g de sacarosa. Se lleva un seguimiento de los valores obtenidos para los blancos. Si éstos cambian, se identifica la causa.

6. Ensayos de recuperación. Se determina que no haya pérdida de nitrógeno a través de una mezcla de 0.85 g de sacarosa y 0.12 g de sulfato de amonio.

7. Cálculo y expresión de resultados. Los cálculos se realizarán de acuerdo con la fórmula propuesta en la NTC 5065 (2001).

Dónde:

Wn = es el contenido de nitrógeno de la muestra, expresado como porcentaje en masa (p. 9).

Vs = es el valor numérico del volumen de la solución volumétrica estándar de ácido clorhídrico (véase el numeral 3.7) empleado en la determinación (véase el numeral 5.4.2.3), en mililitros, expresados por lo menos con aproximación a 0,05 (p. 9).

Vb = es el valor numérico del volumen de la solución volumétrica estándar de ácido clorhídrico (véase el numeral 3.7) empleado en el ensayo blanco (numeral 5.5), en mililitros, expresado por lo menos con aproximación a 0,05 (p. 9).

M = es el valor numérico de la molaridad exacta de la solución volumétrica estándar de ácido (véase el numeral 3.7), expresado con cuatro decimales;

Wt = es la masa de la muestra para ensayo (véase el numeral 5.4.1) en gramos, expresada con aproximación a 0,1 (p. 9).

8. Expresión de resultados. Se expresa el contenido de nitrógeno con cuatro decimales. Cálculo del contenido de proteína cruda. El contenido de proteína cruda, expresado como porcentaje en masa, se obtiene mediante la multiplicación del contenido de nitrógeno por 6,38.

1.5.6 Sólidos no grasos (SNG). Este parámetro se calcula teniendo en cuenta los valores de grasa y densidad de la leche. Se caracteriza por estar compuesto por proteína, lactosa y sales minerales, y reviste una alta importancia en la elaboración de productos como los helados (Consejo Nacional Lácteo, 2010).

Los Sólidos No Grasos (SNG) se calculan de acuerdo con lo establecido en la NTC 399 (2002):

$$S.N.G = 250 (\text{densidad} - 1) + (0.2 * \% \text{grasa}) + 0.14$$

1.5.7 Sólidos totales. Al igual que los SNG, este parámetro se calcula mediante fórmula. El parámetro representa todas las fracciones sólidas presentes en la leche, por lo que excluye únicamente el contenido de agua.

Los Sólidos Totales (ST) se determina de la siguiente forma:

$$ST = SNG + \% \text{grasa}$$

1.5.8 Determinación del contenido composicional de la leche mediante equipos especializados. La industria láctea necesita mejorar y acelerar la evaluación de la materia prima que llega a los centros de acopio, dado el volumen de leche que necesita evaluar. Por ello, las empresas de tecnología en el sector lácteo han incrementado la producción de equipos rápidos y confiables en la medición directa de los parámetros físico-químicos más importantes para la industria. Dentro de este grupo se encuentran el lactoscan y ekomilk, que son dispositivos que, de manera fácil y rápida, muestran información sobre proteína, grasa y sólidos no grasos de muestras de leche en un tiempo muy inferior a los métodos tradicionales.

Lactoscan. Este tipo de equipo permite analizar los parámetros grasa, proteína, sólidos no grasos, lactosa, densidad y punto crioscópico en una sola muestra, facilitando el control de numerosas muestras de leche, realizando una sistematización y organización del trabajo en la industria láctea. El Lactoscan utiliza tecnología de ultrasonido para la determinación de los parámetros en leche y se caracteriza por su fácil mantenimiento y calibración, muestras pequeñas de leche para la medición y no requiere el manejo de productos químicos peligrosos (LACTOSCAN, 2024).

Procedimiento

Primero se realizará una limpieza del equipo con detergente ácido (suministrado por la casa comercial), con el fin de eliminar sustancias extrañas y leche de otros muestreos. Enseguida se toma un recipiente con aproximadamente 25 mL de leche, al cual se introduce la manguera de absorción del equipo. Luego se dará la orden al equipo para que analice la leche; este absorberá la muestra y luego del procesamiento, los resultados se pueden visualizar en el display. Se realiza una limpieza antes de colocar una nueva muestra. Como tarea final, se realizará una nueva limpieza (rutina de lavado), con el fin de eliminar residuos de leche en el equipo.

Ekomilk. El analizador toma una pequeña muestra de leche y la expone a una onda ultrasónica. Un microprocesador procesa los resultados al medir parámetros como materia grasa, sólidos no grasos, proteína, densidad, punto de congelación y agua añadida. Este equipo es ampliamente utilizado en la industria láctea y su funcionamiento es similar al del Lactoscan. Tiene la capacidad de analizar leche cruda y procesada de vacas, cabras y ovejas. Los resultados se imprimen en un tiquete (ver figura 4).

Figura 4. Equipo Ekomilk para determinación de parámetros físico-químicos en leche.



1.6 Adición de conservantes.

En muchos casos, los productores o comercializadores de leche cruda adicionan a la leche conservantes, con el fin de evitar el crecimiento microbiano y de esta manera impedir su deterioro. Para la industria láctea, esto es malo, dado que afecta algunos productos que se laboran con microorganismos como las bebidas fermentadas y la maduración de quesos, ya que estos aditivos inhiben el crecimiento de bacterias benéficas, y representan una amenaza para la salud humana.

1.6.1 Formol o solución de formaldehído: prueba de Hehner (Enríquez, 2012). Este tipo de productos pueden ser usados en la leche como agentes antimicrobianos, pero con consecuencias desastrosas en la salud intestinal del consumidor (Jimenez et al., s.d.). Algunos productores ante la falta de correctos procedimientos de higiene y limpieza durante el ordeño, presentan dificultades en la obtención de un producto (leche) libre de microorganismos patógenos, por lo que adicionan este tipo de productos con el fin de engañar a las empresas acopiadoras.

Materiales

- Tubos de ensayo
- Mechero o calentador

Reactivos (Peña, 2012)

- Solución acuosa de cloruro férrico al 1% (recién preparada).
- Ácido sulfúrico diluido (1 + 1) en volumen.

Procedimiento

1. Colocar 54 mL de leche en un tubo de ensayo.
2. Agregamos 1 gota de cloruro férrico y 1 mililitro de ácido sulfúrico previamente diluido. Mezclar y calentar hasta ebullición.

- **Interpretación.** Se observa un color violeta en la muestra cuando se adicionó formaldehído.
- **Observación.** En muestras donde la concentración de formaldehído es alta, la prueba pierde sensibilidad, para lo cual se recomienda diluir la muestra.

1.6.2 Agua oxigenada o solución de peróxido de hidrógeno. Al igual que en el caso anterior, la adición de estos compuestos tiene como fin la conservación de la leche por mayores periodos de tiempo. Sin embargo, su uso está prohibido por las autoridades sanitarias, debido a los efectos negativos sobre la salud del consumidor final (ver figura 5). Para ello, la industria ha determinado el procedimiento de Arnold y Mentzer para su identificación, el cual se describe a continuación (Restrepo, et al. 2018).

Materiales

- Tubos de ensayo

Reactivos

- Solución de pentóxido de vanadio al 1% m/v (V_2O_5) en ácido sulfúrico diluido. El ácido sulfúrico diluido se prepara agregando cuidadosamente 6 ml de H_2SO_4 con 95 a 98% de pureza a 94 ml de agua.

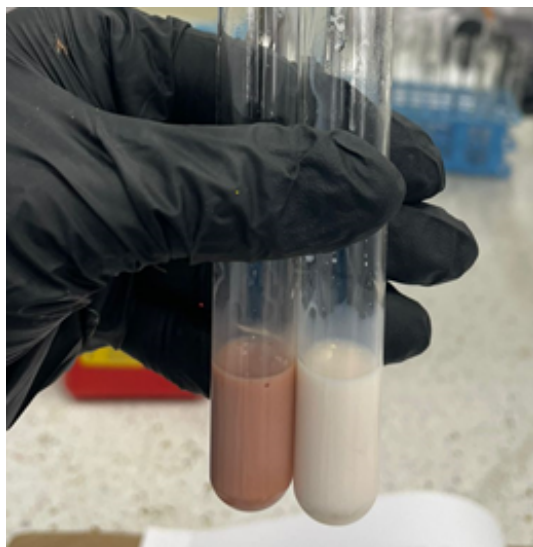
Procedimiento

1. Tomar 10 mL de leche en un tubo de ensayo y adicionar 5 gotas de reactivo.
2. Utilizar como testigos leche fresca y leche con agua oxigenada.
3. Observar el color.

Interpretación

La aparición de un color rosado (salmón) indica la presencia de agua oxigenada (H_2O_2).

Figura 5. Muestra positiva a presencia de agua oxigenada en la leche.



1.7 Identificación de adulterantes.

La leche durante mucho tiempo se ha adulterado de diferentes maneras. Esto llevó a la industria a desarrollar métodos eficientes en la detección de este tipo de adulterantes. Un adulterante físico común es la adición de agua con el fin de incrementar su volumen. Sin embargo, esto altera las proporciones en que se encuentran los componentes de la leche y por consiguiente su calidad (Ocampo et al., 2016).

En otros casos, cuando la leche tiene mucha acidez, se le agrega sal de sodio para disminuirla y así evitar valores fuera de lo dispuesto por el código alimentario. Esta actividad está prohibida por lo que se evalúa al momento de la recepción de la leche en el centro de acopio (Bordin et al., 2001).

1.7.1 Harinas y almidones.

Prueba del Lugol (ver figura 6, Enríquez, 2012)

Materiales

- Tubo de ensayo

Reactivos

- Solución de yoduro de potasio
- Yodo 1 g
- Yoduro de potasio 2 g
- Agua destilada 300 ml

Procedimiento (Peña, 2021)

1. Se coloca 5 mL de muestra en un tubo de ensayo se lleva a hervir, se enfría y finalmente se agrega 5 gotas de reactivo.

Interpretación

Se observa un tono azul que señala la existencia de almidón o harina. Una tonalidad amarilla señala la falta de estos agentes adulterantes. Se debe eliminar el color azul debido al calentamiento.

Figura 6. Determinación de presencia de almidón en la leche.



1.7.2 Sacarosa. La sacarosa se adiciona a la leche con el fin de ocultar la adición de agua, ya que la sacarosa no permite que los resultados del refractómetro tengan datos confiables y precisos (Mojica-Rodríguez et al., 2019).

Materiales

- Tubos de ensayo

Reactivos (Enríquez, 2012)

- Solución acuosa al 2% de bilis de buey.
- Ácido clorhídrico puro del 37% y Densidad = 1.19.

Procedimiento (Enríquez, 2012)

1. Tomar un tubo de ensayo y adiciona 4 gotas de leche, 4 gotas de solución de bilis de Buey con 3 mL de HCL. Luego se agita el tubo para mezclar bien y se pone en baño María a 50°C exactamente durante 5 minutos.

Interpretación

Si, se observa un color rojo violeta es positivo para sacarosa.

La aparición de color rojizo tenue se considera negativa (ver figura 7).

Figura 7. Pruebas para la sacarosa.



1.7.3 Suero. La concentración de la proteína del suero, por el uso de la ultrafiltración, ha abierto un nuevo tipo de adulteración: la adición de suero de leche, por lo que la industria ha tendido que desarrollar metodologías que permitan su detección en la materia prima que decepcionan (Bordin et al., 2001).

Materiales

- Tubos de ensayo

Reactivos

- Peróxido de hidrógeno al 35%.

Procedimiento (Enríquez, 2012)

1. Ponga leche cruda (20 mL) en un tubo de ensayo.
2. Incubarlos a 37°C por 30 minutos.
3. Tomar de la muestra incubada 5 mL.
4. Adicionar una gota de peróxido.
5. Llevar la muestra a ebullición.

Interpretación

Si hay coagulación es positiva. Si no hay coagulación es negativa.

Nota: cuando el valor inicial de acidez de la leche es superior a 0.18%, la prueba no puede realizarse, dado que el resultado puede ser un falso-positivo.

1.7.4 Identificación de cloruros. La adición de cloruros permite restablecer propiedades fisicoquímicas de la leche con el fin de enmascarar el aguado de la leche (Peña, 2021).

Materiales

- Tubos de ensayo

Reactivos

- Solución acuosa de nitrato de plata de concentración 1,415 g/L.
- Solución acuosa de cromato de potasio al 10% m/v.

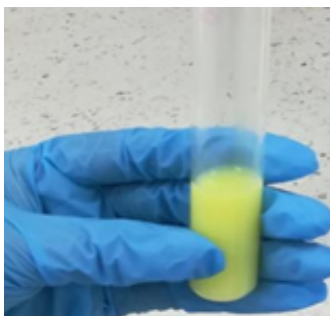
Procedimiento (Peña, 2021)

1. Primero coloca 5 mL de solución de nitrato de plata en un tubo de ensayo. Se agrega 2 gotas de la solución de cromato de potasio, se agita y se adiciona 1 mL de leche, para finalmente mezclar.

Interpretación

Si ocurre una tonalidad roja ladrillo, la cantidad de cloruro en la leche que se representa como cloruro de sodio es menor a 2.3 g/L; si la cantidad de cloruros en la leche es superior, se genera de inmediato una tonalidad amarilla canario. En este escenario, se sospecha que la muestra contenga cloruros. Así pues, es necesario llevar a cabo la determinación cuantitativa (ver figura 8).

Figura 8. Prueba de cloruros.



1.7.5 Determinación de orina en la leche, prueba de pupo (Peña, 2021)

Materiales

- Tubos de ensayo

Reactivos

- Ácido clorhídrico (Densidad = 1.1-9).
- Etanol absoluto.
- Ácido nítrico (Densidad = 1.42).

Método: se toma 5 mL de leche en un tubo de ensayo, se añade 5 mL de HCl, 5 mL de etanol absoluto y 5 mL de ácido nítrico. Cuando la reacción presenta un color rosa - violáceo o fluorescencia azulada se determina la presencia de orina.

1.7.5 Agua adicionada. Para ello se utiliza el punto crioscópico, este determina el punto de congelamiento de la leche. Dado que este producto es una emulsión con una serie de sustancias sólidas disueltas en el agua, el punto crioscópico se ve alterado, lo que disminuye el punto de congelamiento de la misma.

Para ello, la industria ha desarrollado equipos especializados en su determinación, como se mencionó anteriormente, el Lactoscan permite su identificación. Aunque no es el único.

Método refractométrico (lactómetro de bertuzzi). El refractómetro es un instrumento utilizado para medir la densidad de líquidos a través de la refracción de la luz, que permite identificar la adición de agua a la leche.

Materiales

- Refractómetro

Procedimiento (Peña, 2021)

1. Levantar el prisma superior del lactómetro y limpiar los dos prismas. Se deposita de 3 a 4 gotas de agua destilada que cubran la superficie.
2. La primera lectura obtenida será el testigo o la calibración cero (0) del lactómetro.
3. Tras la secado de los prismas con un papel suave, se ubican diversas gotas de una leche de patrón normal de la región y se realiza la lectura (2) en la escala graduada del dispositivo.
4. Finalmente, se limpian y secan todos los prismas, se colocan varias gotas de leche que va a ser analizada, luego se procede a realizar la lectura correspondiente a la escala de 0 a 14% refractómetro.

Teniendo los valores de lectura se realizan los cálculos respectivos que determinan el porcentaje de agua adicionada a la leche.

Cálculos

Ejemplo: Lectura con el agua destilada = + 0.8

Lectura con la leche patrón = 9.0

Lectura con la leche problema = 4.5

$$9.0 - 0.8 = 8.2 \text{ y } 4.5 - 0.8 = 3.7$$

$$8.2 - 3.7 = 4.5 \times 11 = 49.5\% \text{ de agua adición}$$

1.7.6 Hipocloritos y dióxido de cloro (bacoxin)

Materiales

- Tubos de ensayo

Reactivos

- Ácido clorhídrico diluido.
- Agua destilada 100 mL.
- Solución acuosa de yoduro de potasio al 4.2% m/v.

- * La preparación debe ser empleada inmediatamente.

La solución indicadora de almidón se prepara de la siguiente manera: se hierve 0.8 g de almidón soluble por un minuto en 100 mL de agua destilada, se deja enfriar. Esta solución debe emplearse recién preparada.

Procedimiento (Restrepo et al. 20189)

1. Se coloca 2 mL de leche en un tubo de ensayo, se adiciona 1 ml de ácido clorhídrico diluido, 1 ml de solución de yoduro de potasio y 0.5 ml de la solución de almidón.
2. Agitar para obtener una mezcla homogénea.
3. Observar los resultados.

Interpretación: si la muestra presenta una coloración azul revela cloro disponible, ya sea estos de hipocloritos, cloraminas, dióxido de cloro o agua oxigenada. Efectuar la prueba de identificación de agua oxigenada por el método de pentóxido de vanadio, para descartar su presencia (ver figura 9).

Figura 9. Prueba de cloro en leche.



1.7.7 Prueba para inhibidores (Peña, 2021)

Reactivo

- Cultivos activos (yogur).

Procedimiento

1. Inocular el 10% de leche estéril con cultivo activo (usualmente yogur) en un frasco pequeño o tubo de ensayo, y luego ponerla en el horno a la temperatura ideal de crecimiento (42°C). Después de 2 hora se observa si hay acidez y coagulación. Cuando la acidez es baja, los resultados pueden ser positivos.

1.7.8 Prueba fermentativa (Peña, 2021)

Materiales

- Tubos de ensayo
- Baño agua fría

Reactivos

- 1.2 mL de una solución acuosa al 0.5% de azul de metileno.
- 200 mL de una solución estéril de glucosa al 1% (además, 0.025% de Cl_2Ca).

Procedimiento

1. Los reactivos son mezclados y se reservan.
2. Se toma 10 mL de leche y se adiciona al tubo con la anterior mezcla, a una temperatura de 85°C durante 5 minutos.
3. Luego se coloca los tubos en agua fría y se añade 2 mL de los reactivos y se mezclan.
4. Finalmente, los tubos se someten a incubación en baño maría a 43°C. Las muestras que, tras 100 minutos, aún no han sido decoloradas, poseen más de 0.02 UI de penicilina, lo que equivale a un mL de leche (Peña, 2021).

1.8 Neutralizantes

1.8.1 Neutralizantes alcalinos. En este grupo podemos encontrar el bicarbonato de sodio, el hidróxido de sodio, el carbonato de sodio, la cal, orina y jabones alcalinos que tienen la capacidad de neutralizar el ácido láctico cuanto se va formando.

Materiales

- Tubos de ensayo
- Estufa

Reactivos

- Solución acuosa de oxalato de potasio al 30% m/v.
- Solución de fenolftaleína al 2% en alcohol etílico de 95 G.L. (m/v).

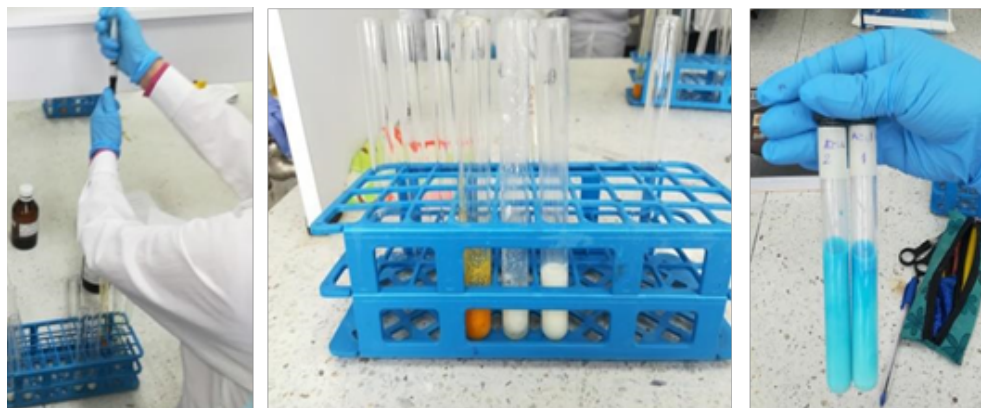
Procedimiento

1. Tomar 5 mL de leche y ponerlos en un tubo de ensayo.
2. Llevar a calentamiento la muestra hasta que llegue al punto de ebullición, mientras se agita de manera constante durante 3 minutos.
3. Dejar enfriar y adicionar 3-5 gotas de solución de oxalato de potasio, mezclar bien.
4. Finalmente, se debe adicionar 3 gotas de fenolftaleína.

Interpretación

Una coloración rosada indica la presencia de alcalinizantes en la leche. Efectuar la prueba con un testigo negativo consistente en leche pura fresca y un testigo positivo consistente en leche pura fresca neutralizada (ver figura 10).

Figura 10. Determinación de adulterantes.



1.8.2 Método de yoduro de potasio (Peña, 2021). Si, se desea averiguar que el peróxido de hidrógeno fue destruido por la catalasa realizar los siguiente: Añadir unas gotas de KI (solución al 35%) sobre 5 mL de la muestra (leche).

Interpretación: La ausencia o presencia de peróxido de hidrógeno (H_2O_2) en la leche se interprete así:

Si, se observar una coloración amarillo canario
es positiva a peróxido de hidrógeno.

Si, la muestra mantiene su color natural, la prueba es negativa.

Si el color amarillo persiste, realizar otra prueba tras esperar un periodo prudencial, o añadir un adicional de catalasa y dejar reposar la leche de nuevo. Repetir el análisis.

1.9 Análisis microbiológico de la leche

La leche es un medio adecuado para el crecimiento de bacterias, debido a su alto contenido nutricional: carbohidratos, grasas, proteínas, diversos minerales, vitaminas, todos ellos dispersos en un medio acuoso, por lo que mejora las condiciones para la proliferación de todo tipo de bacterias. Por ello, es necesario tener sistemas de aseguramiento de la calidad con el fin de obtener un producto inocuo y nutritivo para el consumidor (IICA, 1999).

Por lo anterior, la industria ha determinado un grupo de microorganismos como indicadores de la calidad de la leche. Entre estos encontramos: *Escherichia coli* y otros coliformes (especies de varios géneros de la familia Enterobacteriácea), *Staphylococcus aureus*, *Clostridium botulinum* y *Clostridium perfringens*. Estos microorganismos son causantes del deterioro de la leche y, sobre todo, algunos son causantes de enfermedades toxialimentarias, por lo que son preocupación en salud pública y deben ser valuados en la leche (Tamine & Robinson, 1990).

1.9.1 Coliformes totales y fecales. Este tipo de microorganismos presentan serias dificultades para la salud del consumidor, especialmente cuando se realiza por consumo directo, de igual manera es importante para los derivados, que pueden contaminar los productos obtenidos y en algunos casos evitar su correcta fabricación.

Dilución de la muestra de leche. Para realizar recuentos microbiológicos debemos realizar diluciones en la muestra, esto debido, a que algunas veces el crecimiento microbiano es muy grande. Dado que existe la posibilidad de que el recuento en placa muestre mucho crecimiento que imposibilite el conteo de colonias.

Como primera medida se realizará la preparación del diluyente de uso general (NTC 4491-1, 2005), de la siguiente manera:

Materiales

- Erlenmeyer de 1000 mL
- Mezclador

Reactivos

- Peptona 1.0g
- Cloruro de sodio 8.5g
- Agua destilada desionizada 1000 mL

Procedimiento.

Los componentes deben ser mezclados y diluidos en un matraz Erlenmeyer, para mejorar la dilución de la mezcla se recurre al calentamiento de la misma.

Dilución. Este procedimiento se realiza de la siguiente manera:

Materiales

- Micropipetas estériles de 1 mL
- Tubos de ensayo estériles
- Puntas de micropipeta estériles

Reactivos

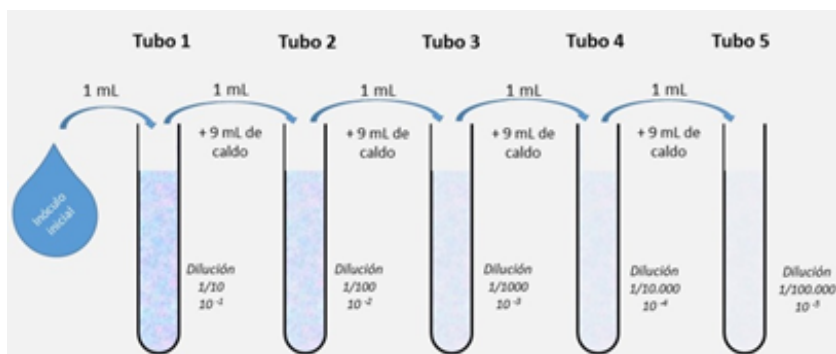
- Agua peptonada al 0.1%.

Procedimiento.

1. La muestra de leche debe llegar refrigerada y mantenerse así hasta el inicio de la evaluación.
2. Se toman 5 tubos de ensayo y se adiciona a cada uno 9 mL de agua peptonada, luego se rotula cada tubo como 10^1 , 10^2 , 10^3 , 10^4 y 10^5 .
3. Las muestras de leche deben ser desinfectadas con alcohol de 70% y agitados antes de destapados.

4. El plazo para el estudio de la muestra no debe exceder a veinte minutos.
5. Como primera dilución se toma 1 mL de la leche, que se deposita en el primer tubo de ensayo (10^1), preparado en el paso b.
6. Para las demás diluciones debemos transferir 1 mL de la dilución anterior al siguiente y así sucesivamente hasta el último tubo (figura 11). Cada dilución consecutiva reduce la concentración en 10 veces.

Figura 11. Diluciones para determinar contenido microbiológico.



Coliformes totales y fecales. El método más utilizado es el número más probable, el cual se describe a continuación (prueba presuntiva) (ver figuras 12 y 13):

Materiales

- Tubos de ensayo
- Tubos Durham
- Incubadora

Reactivos

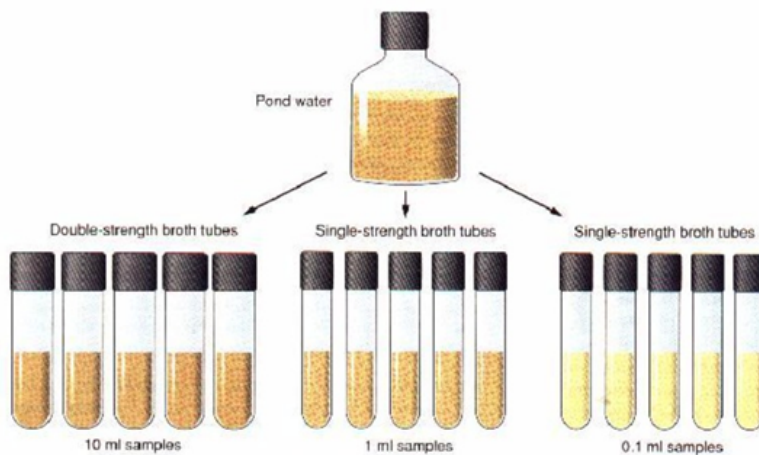
- Caldo verde bilis brillante

Procedimiento.

1. Se cogen 9 tubos de ensayo y se adiciona en cada uno 9 mL de caldo verde bilis brillante, a cada tubo se le coloca un tubo Durham en forma invertida, (boca abajo).
2. Se toma 1 mL de los tubos preparados anteriormente, para nuestro caso del 1 al 3 (10^1 , 10^2 y 10^3). El procedimiento se lleva a cabo en triplicado, lo que señala tres muestras por cada dilución.
3. Los tubos se deben llevar a incubar por 24 horas a 37°C .
4. Pasado el tiempo de incubación se observa si hay producción de gas dentro de los tubos Durham, siendo un prueba de la presencia de coliformes totales.

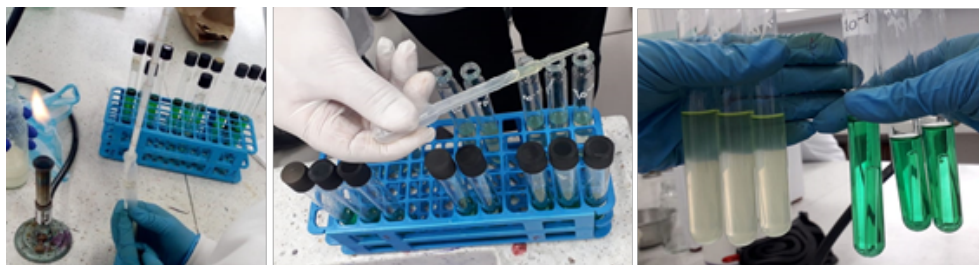
Es importante destacar que si tras 24 horas de incubación no se detectan tubos positivos, se mantienen las muestras a 48 horas para asegurar un resultado apropiado.

Figura 12. Determinación de coliformes totales (técnica del número más probable).



Fuente: Geocities (s.f)

Figura 13. Proceso de identificación de coliformes.



Prueba confirmativa para coliformes totales y fecales (Basada en Enríquez, (2012)).

Materiales

- Tubos de ensayo
- Tubos Durham
- Incubadora

Reactivos

- Caldo brilla
- Caldo triptona.
- Reactivo de Kovacs

Procedimiento

1. Verificar que los tubos que generan gas en la prueba de sospecha son positivos al inocular 3 a 5 gotas en otros tubos que contienen caldo brillo y triptona.
2. Los tubos se inoculan a 44.5 °C durante 24 horas en el baño de María, y a 37°C se inoculan los tubos con caldo triptona.
3. Luego de las 24 horas anotar los tubos que muestren producción de gas.
4. Los tubos seleccionados anteriormente, se deben revelar con caldo triptona y el reactivo de Kovacs, agitar suavemente y observar la presencia de un anillo rojo en la superficie para un tubo positivo, de lo contrario será negativo.

Interpretación

Con este fin, examinamos la tabla del NMP (Numero Más Probable) para determinar el resultado en función del número de tubos positivos. Esto se aplica tanto a los coliformes totales, basándonos en el resultado de la prueba confirmativa, como a los coliformes fecales, basándonos en el caldo brillo y el caldo triptona incubados a 44.5°C (ver Tabla 1).

Nota

- » Cada uno de los tubos que muestren producción de gas son considerados positivos, sin importar el espacio que ocupen en el tubo Durham. Es necesario distinguir el espacio que pueda surgir por espacios saturados de gas durante la preparación del medio (falsos positivos).
- » Si dan positivos en caldo verde bilis brillante, son positivos para coliformes totales.
- » Son positivos para coliformes fecales, cuando presentan resultados positivos tanto en el caldo verde bilis brillante como en el caldo triptona.
- » Si se obtiene un resultado positivo en las diluciones 10-1, 10-2 y 10-3, se adopta la dilución 10-2, o sea, la dilución intermedia. Si las diluciones 10-1 y 10-2 dan positivo, se emplea la dilución 10-2. Si una sola dilución 10-1 da positivo, se toma este valor para escribirlo directamente en la tabla de NMP, evitando así el uso de la fórmula del NMP para determinar la cantidad de microorganismos por g o mL.
- » La lectura se realiza en relación al NMP presente en la tabla. Para calcular el NMP de microorganismos por g o mL, se considera la fórmula siguiente:

$$\text{NMP/g ó mL} = \frac{(\text{NMP de la tabla} * \text{factor de dilución intermedio})}{100}$$

100

- a) Los tubos positivos de la prueba de confirmación deben ser sembrar mediante estría, realizando una asada de cada tubo en la superficie de la placa de agar EMB (Eosina azul de metileno).
- b) Incubar las cajas invertidas a 37°C por 24-48 horas.
- c) Después de este periodo, se realizan las mediciones de las colonias habituales de coliformes, las cuales muestran un resplandor verde metálico.

Tabla 1. Tablas del número más probable.

A			NMP	A			NMP
0	1	0	0,18	5	0	0	2,3
1	0	0	0,2	5	0	1	3,1
1	1	0	0.40	5	1	0	3,3
2	0	0	0,45	5	1	1	4,6
2	0	1	0.68	5	2	0	4,9
2	1	0	0.68	5	2	1	7.0
2	2	0	0.93	5	2	2	9,5
3	0	0	0,78	5	3	0	7,9
3	0	1	1,1	5	3	.1	11
3	1	0	1.1	5	3	2	14.0
3	2	0	1.4	5	4	0	13
4	0	0	1.3	5	4	1	17.0
4	0	1	1,7	5	4	2	22
4	1	0	1.7	5	4	3	28
4	1	1	2.1	5	5	0	24
4	2	0	2.2	5	5	1	35
4	2	1	2.6	5	5	2	54.0
4	3	0	2.7	5	5	3	92.0
				5	5	4	160 0

1.9.2 Recuento de mesófilos (agar cuenta gérmenes). Su existencia puede indicar fallos en el procedimiento de producción y contaminación durante el manejo. La metodología se fundamenta en la NTC 5034 (2002).

Materiales

- Tubos de ensayo
- Tubos Durham
- Incubadora

Procedimiento

1. Se realiza las diluciones de la leche de acuerdo con las indicaciones realizadas para coliformes totales.
2. De cada dilución, 10^1 a 10^3 , se toma 1 mL, se transfieren de manera duplicada en cajas Petri vacías y estériles, previamente marcadas.
3. Después, vierte en las cajas de Petri, que tienen agar, preservando la temperatura de 45°C . Al instante, mezclar el medio fundido con el inóculo.
4. El método más recomendado para realizar esta operación es desplazando de manera circular la caja.
5. Permite que el agar se solidice.
6. Incorporar y llevar a incubadora las cajas de Petri (37°C) durante un periodo de 24 horas. Comprendiendo los resultados.

El resultado se debe expresar a dos dígitos y lo demás en potencia de 10.

Si el valor fue de 341, se excluye el tercer dígito por ser menor que 5 y se escribe como $34000 = 3.4 \times 10^3$.

1.9.3 Recuento de hongos y levaduras (Enríquez, 2012). La presencia de estos organismos se debe principalmente a contaminación ambiental, muchas veces durante el empaque, la manipulación o un mal almacenamiento del producto.

Materiales

- Cajas de Petri

Reactivos

- Agar Saboraud

Procedimiento

1. Se realiza las diluciones como se describe en el apartado de coliformes totales.
2. La transferencia de alícuotas de 1 mL de cada una de las diluciones (10^{-1} a 10^{-3}) se realiza de manera duplicada a cajas de Petri estériles previamente marcadas.
3. Inmediatamente verter el agar Saboraud fundido y mantenido a 45°C , mezclar suavemente.
4. Dejar solidificar.
5. Invertir e incubar a temperatura ambiente por 5 a 8 días a temperatura ambiente.
6. De aquí en adelante se debe seguir lo propuesto en el recuento de mesófilas.

1.9.4 Prueba de la reducción de colorantes (azul de metileno). Los ensayos de disminución de tintes han sido empleados por muchos años como señales de la calidad microbiana de la leche y otros productos de alimentación. Está basado en la medición de la actividad metabólica de las bacterias, ya que muchas de ellas poseen las enzimas deshidrogenasas, las cuales transfieren hidrógeno de un sustrato a un aceptor biológico reduciéndolo (Mera-Andrade et al., 2017). Se debe aclarar que se ha dejado de usar por problemas en la exactitud del método.

Materiales

- Tubos de ensayo
- Baño agua fría
- Estufa
- Gradillas metálicas (resistente al calor).

Reactivos

- Azul de metileno

Procedimientos

1. Añadir 1 mL de la solución de azul de metileno en un tubo estéril.
2. Se vierte 10 mL de la leche en el tubo que contiene el azul de metileno sin mezclar. Rotular.
3. En el proceso de preparación de las distintas muestras, es posible que los tubos se mantengan en un baño de agua fría (0-5°C), pero nunca por un periodo mayor a dos horas.
4. Los tubos ya preparados se llevan a baño maría (36°C) junto con un tubo testigo (leche sin indicador). Cuando la temperatura de la muestra alcance los $36^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$, mezclar los tubos invirtiéndolos lentamente, dos a tres veces para mezclar el contenido.

5. El nivel del agua debe ser más alto que el de la leche, se cubren los tubos con la tapa para evitar luz. Revise los tubos cada 30 minutos con el fin de observar el cambio de color (si se presentará).
6. En el tubo testigo se vierte 10 mL de leche y 1 mL de agua corriente, se lleva a un recipiente con agua hirviendo durante 3 minutos, posteriormente se coloca en el baño con los otros tubos a 37°C. El tubo testigo ayudará a precisar cuando la decoloración es completa.
7. Los tubos se examinan después de media hora. La leche se considera decolorada cuando toda la columna de leche se visualice completamente decolorada o lo está hasta 5 mm por debajo de la superficie. En este caso se debe registrar el resultado “tiempo de reducción 30 minutos”.
8. Si la prueba se prolonga, los tubos deben ser examinados con intervalos de 30 minutos. Los tubos que se van decolorando se retiran del baño. Estos resultados se pueden interpretar de acuerdo con la tabla 2.

Tabla 2. Interpretación de los resultados de la prueba de azul de metileno.

Tiempo en decolorarse	Microorganismos/mL (aproximadamente)	Calidad
Cinco horas o más	Menor a 500.000	Excelente
Dos horas o más	Entre 500.000 y 4'000.000	Buena
Veinte minutos o más	Entre 4 y 20 millones	Mala
Menor a veinte minutos	Mayor a 20 millones	Muy mala

1.9.5 Prueba de la resazurina. En 1929 el indicador de resazurina fue introducido en Alemania como un sustituto del azul de metileno para pruebas de reducción en leche, desde entonces esta prueba se ha venido utilizando cada vez por requerir menos tiempo (Mera-Andrade et al., 2017).

Materiales

- Tubos de ensayo
- Baño agua fría
- Estufa
- Gradillas metálicas (resistente al calor)

Reactivos

- Resazurina

Procedimiento.

1. El procedimiento es igual al descrito en azul de metileno, las únicas diferencias radican en que se cambia la cantidad de azul de metileno por la resazurina, el tiempo en baño maría es de 1 hora y la interpretación se realiza de acuerdo con la Tabla 3.

Tabla 3. Interpretación de los resultados de la prueba de azul de metileno (Gomez, 2008).

Color	Calidad
Azul celeste	Excelente
Violeta azulado	Buena
Violeta rojizo	Aceptable
Rojo-Rosa	Mala
Incoloro	Muy mala

1.9.6 *Staphylococcus aureus*. Este microorganismo es uno de los principales agentes causante de mastitis contagiosa o asociada a la vaca, donde la leche de la ubre es el reservorio de la enfermedad (Rodas, S. 2013). Su presencia se debe a un mal manejo del ordeño e inadecuada limpieza de los equipos y utensilios usados. El procedimiento se basa en la metodología propuesta por Centro Agro Lechero (s.f).

Materiales

- Prueba PeelPlate S.A.

Procedimiento

1. Se toma 1 mL de leche, la cual se deposita en la prueba de platos (PeelPlate).
2. La prueba se lleva a incubar por 24 h a 38°C.
3. La evaluación se realiza determinando la presencia de colonias en el medio de cultivo (color violeta), lo que indica un resultado positivo.

Se desarrolla mediante la prueba de PeelPlate S.A., La cual se basa en el agar selectivo de Baird Parker y sustratos de enzimas colorimétricas múltiples para apoyar el crecimiento e identificar colorimétricamente el crecimiento de *Staphylococcus aureus*.

1.9.7 Identificación de *Escherichia coli*. La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020), establece que *E. coli* es una bacteria presente en el intestino de los humanos y otras especies; algunas de sus cepas producen toxinas que generan problemas alimentarios, por lo que su identificación es importante en la leche. Esta bacteria es un patógeno asociado a la mastitis ambiental. Para su identificación se utiliza cultivos diferenciadores como se muestra en el siguiente procedimiento (Centro Agro Lechero, s.f.).

Materiales y equipos

- Prueba Microbiana Charm PeelPlate EC

Procedimiento

1. La prueba se toma y se levanta la etiqueta solo un pequeña parte suficiente para colocar la leche.
2. Se adiciona 1 mL de leche en la prueba.
3. Se cierra la etiqueta.
4. Se lleva a incubación por 35°C por 40 horas.
5. Se realice el conteo de colonias de la siguiente manera: Puntos rojos muestran Coliformes, y azul, púrpura o negro muestra *E. coli*.

Escherichia coli **H7:O157**. La cepa *Escherichiacoli*H7:O157 se considerada una agente muy patógena y es la cepa que mayores problemas ha presentado para la seguridad pública, su alta capacidad de transferencia en alimentos, la hace importante para la industria (Ndraha et al., 2023).

Materiales y equipos

- Placas PeelCharm EC
- Incubadora

Procedimiento

1. Se toma la muestra de carne en contacto con la zona de conjugado.
2. Dejar por 8 horas
3. Determinar la positividad de la muestra con una línea roja.

1.9.8 *Listeria*. La *Listeria monocytogenes* es una de las bacterias más temidas por la industria alimentaria, dado que tiene una facilidad de transmisión en los alimentos y presenta característica zoonótica. Su alta resistencia, su capacidad para crecer en distintas superficies y su alta tasa de mortalidad, la convierten en un peligro constante para la industria láctea (Centro Agro Lechero, s.f.).

Materiales

- Tiras de *Listeria*
- Cultivo de *Listeria*
- Medio enriquecedor

Procedimiento

a) Preparación del medio (Enríquez, 2012)

1. Se prepara 53 g de medio y 1 g de suplemento para *Listeria*, estos se disuelven en 1 litro de agua esterilizada a una temperatura de 30°C.
2. Se toman 25 g de muestra en bolsa Stomacher, se adiciona 225 mL del medio preparado a 30°C, se agita por 30 segundos y se incuban 40h a 30°C.
3. Si, se desea incrementar vida útil de los medios, estos deben esterilizarse y luego mantenerse en refrigeración, este proceso puede conservar el medio hasta por dos semanas.

b) Enriquecimiento de la muestra.

1. Se toma 25 mL de muestra en una bolsa stomacher
2. Se coge 225 mL de medio y se calienta a 30°C.
3. Se agita el stomacher por 30 s.
4. El stomacher se lleva a una incubadora a 30°C por un periodo de 40 horas.
5. Se realiza el montaje en la tirilla.

1.9.9 *Salmonella* sp. Este microorganismo es causante de muchos problemas en la industria de alimentos, por lo que su evaluación en leche cruda es importante, con especial énfasis en los productos que necesitan leche sin pasteurizar. Esta bacteria es zoonótica por lo que incrementa la importancia de su identificación en los productos lácteos . El procedimiento se basó en Peña (2012)

Materiales y Equipos

- Agar xilosa lisina
- Caldo muller
- Agua peptonada
- Caldo RVS
- Agar nutritivo
- Cepa de Salmonela
- Agar TSI
- Agar Urea
- Reactivo para B-galactosidasa
- Reactivo indol
- Caldo lisina descarboxilasa
- AN semisolido
- Solucion fisiológica salina
- Kit de prueba bioquímica
- Sueros: existen distintos tipos de sueros disponibles que contienen anticuerpos para uno o varios antígenos O.
- Estufa de esterilización
- Autoclave
- Horno o cabina de secado, ventilada por convección, capaz de operar entre 37°C y 55°C
- Estufa de incubación a 37°C ± 1°C

- Baño de agua o estufa de incubación a $41.5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- Baño de agua capaz de operar entre 44 a 47°C
- Baño de agua a $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$
- Ansa de platino o níquel de aprox. 3 mm de diámetro o 10 μL .
- pHímetro calibrado con exactitud de 0.1 unidad de pH a 20°C a 25°C .
- Pipetas graduadas o automáticas de 10 mL y 1 mL de capacidad nominal, graduadas en 0.5 mL y 0.1 mL respectivamente.
- Tubos o frascos de capacidad apropiada.
- Placa de Petri de vidrio o plástico de 90 a 100 mm de diámetro y de 140mm de diámetro.

Procedimiento

1. **Preenriquecimiento.** Se usa agua peptona buffer da (BPW) como suspensión inicial. Si la cantidad a analizar es mayor de 25 mL se realiza el ajuste con regla de tres.

Enriquecimiento selectivo. Ubicar 0.1 mL del cultivo en un tubo con 10 mL de caldo RVS y incubar a $41.5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ durante 24 horas. Añadir 1 mL del cultivo a un tubo que contenga 10 mL de caldo MKTTn y mantener en 37°C durante 24 horas.

2. **Aislamiento e identificación.** Según (Peña, C. 2021) es necesario tomar una asada de los cultivos previos (RVS) y MKTTn, y estriar en placa de agar XLD. Emplear placas de Petri de gran tamaño o 2 de tamaño reducido utilizando la misma asada. Las placas de XLD deben estar incubadas a 37°C durante 24 h, y el segundo agar selectivo según las indicaciones del fabricante. Es necesario examinar las placas tras la incubación para verificar si hay colonias características de *Salmonella* o si existen colonias atípicas que podrían ser *Salmonella*.

Nota: las colonias típicas de *Salmonella* en el agar XLD son transparentes, del mismo color del medio con centro negro. Las colonias de *Salmonella* H_2S negativo (ej. *S. Paratyphi* A) en el XLD son rosadas con un centro rosa oscuro y las de *Salmonella* lactosa positivas son de color amarillo con o sin centro negro.

1.9.10 Esporas de *Clostridium* sulfito reductor. Este microorganismo se encuentra principalmente en el suelo y los intestinos de humanos y de animales. Esta especie puede causar diversos tipos de enfermedades con diversos grados de severidad. El procedimiento se encuentra basado en las guías de la secretaría de salud del departamento del Meta para identificación del microorganismo.

Materiales y equipos

- Incubadora a 35°C \pm 1°C
- Tubos tapa rosca de 150 x 15mm estériles
- Jarra de anaerobiosis.
- Baño María 80°C
- Medios de cultivo y reactivos
- Agar SPS (Agar Sulfito- Polimixina - Sulfadiazina)
- Kit de generación de condiciones de anaerobiosis Anaerogen TM (Oxoid).
- Cepa de Referencia (*Clostridium perfringens* ATCC 13124, *E. coli* ATCC 25922)

Procedimiento

1. Curvas de calibración y control

- **Control Positivo.** Se siembre *Clostridium perfringens* ATCC 13124 en Agar Pate Count, luego se toma una alícuota del medio por punción y se inocula tubos con Agar SPS (Agar Sulfito- Polimixina - Sulfadiazina), que se incuban a 35°C por 24, 48 y 72 horas en condiciones anaerobias.
- **Control Negativo.** El procedimiento es similar al anteriormente, solo que se siembra *E. coli* ATCC 25922 (control negativo).

2. Preparación de la muestra.

- a) Se inicia con la realización de diluciones seriadas hasta 10^{-2} .
- b) Se obtiene 1 mL de cada disolvente y se ubican en tubos estériles. Se sitúan los tubos en el baño María a 80°C durante 10 minutos. Se extraen y se dejan rápidamente enfriar en agua fluvial.
- c) Se vierte 9 mL del Agar SPS en cada tubo mediante la técnica de siembra en profundidad. Se agita y se deja solidificar.
- d) Enseguida adicionamos otra capa de medio.
- e) Se incuban a 35°C en cámara de anaerobiosis por 72 horas.

3. Lectura

- a) Se aconseja examinar los tubos a las 24, 48 y 72 horas, ya que los microorganismos pueden generar H_2S a las 24 horas, transformando el medio de cultivo en negro, lo que dificulta su interpretación.

1.10 Análisis sanitario de la leche

En la seguridad alimentaria, la inocuidad de los alimentos es clave. Por lo que conocer los factores que afectan esta característica es importante para obtener buenos resultados en los distintos procesos industriales (Wanjala et al., 2017).

Por lo anterior, los procesos como recogida, almacenamiento y transporte de la leche cruda se deben realizar con la máxima higiene, que permita garantizar bajas cantidades de microorganismos. Sin embargo, mantener esta higiene se puede cumplir a cabalidad si el tiempo de refrigeración más baja posible (máximo a 4°C).

1.10.1 Antibióticos. Los antibióticos son un tema preocupante para la industria láctea, debido a un mal uso de este tipo de productos. La ciencia ha demostrado que la presencia de antibióticos en la leche se encuentra asociada de forma positiva con la presencia de mastitis en los sistemas de producción, dado que estos medicamentos son utilizados para su control.

Técnica Betas.t.a.r. Es un test basado en un receptor para la determinación rápida de antibióticos β -lactámicos (penicilina, ampicilina, etc.) en leche, utilizados de manera extensiva en la prevención y tratamiento de enfermedades del ganado de industrias lácteas, especialmente la mastitis (Sánchez et al., 2015). El test consiste en un receptor de β -lactámicos ligado a partículas de oro.

La incubación principal del receptor con leche que contiene antibióticos dará como resultado la interacción de los antibióticos con el receptor. En una segunda fase, la solución es transferida a un medio inmunocromatográfico. La primera banda de este medio capturará todos los receptores, que no han interactuado con ningún antibiótico durante la primera incubación (Merck, 2012).

La segunda banda del medio inmunocromatográfico sirve con una tira de referencia (tira control).

Materiales

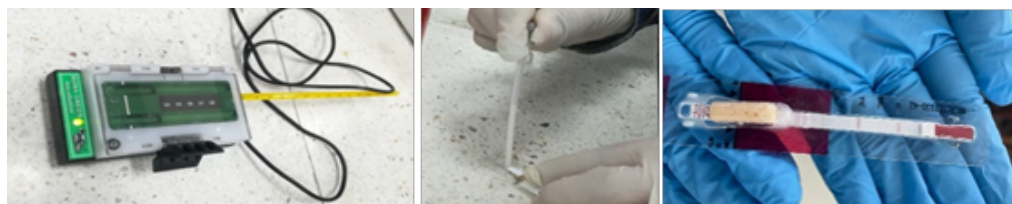
- Equipo Rosa incubators

Procedimiento (Enríquez, 2012)

1. Sacar las tirillas del refrigerador.
2. Sacar un vial individual con el receptor y golpear delicadamente el fondo del vial contra una superficie sólida, de manera que el material interno se desplace hacia la parte baja.
3. Se debe quitar el sello, que está en el tapon de goma del receptor.
4. Poner una punta limpia en la jeringuilla.
5. El embolo de la jeringuilla debe ser completamente bajado y su punta debe ser introducida 1 cm en la muestra de leche, para obtener 0.2 mL de leche.

6. Transferir la leche de la jeringuilla al vial bajando lentamente el émbolo. Asegurarse de la total transferencia. Se coloca el tapón y se agita de forma suave hasta disolver el material sólido.
7. Poner el vial en el incubador precalentado. Incubar durante 3 minutos a 47.5°C (ver figura 14).
8. Tras tres minutos de incubación, se abre el recipiente blanco, se extrae una cinta métrica y se la sitúa dentro del vial. Las flechas de la cinta deben orientarse hacia el fondo del vial durante la incubación. Continuar la incubación hasta alcanzar los 47.5°C. Cierre el recipiente blanco.
9. Tras una incubación extra de 2 minutos, extraer la tira del vial y efectuar la lectura de inmediato. La tira tiene capacidad para ser guardada.
10. Si la primera banda presenta una intensidad similar o inferior a la banda de referencia, se considera que la muestra es positiva. Si la primera banda no se presenta, se percibe la muestra como sumamente positiva.

Figura 14. Determinación de antibióticos en leche.



1.10.2 Recuento de Células Somáticas (RCS/mL). La leche, tanto por animal como por hato, puede analizarse determinando el RCS. La literatura indica que recuentos mayores a 200.000/mL sugiere una prevalencia de mastitis en el hato (Charms, 2019). Los valores de RCS son un indicador de la inflamación de la ubre, por lo que el valor de recuento citado anteriormente puede ser modificado por otras características como la edad del animal y el estatus sanitario del hato. Por ello, la industria ha creado un kit de fácil manejo y rápido obtención de resultados. En el presente texto colocamos a su consideración su metodología. Aunque se debe recalcar que el Gold Standar de la determinación es el citómetro de flujo, y el método

que proponemos es rutinario para facilitar el manejo, dado que el anterior tiene mayores costos que el productor no puede asumir.

Materiales

Kit Porta PortaSCC®

Lector digital marca PortaSCC®

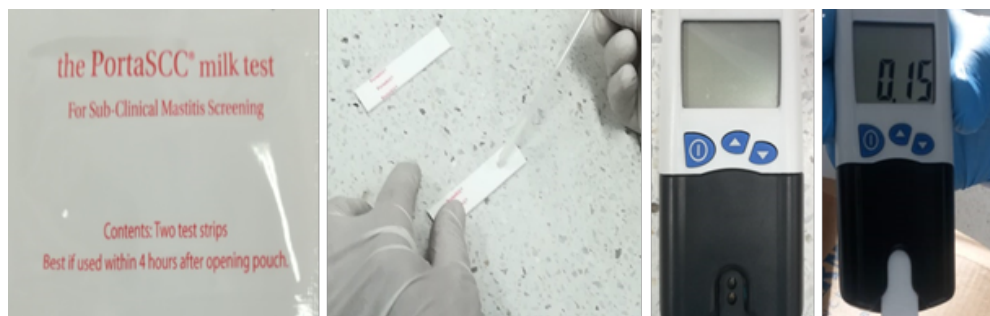
Procedimiento

1. Con ayuda de una pipeta se toma una muestra de leche y se agrega una gota en el pocillo de la tirilla hasta que la absorba totalmente. La tirilla se lleva a un lugar con restricción de luz.
2. Finamente se espera 45 minutos y se procederá a realizar la lectura con el lector digital.

Interpretación

Luego de transcurridos los 45 minutos se estima el número de células somáticas contrastando con la carta de color o se observa el lector digital (ver figura 15).

Figura 15. Prueba para recuento de células somáticas.



Capítulo 2.

Producción y conservación de la leche

El ordeño, almacenamiento, transporte y recepción de la leche cruda son factores importantes para determinar la calidad final de los productos o derivados lácteos. La forma como se realiza el manejo de la leche desde la obtención en el ordeño hasta su presentación al consumidor final afectará las condiciones higiénicas y microbiológicas del producto. Durante el proceso de almacenamiento y transporte, la refrigeración puede fallar, lo que trae una disminución de la calidad microbiológica y posterior daño de la leche. En otros casos, se puede contaminar con olores o productos químicos mal manejados, ya sea en el lavado de cantinas o instrumentos utilizados para su manejo, que también afectan de manera significativa su calidad.

Junto a lo anterior, el pago por calidad de la leche cruda, que en el caso de Colombia se encuentra regulada por la resolución 000012 del 12 de enero de 2007 emitido por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural ha incentivado la mejora de la calidad composicional y sanitaria de este producto del hato lechero. Esto hizo necesario la toma de muestras en finca para su evaluación, lo que llevó a desarrollar protocolos especiales para realizar esta actividad con el fin de evitar alterar de manera indirecta el producto.

2.1 Recolección y transporte.

La recolección de la leche se realiza de diferentes formas, como en carros cisternas cuando el volumen de leche es considerable, o cantinas cuando el volumen es menor. Para el caso de Colombia, el transporte se realiza de diversas maneras y en pequeñas cantidades, lo que muestra una baja tecnificación en la producción de leche bovina (Calderón et al., 2006).

La leche debe ser recolectada en recipientes de acero inoxidable, especialmente cuando el transporte se efectúa de las fincas productoras de leche o centros de acopio a las plantas de industrialización de productos lácteos. Al respecto el Decreto 616 de 2006 del Ministerio de la Protección Social indica que la leche debe ser transportada en cantinas o tanques para tal fin y no se permite el uso de recipientes plásticos.

Los recipientes más usados para el transporte de leche en Colombia son las cantinas, esto como consecuencia de la alta proliferación de minifundios. Generalmente están elaboradas en aluminio y el volumen más conocido es de 40 litros. También se encuentran cantinas en acero inoxidable, y hierro, pero su costo dificulta su uso en el sector. Por el alto costo de las cantinas de aluminio en el comercio y para un mejor manejo en los inventarios de estos elementos, se recomienda marcar las cantinas con números o letras de acuerdo a la iniciativa de cada propietario.

El cierre de las cantinas debe ser hermético independientemente de su material y preferiblemente con tapas de caucho o tapas metálicas.

2.2 Recepción y toma de muestras.

2.2.1 Recepción. Este paso implica conocer ciertos aspectos importantes para una mejor conservación y calidad. Uso de angeos y mallas para limpieza de macro impurezas de la leche cruda e igualmente el empleo de filtros más específicos para separar micro impurezas. Algunos equipos desempeñan un papel clave en la industria láctea, realizando la limpieza a través de un proceso llamado clarificación. Este proceso consiste en aplicar una fuerza centrífuga sobre la leche para eliminar las partículas más pesadas, como restos celulares, leucocitos y otras impurezas celulares.

Desde el punto de vista técnico, existen algunas consideraciones importantes a tener en cuenta, referentes al proceso de enfriamiento de la leche para que la durabilidad y calidad higiénica no se altere.

Para los sistemas de producción, el almacenamiento y conservación de la leche requiere enfriarla a una temperatura de 4°C y por un tiempo limitado. Su eficacia, de acuerdo con Callejo-Ramos (2008) depende de los siguientes factores:

- Contaminación inicial
 - Periodo de almacenamiento
 - Temperatura de conservación
 - Velocidad de enfriamiento
-
- **Temperatura de conservación.**

La norma exige que la leche sea enfriada entre 3 y 4°C, ya que este factor retarda el crecimiento de los microorganismos presentes en la leche (ver tabla 4) Callejo-Ramos (2008).

Tabla 4. Efecto de la temperatura de conservación sobre el crecimiento bacteriano en leche cruda almacenada.

Temperatura	Conteo
(°C)	(Bacterias/mL)
0	22400
4	2.500
5	2.600
6	3.100
10	11.600
13	18.800
16	180.000
20	450.000
30	1.400.000
35	25.000.000

Fuente: Callejo-Ramos (2008)

- **Período de almacenamiento**

Este factor es importante, debido a que a un mayor tiempo de almacenamiento de la leche incrementa la cantidad de bacterias presentes. Al respecto, los sistemas de producción que deben entregar la leche con un mayor periodo de almacenamiento deben garantizar que esta permanezca por debajo de los 5°C, para no tener problemas bacteriológicos en la leche que ofrece.

- **Contaminación inicial**

La cantidad de microorganismos presentes al inicio de la refrigeración determina la efectividad en la conservación de la leche. Por lo cual es importante extraer la leche con mayor asepsia posible y colocarla lo más rápido posible a refrigeración.

- **Velocidad de enfriamiento**

La velocidad de enfriamiento inicial es un factor que interviene sobre el conteo microbiano de la leche. Se ha observado diferencia entre un enfriamiento rápido y uno de mayor duración. Al respecto Pedraza et al. (1987) han observado que el crecimiento bacteriano en la leche es lento durante las dos primeras horas, lo que da un tiempo prudencial para realizar la refrigeración (Pedraza, et al. 1987). Sin embargo, entre mayor sea el tiempo transcurrido para disminuir la temperatura de la leche, habrá mayores posibilidades de un aumento de los microorganismos, disminuyendo la vida útil del producto.

2.2.2 Toma de muestras. Para Colombia, la NTC 666 (1996) especifica los métodos de muestreo de leche y productos lácteos para análisis microbiológico, químico, físico y sensorial. Se realizará una síntesis de los puntos más relevantes en el muestreo e invitamos al lector a acercarse a la norma para obtener más detalles.

- La persona encargada del muestreo debe estar entrenada y para el caso de los laboratorios de referencia debe ser autorizada. Debe estar libre de cualquier enfermedad o condición que pueda alterar los resultados.
- La muestra debe ser sellada y rotulada de manera correcta, esto último de acuerdo a la nomenclatura que sea escogida.
- El muestreo debe realizarse por duplicado.
- Los recipientes para la muestra deben ser de materiales y estructura que no alteren la muestra, de preferencia estos deben ser opacos.
- Las muestras para microbiología, química y física deben ser independientes.

- El almacenamiento y transporte deben garantizar que el estado de la muestra al momento de tomarla no se vea alterado de manera apreciable. La temperatura debe estar en el rango legalmente exigido (0-4°C).
- Para las técnicas de muestreo, primero se tomará la microbiológica y luego la física y química. Se debe tener en cuenta que la cantidad de leche para la muestra depende de los análisis a realizar y la cantidad de réplicas por muestra.
- Finalmente se debe tener equipos y utensilios correctamente limpios y secos antes de iniciar los análisis.

2.2.3 Examen organoléptico. Este examen es importante para tener una primera aproximación cuando el producto es recibido por las centrales de acopio. Dentro de este proceso se incluye la medición de la temperatura, para verificar el correcto almacenamiento de la cadena de frío, factor importante cuando se paga una bonificación por leche enfriada (Motta Delgado et al., 2014).

Las características olor y color son evaluadas al momento de la recepción (no se recomienda evaluar el sabor, debido al riesgo de transmisión de enfermedades). Al respecto, la Asociación Americana de Ciencias Lecheras ADSA por sus siglas en inglés muestra los siguientes procedimientos para la caracterización de estos parámetros:

- **Olor.** La prueba es subjetiva y por consiguiente debe ser evaluada por personal entrenado, que garantice resultados confiables. La muestra se clasifica de acuerdo con la tabla adjunta (Tabla 5).

Tabla 5. Clasificación de las características organolépticas de la leche (Perez, et al. 2013).

Grado	Clasificación	Descripción del olor
1	Excelente	Sin crítica
2	Buena	Simple y ligero a hierba
3	Regular	Ligero a hierba y ligeramente oxidado
4	Mala (se aconseja rechazar)	Fuerte a hierba y/o ligero a rancio, oxidado
5	Muy mala (inaceptable)	Muy ácido, pútrido

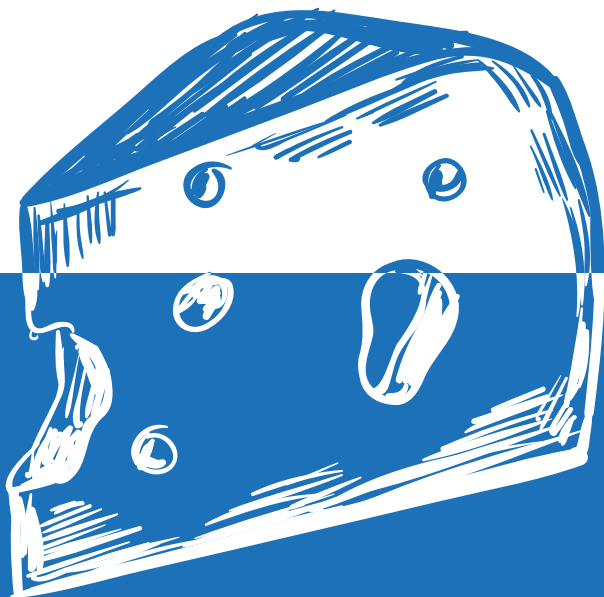
- **Color.** Al igual que la anterior, es subjetiva y depende del grado de entrenamiento de la persona que realiza la evaluación. En este parámetro simplemente se busca que no exista colores extraños que muestren adulteración, contaminación o degradación de la muestra. Para ello, se debe tener en cuenta que el color normal es un blanco opaco (ver figura 16).

Figura 16. Transporte y recepción



SECCIÓN II.

Elaboración y Manejo de Producto lácteos



Capítulo 3.

Equipos y utensilios en la industria láctea

3.1 Equipos de intercambio de calor.

Los intercambiadores de calor son equipos utilizados para transferir calor de un fluido caliente a uno frío. Estos sistemas enfrían la leche mediante un balance adecuado de materia y energía. Su objetivo es disminuir la presencia de microorganismos en la leche y mejorar su conservación.

Existen muchos tipos para la industria láctea:

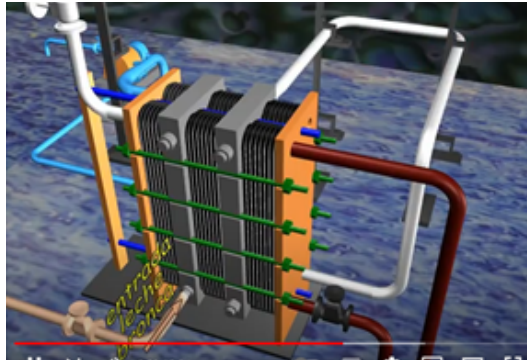
Los intercambiadores de calor de placas, principalmente empleados para pasteurizar y enfriar la leche. El vapor es el fluido que calienta y el refrigerante puede ser la leche fría o el agua (ver figura 17), El modelo puede ser observado en el vídeo: **Intercambiador de Calor de Placas**.

Autor: Miranda, J.

Año: 2014

<https://www.youtube.com/watch?v=gRooYtcpjZ8>

Figura 17. Intercambiador de calor de placas.

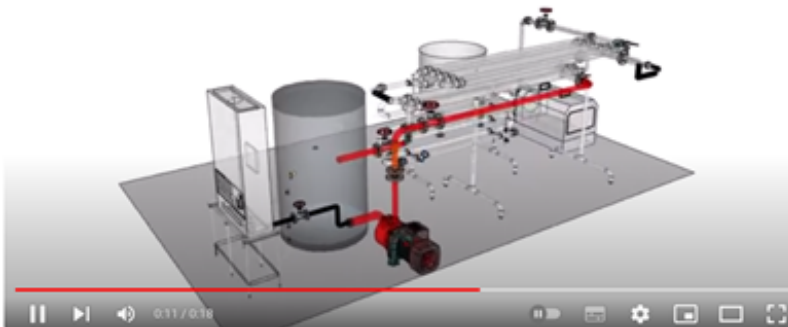


Fuente: Juan Arturo Miranda Medrano (2024)

Este tipo de intercambiadores también se utiliza para calentar la leche en un evaporador.

- **Los intercambiadores de calor tubulares** se pueden utilizar para pasteurizar o esterilizar la leche, empleando vapor como medio calefactor (ver figura 18).

Figura 18. Intercambiador tubular.



Fuente: <https://www.youtube.com/watch?v=tUUwQvzmz0I>

- **Los intercambiadores de calor de superficie rugosa** se utilizan comúnmente en la industria láctea para la producción de helados.

3.2 Otros equipos y materiales para el procesamiento de productos lácteos

- **Descremadora.** Permite la separación de la crema presente en la leche y obtener de igual manera leche descremada o desnatada con fines de procesamiento en cremas ácidas, dulces, mantequillas, entre otros derivados (figura 19).

Figura 19. Descremadora.



- **Tina quesera.** Como su nombre indica, se usa para el cuajado y cortado de la leche en la elaboración de quesos. Se construye en acero inoxidable, posee tapa y vienen de distintas capacidades de acuerdo a las necesidades de la empresa (ver figura 20).

Figura 20. Tina quesera.



Fuente: <http://www.equiposparaprocesamiento.com/2016/10/operacion-de-tina-quesera-automatica.html>

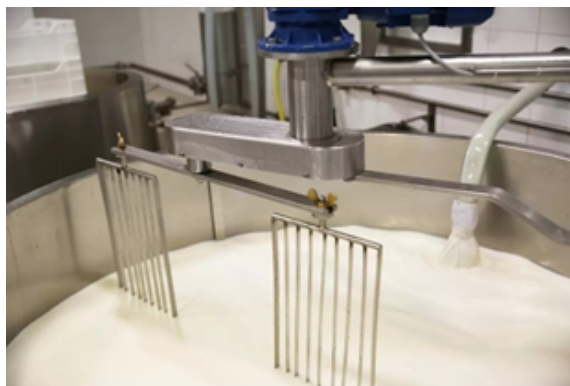
- **Mantequillera.** Permite realizar el batido, rompimiento del glóbulo de grasa y lavado de la crema de leche con fines de la obtención de la mantequilla (Ver figura 21).

Figura 21. Mantequillera



- **Los tanques de enfriamiento** son equipos que permiten mantener la leche a una temperatura de 4°C hasta su uso final. Están fabricados en acero inoxidable y se presentan en diferentes tamaños según las necesidades de conservación de la leche.

Figura 22. Tanque de enfriamiento de leche.



Fuente: <https://grupoacura.com/es/blog/tanques-enfriadores-leche/>

- **Incubadoras.** Equipos que permite la incubación de los diversos productos lácteos fermentados como el yogur, kumis, etc., que presentan temperaturas entre los 25 a 34°C (ver figura 23).

Figura 23. Incubadora.



- **Marmita.** Con este equipo se realiza varias operaciones como la maduración del yogur, pasteurización de la leche, elaboración de arequipe, cuajado de queso, etc. Generalmente se construye en acero inoxidable, posee tapa y viene de varias capacidades. El sistema de calentamiento puede ser a gas o vapor.

Utensilios.

- **Agitadores.** Se usan para mantener el movimiento de la leche o producto durante su procesamiento.
- **Cantinas.** Recipientes utilizados para la recolección, transporte y almacenamiento de la leche.
- **Filtros.** Se usan para filtrar las impurezas presentes en la leche.
- **Moldes para queso.** Se construyen en acero inoxidable y permiten dar la forma al queso. Vienen en diferentes medidas, dependiendo del tamaño o peso que se requiera obtener (ver figura 24).

Figura 24. Diferentes utensilios usados en la industria láctea.



3.3 Envases en la industria láctea

La industria láctea utiliza una gran variedad de envases para asegurar la protección y conservación de los productos lácteos, tanto líquidos como sólidos. La elección del envase depende del tipo de producto, su vida útil esperada y las preferencias del consumidor. De acuerdo con Gupta et al. (2024), Nilsson et al. (2024) y Bremenkamp & Sousa Gallagher (2024), se describen los principales tipos de envases utilizados:

3.3.1 Envases rígidos

- **Botellas de plástico.** Son comúnmente utilizadas para productos como leche líquida, bebidas lácteas y yogur líquido. Los polímeros más frecuentes son el polietileno de alta densidad (HDPE) y el tereftalato de polietileno (PET). Estos materiales ofrecen resistencia mecánica y actúan como barreras frente a la luz y el oxígeno. Las botellas de plástico son ligeras, reciclables y pueden sellarse herméticamente.
- **Envases de vidrio.** Aunque su uso ha disminuido en algunas regiones, el vidrio sigue siendo popular para ciertos productos lácteos premium o ecológicos. Su ventaja principal es que no interactúa químicamente con el contenido, preservando el sabor

natural del producto. Además, es 100% reciclable y puede reutilizarse varias veces. Sin embargo, es más pesado y frágil en comparación con otros materiales.

- **Cartones de papel.** Este tipo de envase es ampliamente utilizado en productos de leche UHT y jugos lácteos. Los cartones están compuestos por varias capas de materiales: papel, plástico y, en algunos casos, aluminio. El papel proporciona rigidez, mientras que las capas de plástico y aluminio actúan como barreras frente a la luz y el oxígeno. Un ejemplo clásico de este tipo de envase es el Tetra Pak.

3.3.2 Envases flexibles

- **Bolsas plásticas.** Estas bolsas son ligeras y de bajo costo, pero tienen la desventaja de ser más frágiles y menos resistentes que los envases rígidos. Su uso es común en ciertos países de América Latina y Asia.
- **Bolsas pouch y doy-pack.** Estos envases flexibles son cada vez más populares debido a su ligereza, facilidad de uso y menor impacto ambiental en comparación con los envases rígidos. Se utilizan principalmente para productos como yogur bebible, cremas y postres lácteos. Su formato permite que el envase se mantenga en posición vertical una vez abierto, lo que facilita su manejo y almacenamiento.

3.3.3 Envases especiales

- **Vasos para yogur.** Los envases individuales para yogur, que incluyen tanto recipientes plásticos como de cartón, son diseñados para ofrecer comodidad al consumidor. Están diseñados para preservar la frescura del producto y, en muchos casos, vienen con tapas resellables o con compartimentos adicionales para granola o frutas, lo que los hace atractivos para los consumidores.

3.4 Materiales empleados en los envases.

Los materiales utilizados en los envases de productos lácteos juegan un papel vital en la conservación de la calidad del producto. A continuación, se describen los más comunes:

- **Polímeros plásticos (PE, PET, PP).** El polietileno (PE), el tereftalato de polietileno (PET) y el polipropileno (PP) son los plásticos más comunes en la industria láctea. El PE es valorado por su flexibilidad y resistencia, mientras que el PET es ideal para envases transparentes debido a su claridad óptica. El PP se utiliza en envases de yogur y otros productos sólidos, debido a su resistencia a la humedad y al calor.
- **Papel y cartón.** El papel y el cartón, generalmente combinados con capas plásticas o de aluminio, son materiales muy utilizados para envases de leche UHT, jugos lácteos y otros productos que requieren una barrera frente al oxígeno y la luz. Además, son materiales reciclables, lo que los hace atractivos desde el punto de vista ambiental.
- **Aluminio.** El aluminio se utiliza principalmente como capa barrera en envases multicapa o como material de tapa en productos como yogur. Este material ofrece una excelente protección contra la luz, el oxígeno y la humedad, preservando la frescura del producto durante largos períodos.
- **Vidrio.** El vidrio es inerte y no reacciona con el producto lácteo, lo que lo convierte en uno de los materiales más seguros para el envasado de alimentos. A pesar de su peso y fragilidad, su capacidad de reciclado ilimitado lo mantiene como una opción ecológica.
- **Materiales biodegradables y reciclables.** Con el creciente interés por la sostenibilidad, se están desarrollando envases a base de materiales biodegradables, como bioplásticos derivados de almidón o polímeros compostables. Estos materiales permiten reducir el impacto ambiental de los envases convencionales, pero aún presentan desafíos en términos de barreras de protección y costo.

3.5 Propiedades técnicas de los envases

Para garantizar que los productos lácteos se mantengan frescos y seguros, los envases deben cumplir con varias propiedades técnicas:

- **Barreras contra la luz y el oxígeno.** El oxígeno y la luz pueden afectar la calidad de los productos lácteos, acelerando su deterioro. Los envases deben ser diseñados con barreras efectivas que impidan la entrada de oxígeno y luz ultravioleta, preservando la frescura del producto.
- **Propiedades antimicrobianas.** Los envases modernos a veces incluyen materiales con propiedades antimicrobianas que inhiben el crecimiento de bacterias y otros microorganismos, extendiendo la vida útil del producto.
- **Propiedades de aislamiento térmico.** Para productos lácteos que requieren refrigeración, como yogures y quesos, los envases deben ofrecer un buen aislamiento térmico, evitando que el producto se vea afectado por cambios bruscos de temperatura durante el transporte y almacenamiento.
- **Conservación del sabor y la textura.** El material del envase debe ser inerte y no alterar el sabor ni la textura del producto. Esto es particularmente importante en productos como la leche y el yogur, donde cualquier interacción con el envase puede impactar negativamente en la experiencia del consumidor.
- **Hermeticidad y sellado.** Los envases deben estar perfectamente sellados para evitar fugas y mantener la frescura del producto. Las tecnologías de sellado han avanzado, permitiendo que los productos se mantengan herméticamente cerrados hasta el momento de su consumo.

3.6 Impacto del envase en la calidad del producto

El envase no solo protege al producto de contaminantes externos, sino que también desempeña un papel crucial en la preservación de la calidad interna del alimento:

- **Conservación de la frescura.** Un buen envase previene la oxidación y la pérdida de humedad, dos factores que afectan la frescura de los productos lácteos. Los materiales utilizados deben ofrecer una barrera adecuada para prolongar la vida útil del producto.
- **Prevención del deterioro.** Los productos lácteos son susceptibles a la contaminación microbiológica y la descomposición. Los envases multicapa o con atmósfera modificada son ideales para prevenir el crecimiento bacteriano y el deterioro.
- **Protección frente a contaminantes.** Los envases deben proteger al producto frente a contaminantes físicos (como polvo o insectos), químicos (como la absorción de olores externos) y biológicos (como bacterias o mohos).
- **Evitar la absorción de olores externos.** Los productos lácteos, especialmente la leche y el yogur, pueden absorber fácilmente olores externos si no están bien protegidos. Los envases herméticos evitan este problema, manteniendo el sabor original del producto.

Capítulo 4.

Elaboración de productos lácteos fermentados

La leche es muy versátil en su manejo, y a lo largo de la historia se ha desarrollado numerosos productos o derivados, tal es el caso de los fermentados, que tienen una gran acogida en el mercado mundial (Lucey, 2015). Este tipo de productos se caracterizan por aportar macro y micronutrientes, los cuales tienen una alta biodisponibilidad para quien los consume. Junto a lo anterior, este tipo de productos contienen bacterias que favorecen una microbiota adecuada para la salud (Adhikari et al., 2018). En este sentido, varios de los microorganismos empleados en los procesos fermentativos poseen características probióticas, lo que les ha permitido ganar una mayor aceptación entre la población. En consecuencia, la incorporación en la alimentación de las personas de estos productos lácteos es fundamental para una mejor calidad de vida.

Objetivo

- Entender el procedimiento de producción de los lácteos fermentados.

4.1 Yogur.

El yogur es un producto lácteo que se obtiene mediante la fermentación. Que pueden ser *Lactobacillus del brueckii* sub sp. *bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus* viables, activos y abundantes en el producto (NTC 805, 2005). En el proceso de fermentación se puede usar leche pasteurizada entera, parcialmente descremada o descremada. Algunos tipos de yogur agregan frutas, azúcar y miel, así como saborizantes, colorantes y estabilizadores permitidos. Los productos con fruta agregada deben contener al menos 75% de yogur (Motta delgado et al., 2014).

Estas bacterias inician un cambio microbiano donde la lactosa (el azúcar presente en la leche) se convierte en ácido láctico. El incremento de la acidez produce la modificación de las proteínas (cuajado), que afecta la textura del yogur. Existen otras variables, como la temperatura y la composición de la leche, que influyen en las cualidades particulares de los distintos productos resultantes (Wang et al., 2024).

Proceso de elaboración del yogur (ver figura 25).

1. La leche líquida debe ser de buena calidad, libre de sustancias contaminantes.
2. Es recomendable realizar pruebas de plataforma a la leche a trabajar.
3. En algunos casos dependiendo de las condiciones de recepción de la leche se recomienda realizar un proceso de filtración de la misma. Para ello, se utiliza un tamiz plástico de diámetro fino.
4. La cantidad de leche destinada para la elaboración del yogur debe someterse a un proceso de homogenización y posterior pasteurización a 85°C/15 minutos con agitación constante. En este proceso, cuando la temperatura inicial alcance los 40°C se puede adicionar el azúcar (10% p/v ó 6 p/v de almíbar). Se puede incorporar directamente en la totalidad del volumen de leche o se separa un volumen de esta leche de la marmita y se diluye el azúcar (dependiendo del caso, la leche edulcorada se filtra y se mezcla con el resto de la leche que se encuentra en la marmita).

- **Nota:** En algunos casos se puede incorporar leche en polvo (1-1.5% p/v), para incrementar los sólidos no grasos, pero se debe hacer en este momento y no al final del proceso (es decir, después de las 3 horas de fermentación y acidez desarrollada) porque se separa.
5. Después de pasteurizar la leche, bajamos la temperatura a 42°C en el pasteurizador o marmita.
 6. A esta temperatura adicionamos el cultivo de microorganismos (yogur probiótico) que está compuesto por una combinación simbiótica de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Se agita bien por cinco (5) minutos. Para este caso, se utilizará un cultivo comercial liofilizado y se dejará en reposo durante 3-4 horas a 42°C.
 - **Nota:** Cuando se aplica el cultivo de microorganismos en el pasteurizador o marmita es conveniente con un colador o un tamiz de diámetro fino revisar si el cultivo liofilizado se ha disuelto bien.
 7. Este cultivo comercial liofilizado MY-800 2U se utilizará para una cantidad de 40 litros de leche líquida.
 8. Al cabo de este tiempo (dependiendo de las condiciones controladas de temperatura y humedad relativa) que pueden ser de 3 horas y cuando la acidez desarrollada de un valor entre 0.50 y 0.55 y pH = 4.0 (El *Streptococcus* es el responsable de la caída inicial del pH, entre tanto el *Lactobacillus* es el responsable de la reducción final) una vez obtenida la base de yogur, se suspende el proceso de fermentación para obtener una textura apropiada.
 9. Posteriormente se lleva a la cava o nevera por espacio de 15 horas aproximadamente para que se enfríe a 4°C y detener la fermentación. Además, se les adiciona los colorantes y saborizantes (Aprox. 1-2 mL / 40 litros de yogur). En caso de adicionar pulpa edulcorada esta debe ser del 7% p/v aproximadamente.
 10. En caso de adicionar pulpa de fruta o fruta natural, se recomienda utilizar sorbato de potasio (según lo indique la norma técnica NTC 805).

11. Si al yogur se le va a adicionar fruta natural, Primero, la fruta debe ser pelada y extraída la pulpa (50g), después se debe escaldar, es decir, exponer los fragmentos de pulpa a 80°C durante 10 minutos (esto se realiza para conservar el color original de la fruta).

Posteriormente, se enfría por debajo de 10°C. En este momento se coloca el sorbato de potasio (en algunos casos diluido en un vaso con agua -preferiblemente destilada o hervida- y se lo incorpora al yogur según el PASO 9 anteriormente descrito.

12. Finalmente se envasa en recipientes plásticos y con tapa (ver figura 25).

13. Se almacena a temperatura de refrigeración (4°C).

Figura 25. Preparación del Yogur.



Proceso de elaboración del yogur aflanado.

1. El procedimiento es igual hasta el punto número 8 de la preparación anterior.
2. Al finalizar la fermentación, se adiciona gelatina sin sabor (2-2.5% p/v). Para adicionar esta gelatina (Coloide) se recomienda tomar un poco de yogur y licuarlo juntamente con la gelatina hasta que se disuelva completamente y adicionarlo rápidamente al resto de yogur. No hay necesidad de disolver la gelatina en agua caliente.
3. Luego se continúa con el punto 9 de la preparación anterior.

4.2 Yogur Griego.

De acuerdo con Jørgensen et al. (2019) el yogur griego se crea cuando el yogur tradicional se coloca bajo presión varias veces con el fin de quitar el contenido de humedad, lo que trae como resultado un pyogur más concentrado, con mayor espesor y acidez, mayor contenido de proteína al yogur tradicional, pero con menos calcio.

Materiales

- Leche
- Base de yogur
- Azúcar

Procedimiento

1. Evaluación de la calidad de la leche.
2. Pasteurización de la leche a 85°C por 15 minutos.
3. Disminución de la temperatura a 30°C y adición de almidón de maíz.
4. Incubación por 3 a 4 horas a 42°C.
5. Adición de cultivo.
6. Enfriamiento.
7. Medición de acidez, el valor debe estar aproximado a 0.5% de ácido láctico.
8. Envasado y etiquetado.

4.3 Kumis.

El kumis se considera un probiótico, y proporciona vitaminas, proteínas y minerales en cantidades considerables, contienen microorganismos capaces de multiplicarse y mantenerse en el interior del intestino, donde contribuyen con la flora local a eliminar toxinas y a digerir los alimentos, además, de que mejoran la absorción de nutrientes y reducen en forma importante el riesgo de generar enfermedades en el colon, incluso cáncer (Wang et al., 2024).

Procedimiento

1. La leche líquida debe ser de buena calidad, libre de sustancias contaminantes. Es recomendable realizar la prueba de plataforma a la leche a trabajar.

En algunos casos dependiendo de las condiciones de recepción de la leche se recomienda realizar un proceso de filtración de la misma. Para ello, se utiliza un tamiz de diámetro fino. Se puede utilizar para la elaboración del kumis leche entera líquida o totalmente descremada (Si es descremada, la cantidad de leche destinada para la elaboración del kumis primero se la debe someter a un proceso de homogenización a 1500 libras/pulgada² a una temperatura de 42°C).

2. Posteriormente se somete la leche a un proceso de pasteurización a 65°C/30 minutos con agitación constante. En este proceso, cuando la temperatura inicial alcance los 40°C se puede adicionar el azúcar (8-9% p/v). Se puede incorporar directamente en la totalidad del volumen de leche o se separa un volumen de esta leche de la marmita y se diluye el azúcar (dependiendo del caso, la leche edulcorada se filtra y se mezcla con el resto de la leche que se encuentra en la marmita).
3. Después de pasteurizar la leche, se baja la temperatura a 32°C en el pasteurizador o marmita. A este momento se adiciona el cultivo de microorganismos para kumis que está compuesto por una combinación simbiótica de *Lactobacillus acidophilus* (homofermentativo) y *Lactobacillus delbrueckii*ssp. *bulgaricus* (homofermentativo). Se agita bien por cinco (5) minutos y se deja en reposo durante 18 horas / 32°C.

- **Nota:** Cuando se aplica el cultivo de microorganismos en el pasteurizador o marmita es conveniente con un colador o un tamiz de diámetro fino revisar si el cultivo liofilizado se ha disuelto bien. Este cultivo comercial liofilizado se utilizará para una cantidad de 40 litros de leche líquida.
4. Al cabo de este tiempo (dependiendo de las condiciones controladas de temperatura y humedad relativa), que puede ser de 18 horas y cuando la acidez desarrollada de un valor entre 0.6-0.7 y pH = 4.4-4.5 (El *Lactobacillus* es el responsable del descenso del pH hasta 4.0) una vez obtenida la base de kumis, se suspende el proceso de fermentación para obtener una apropiada textura.
 5. Posteriormente, se lleva a la cava o nevera por espacio de 4-15 horas aproximadamente para que se enfríe a 4°C y detener la fermentación.
 6. En este momento, se procede a romper el gel formado mediante una homogenización manual. Además, se le adiciona saborizantes (Aprox. 2-3 mL / 40 litros de kumis).
 7. Finalmente, se envasa en recipientes plásticos y con tapa (ver figura 26).
 8. Se almacena a temperatura de refrigeración (4°C).

Figura 26. Kumis elaborado de manera artesanal.



4.4 Kéfir.

Sinova et al. (2002) mencionan que el kéfir es una bebida láctea fermentada que se originó en Europa del Este y se ha elaborado durante siglos. “La palabra kéfir se deriva de la palabra turca "keyif" que significa "buena sensación". Sus granos se pueden caracterizar como pequeñas flores de coliflor, que tienen una longitud de 10–30 mm, de forma irregular, de color blanco a amarillento, lóbulos, de textura firme y aspecto viscoso”.

El kéfir tradicional tiene efectos beneficiosos sobre la inmunidad y el sistema digestivo/gastrointestinal, además de su reducción de colesterol, alergia, curación de heridas, prevención de intolerancia a la lactosa, anticancerígeno y antimicrobiana (Semih & Ozlem, 2003).

Proceso de elaboración del Kefir.

1. Se inicia con la selección de la leche cruda, siendo esta leche totalmente fresca (del día), se realiza pruebas de plataforma.
2. Se Pasteuriza la leche entre 82 y 85 C durante 30 minutos.
3. Luego se enfría a 32 °C.
4. Se adiciona el cultivo de Kefir (un sobre para 6 y/o 8 litros de leche).
5. Luego se incuba a 33 °C durante 14 a 16 horas sin agitar.
6. Se enfría a 10 °C.
7. Se puede mezclar con fruta (kiwi, mangostino, pitaya, otros) (ver figura 27).

Figura 27. Kéfir.



4.5 Bebidas Lácteas Fermentadas.

En las nuevas líneas de productos lácteos existentes en el mercado, se encuentra el yogur líquido. Este producto se caracteriza por mostrar agradable sabor y cremosidad, siendo una alternativa sana para los consumidores (Almeida et al., 2001). A nivel de Colombia se desarrolla el concepto en la NTC 805.

- **Características químicas de la leche, suero y bebida láctea.**

En esta sección se pretende analizar algunas características químicas de la leche y el suero, como la grasa, acidez y pH, así como las propiedades físico-químicas de la bebida láctea, que incluyen consistencia, textura, color, grasa, acidez y pH.

Procedimiento

1. La leche entera y el suero líquido deben ser de buena calidad, libres de sustancias contaminantes.
2. Es recomendable realizar la prueba de plataforma a la leche y suero a trabajar.
3. En ciertos casos, dependiendo de las condiciones en las que se recibe la leche y el suero se recomienda realizar un proceso de filtración de éstos. Para ello, se utiliza un tamiz plástico de diámetro fino.

4. Se deposita la leche y suero en las cantidades a trabajar en la marmita con agitación constante (Para este caso, se trabajará con un 70% de leche y 30% de suero. Sin embargo, se podría reemplazar hasta máximo por un 40% de suero y 60% de leche entera líquida con el fin de abaratar los costos de producción de la bebida láctea).
5. En este proceso, cuando la temperatura inicial alcance los 35°C se adiciona el azúcar (10% p/v), junto con el emulsificante-estabilizante (E/E) (0.2% p/v). Se usará como E/E el Citrato de sodio (Se mezcla el azúcar junto con el E/E, porque si se adiciona por separado el E/E formará grumos en la solución).
6. Como se anotó anteriormente, se adiciona el azúcar junto con el E/E, a razón de 500 g de azúcar junto con el 0.2% del E/E, es decir, no con la totalidad del azúcar a utilizar para la elaboración de la bebida láctea. Una vez, adicionado el azúcar junto con el E/E, se puede incorporar el resto del azúcar para el proceso total.
7. La cantidad de leche y suero destinados para la elaboración de la bebida láctea primero se las debe someter a un proceso de homogenización a una presión de 2000/libras 5 minutos.
8. Posteriormente, se realiza un proceso de pasteurización a 85°C/15 minutos con agitación constante.
9. Después de pasteurizar la leche y el suero, se baja la temperatura a 42°C en el pasteurizador o marmita.
10. A esta temperatura adicionamos el cultivo de microorganismos (yogur probiótico) que está compuesto por una combinación simbiótica de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus*. Se agita bien por cinco (5) minutos. Para este caso, se utilizará un cultivo comercial liofilizado MY-800 2U y se dejará en reposo durante 3-4 horas/42°C. En este caso, se estaría elaborando un yogur líquido. Si cambiamos de microorganismos, sería otra bebida láctea fermentada diferente.
 - **Nota:** Cuando se aplica el cultivo de microorganismos en el pasteurizador o marmita es conveniente con un colador o un tamiz de diámetro fino revisar si el cultivo liofilizado se ha disuelto bien.

Capítulo 5.

Elaboración de dulces de leche y combinados

Los dulces presentan un incremento de la participación en el mercado nacional, por lo que se convierten en una alternativa en la producción. Sin embargo, las tendencias de vida saludable, que exigen un balance en la cantidad de calorías en la alimentación del ser humano provocan una disminución de este tipo de productos a nivel mundial, por lo que deben adecuarse a este tipo de condiciones (Ortiz-Álvarez et al., 2017).

5.1 Leches condensadas.

En estos productos el agua se extrae por presión (aproximadamente 0.5 atmósferas) el proceso continua hasta lograr espesar la leche líquida, de una densidad aproximada de 1.3 g/mL. A esta reducción de agua se la nombra como condensación, concentración o espesamiento. Después se le añade azúcar, en una proporción que va desde el 30% (si la materia prima es leche entera) hasta el 50% (si es leche descremada (NTC 879 1996)). La elevada concentración de azúcar debe prevenir de manera autónoma el crecimiento de los microorganismos que permanezcan en la leche tras el precalentamiento.

Elaboración de leche condensada.

Características

- La leche condensada está lista cuando la lectura en °Bx debe estar entre 55 y 62°Bx.
- El Ca debe estar en 2.2 g/ litro leche.
- El Mg debe estar en 0.7- 1.8 g/ litro leche.
- Sin embargo, la caseína y las proteínas séricas se desestabilizan en la leche condensada, por eso se las estabiliza con citrato de sodio.

Elaboración.

Dulzura: $1.9 \times \%S.T.$ (No necesitamos elevados sólidos solubles)

Dulzura: $11.5 \times 1.9 = 21.85$ -----> Debe ser totalmente SACAROSA

Por ejemplo, si se quisiera hacer una leche condensada reemplazando los 21.85 kg de sacarosa por fructosa (poder de dulzura del 175%) se procede de la siguiente manera:

1 kg -----> 175%

x -----> 21.85%

X = 0.1248 kg / kg de producto → Para 100kg de producto:

X = 0.1248 kg x 100 = 12.48 kg de fructosa

Si se usa aspartame que tiene un poder de dulzura del 200%, sería:

1 kg -----→ 200%

x -----→ 21.85%

X = 0.109 kg / kg de producto → Para 100kg de producto:

X = 0.109 kg x 100 = 10.93 kg de aspartame

La leche líquida tiene 8.5% de S.N.G., en la leche condensada se debe incrementar estos S.N.G en 1% a 2%. Entonces, la leche condensada quedaría con % de S.N.G de 9.5% ó 10.5%.

Leche entera en polvo contiene: 4% humedad, S.T. = 96% (De estos 96%, el 66% son S.N.G. y el 30% Grasa).

Este 66% → $66/100 = 0.66$ ($0.66 \sim 0.7$), son
S.N.G. de la leche en polvo entera.

1kg leche entera en polvo -----→ 0.7 S.N.G.

X ←----- 0.015 (1.5%) S.N.G.

X = 0.02143 kg / kg producto→ Para 100kg de producto:

X = 0.2143 kg x 100 = 2.14 kg leche entera en polvo

Entonces para 100 kg de leche condensada sería:

1. 2.14 kg (2140 g) kg leche entera en polvo.
2. 0.2% de Citrato de sodio (ó 0.2 kg -200 g- de Citrato de sodio).
3. 21.85% de Azúcar (ó 21.85 kg -21850 g- de Azúcar –sacarosa-).
4. 76.52 % leche entera líquida (ó 76.56 kg -76560 g- de leche).

Para 10 kg de leche condensada los cálculos serían los siguientes:

1. 214 g de leche en polvo entera.
2. 20 g de Citrato de sodio.
3. 2185 g de Azúcar –sacarosa-.
4. 7652 g de leche entera líquida.

La leche que se utiliza para fabricar la leche condensada debe tener un máximo de acidez inicial de 0.2% A.L. (Ácido láctico).

La elaboración de las leches condensadas se realiza de la siguiente manera:

1. Agregamos la leche líquida en la marmita, por ejemplo, para 100 kg de leche condensada, se utilizarían 76.52 kg de leche.
2. Enseguida, adicionamos la leche en polvo y agitamos suavemente. Es necesario adicionar esta leche en polvo cuando la leche esté fría, es decir, inmediatamente se coloca en la marmita y sin aplicar calor, ya que así evitamos que se formen grumos cuando se mezcle la leche líquida con la leche en polvo (para 100 kg de leche condensada, se utilizarían 1.43 kg de leche en polvo entera).
3. Calentamos hasta 35°C esta mezcla de la leche líquida con la leche en polvo, y agitando suavemente.
4. Por aparte, mezclamos bien el azúcar con el citrato de sodio y así, esta mezcla la agregamos suavemente en la marmita que contiene la mezcla de la leche líquida con la leche en polvo a 60°C. Continuamos agitando suavemente esta mezcla (para 100 kg de leche condensada, se utilizarían 0.2 kg de Citrato de sodio y 21.85 kg de Azúcar –sacarosa). Si se quiere en este momento se adiciona la silicona (0.2 – 0.3 mL/ kg de leche condensada y máximo 0.5 mL/ kg de leche condensada), para bajar la tensión superficial.

5. Es muy importante que la leche condensada se debe preparar antes de una hora para evitar la reacción de Maillard, es decir, el pardeamiento. Para ello, se debe elevar la temperatura evitando que se forme espuma (controlar la tensión superficial), para que no se riegue la leche.
6. Para evitar que no se riegue la leche por efecto de incrementar la temperatura, es importante mantener el nivel de espuma que cuando esté por la mitad de la altura de la marmita se cierra la llave del vapor que es el que incrementa la temperatura. También y es muy importante, usar silicona líquida (silicona líquida para alimentos) y así controlamos la tensión superficial.
7. La leche condensada está lista cuando la lectura en °Bx debe estar entre 55°Bx y 62°Bx, lectura hecha en un refractómetro. Esta lectura en refractómetro (°Bx), siempre se debe hacer (esto es válido para cualquier producto que se elabore), por debajo de 40°C del producto que se elabora, en este caso la leche condensada. Cuando esta lectura en refractómetro (°Bx) se hace por encima de 40°C del producto que se elabora, se debe restar 2°Bx a la lectura que se haga.
8. Si deseamos adicionar alguna esencia como por ej. de vainilla, fresa, etc., se hace esta adición cuando la temperatura baje a 35°C. Se adiciona en este momento para evitar que por las altas T° se evaporen. Se debe agitar bien estas esencias en la leche condensada.
9. Se distribuye en envases plásticos.

5.2 Arequipe.

Este producto se elabora de manera tradicional en la mayoría de países latinoamericanos. Es un alimento de consistencia suave y pegajosa, producido mediante el proceso de concentración térmica de los sólidos característicos de la leche, sumado a los proporcionados por el azúcar, en especial la sacarosa. En cada uno de los países tiene una denominación diferente, en Chile se le conoce como *manjar*, *manjar de leche* o *manjar blanco*; en Argentina y Brasil se denomina *dulce de leche*, en Centroamérica es conocido como *cajeta* y en Colombia y Venezuela como *arequipe* (Vargas-Bello-Pérez et al., 2019).

Características.

- En un buen dulce de leche se debe tener en cuenta la acidez natural, es decir, el contenido aparente en ácidos expresado en gramos de ácido láctico por 100 ml o por g de leche. Se determina por titulación con una solución alcalina valorada y un volumen determinado de leche, empleando solución alcohólica de fenolftaleína como indicador (NTC 3757, 2008).
- Acidez desarrollada: Es la acidez que se incrementa desde el momento en que la leche sale de la vaca y va aumentando a medida que pasa el tiempo y la temperatura a la que esté, que generalmente es la ambiental. Así, se conoce como leche dulce, a la leche que sale de las vacas recién ordeñadas. A partir de las 2 horas de ordeño y si sobre todo está expuesta a temperatura ambiente, comienza a presentarse la acidez desarrollada.
- El 50% del ácido láctico está expresado en la caseína.

Materias primas.

- Leche (acidez máxima de 0.18% y contenido de materia grasa entre 0% y 3%).
- Invertasa y lactasa.
- Sacarosa y azúcares reductores.

- * No usar leche mastítica en dulces de leche por la elevada presencia de albumina, que hace que la leche se coagule.

Procedimiento

%ST = 1.6 (Por c / % de S.T. la dulzura tiene que estar entre 1.6 y 1.9).

%ST = 11.5 → $11.5 \times 1.6 = 18.4$ debe ser dulce por c / 100

$11.5 \times 1.9 = 21.85$ debe ser dulce por c / 100

Nota: Si se quiere elaborar un arequipe con leche descremada, ésta deberá quedar con 8.5% de ST (Sólidos Totales), entonces con base en esta cantidad se debe calcular el azúcar:

$$8.5\% \text{ ST} \times 1.6 = 13.6 \text{ Dulzura.}$$

Si es suero, este tiene $5.8\% \text{ ST} \times 1.9 = 11.02$ Dulzura. De igual manera, si es leche de búfala los ST = 18.8% y la cabra los ST = 11.5%.

Es importante pesar la leche para preparar el arequipe y no usarla en litros, porque la densidad de la leche es 1.03.

La variable 18.4 la podemos reemplazar por otros azúcares, por ejemplo, hasta un 40%:

$$18.4 \times 40\% = 7.36 \text{ kg} \sim 7.4 \text{ kg de azúcar invertido o de dulzura}$$

1 kg azúcar invertido -----> 125% dulzura

7.4 kg azúcar invertido -----> X

$$X = 925/100 = 9.25 \text{ kg}$$

O también podría calcularse así:

1 kg azúcar invertido -----> 1.25 dulzura

7.4 kg azúcar invertido -----> X

$$X = 9.25 \text{ kg}$$

En general todo azúcar invertido tiene un poder de dulzura del 125%. Esto quiere decir, que con respecto a la sacarosa (que tiene un poder de dulzura del 100%), el azúcar invertido endulza un 25% más que la sacarosa, de ahí el valor de 125% de dulzura del azúcar invertido.

Entonces como hemos reemplazado hasta un 40% por azúcar invertido (7.4kg), restamos ese valor del total de dulzura que es de 18.4:

$$(18.4 - 7.4) \text{ kg} = \mathbf{11 \text{ kg sacarosa}} \text{ (Valor absoluto)}$$

$$(18.4 - 9.25) \text{ kg} = \mathbf{9.15 \text{ kg sacarosa}} \text{ (Valor relativo)}$$

Si quisiéramos preparar 100 kg de arequipe:

Tenemos: 9.15 kg de sacarosa + 7.4 kg de azúcar invertido = 16.55 kg

→ $100 - 16.55 = 83.45 \text{ kg}$ de leche que se deben neutralizar (Cuando se pesa esta cantidad de kg de leche, se hace en un balde y antes se pesa este balde y luego se tara y se pesa la leche, para pesar la cantidad exacta que se necesita, por ejemplo, para 100 kg de arequipe se pesarán 83.45 kg de leche).

Neutralización

A medida que se va evaporando el agua de la leche, se debe neutralizar el ácido láctico.

Acidez inicial = 0.18% AL

Acidez deseada = 0.13% AL

$$(0.18\% - 0.13\%) \text{ AL} = 0.05\% \text{ AL}$$

$$100 \text{ mL} \quad \text{-----} \rightarrow 0.05 \text{ g AL}$$

$$83450 \text{ mL} \quad \text{-----} \rightarrow X$$

↓

(Cantidad de leche que se debe neutralizar)

$$X = 41.7 \text{ g AL}$$

Peso molecular (PM) Bicarbonato = 84g (Es decir, 84g/mol)

PM Ácido Láctico = 90g (90g/mol)

Si 90g Ácido láctico neutralizan-----→ 84g de Bicarbonato

$$41.7 \text{ g Ácido láctico} \quad \text{-----} \rightarrow X$$

$$X = 38.92 \text{ g (Poder neutralizante)}$$

Pureza del bicarbonato: 75% (La pureza del bicarbonato puede estar entre el 75% y 85%. Este 75% se usa generalmente en la planta de leche):

38.92g -----→ 75%

X -----→ 100%

X = 51.89 ~ 52 g bicarbonato

Así, si se quiere elaborar 20 kg de arequipe los cálculos serían:

83.4 kg de leche x 0.2 = 16.68 kg leche

Bicarbonato: 52 x 0.2 = 10.4 g

Azúcar invertido: 7.4 kg x 0.2 = 1.48 kg

Sacarosa: 9.15 kg x 0.2 = 1.83 kg

O también los cálculos se obtendrían así:

100 kg arequipe -----→ 83.4 kg leche

20 kg arequipe-----→ X

X = 16.68 kg leche

100 kg arequipe -----→ 52 g bicarbonato

20 kg arequipe-----→ X

X = 10.4 g bicarbonato

100 kg arequipe -----→ 7.4 kg azúcar invertido

20 kg arequipe-----→ X

X = 1.48 kg azúcar invertido

100 kg arequipe -----→ 9.15 kg sacarosa

20 kg arequipe-----→ X

X = 1.83 kg sacarosa

NOTA: si solo se utilizará sacarosa la cantidad sería la siguiente:

18.4 kg sacarosa → $100 - 18.4 = 81.6$ kg leche que se deben neutralizar.

Los dulces de leche se les puede adicionar: Frutas (10%); Cárnicos (5%); Especies (2%); Saborizantes (0.1%).

Saborizantes: Chocolate en polvo, café en polvo: 600g/ 100 kg de mezcla o producto.

* **NOTA:** El azúcar invertido solo se fabrica con sacarosa así:

Por ejemplo, para 50 kg de azúcar invertido (A.I.):

50 kg. A.I.-----→ 37 kg Sacarosa

13 kg Agua

37 gramos de bicarbonato

37 gramos de HCl

Siempre la cantidad de bicarbonato y HCl que se adiciona será la misma cantidad de sacarosa.

Otro procedimiento para elaborar dulce de leche:

Elaboración

- a)** Neutralización.
- b)** Determinar y añadir el Citrato de Sodio.
- c)** Comenzar calentando.
- d)** Concentrar la leche hasta obtener pardeamiento.
- e)** Adicionar el 50% del azúcar.
- f)** Una hora después adicionar el otro 50% del azúcar.
- g)** Añadir la glucosa 10 minutos previos al término del proceso.
- h)** Si utiliza otros aditivos, añadelos 5 minutos antes del último paso (pasas, brevas, nueces, coco, etc.).

- i) Es aconsejable refrigerar a 60°C manteniendo el mismo ritmo de agitación constante para evitar la aparición de cristales.
- j) El rendimiento depende de la concentración final de sólidos, del porcentaje de grasa y del porcentaje de SNG de la leche.

La fabricación puede llevarse a cabo mediante tres distintos procesos de producción:

1. Sistema simple en paila.

- 1.1** Se coloca toda la leche en una paila junto con el neutralizante, luego se calienta a una temperatura de 60-70°C. Después, se agrega el azúcar y se incrementa el contenido de sólidos hasta alcanzar un 55-60%. Periodo en el que, si contiene glucosa, se debe añadirla. La concentración se mantiene hasta alcanzar la consistencia, viscosidad y color que se desea (ver figura 28).

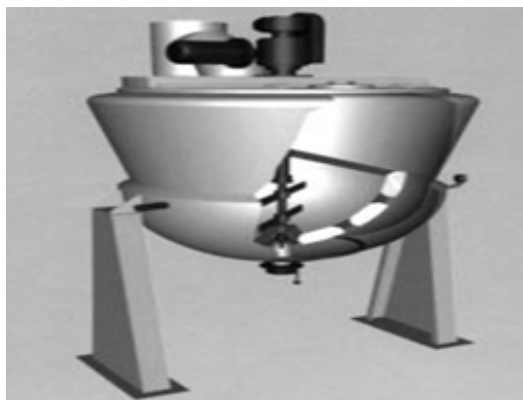
Figura 28. Concentración de la leche.



- 1.2** Se incorpora toda la leche y el bicarbonato en un recipiente adicional. Se calienta a una temperatura de 60-70°C, se añade el azúcar y se deja hervir hasta que se disuelva completamente.

A continuación, la mezcla se transfiere a otras pailas de menor capacidad en forma de un chorro fino hasta llegar a la línea de calefacción o vapor. En ese momento, el flujo se detiene, pero a medida que la mezcla se concentra en la paila, se vuelve a abrir la llave para evitar que el nivel de la superficie descienda por debajo de la línea de vapor (ver figura 29).

Figura 29. Mezclado concentración posterior del arequipe.



1.3 Se vierte la quinta parte de la leche en la paila, se agrega todo el bicarbonato, especialmente al azúcar, y se inicia la concentración.

Cuando se alcanza el 55% de sólidos, se añade más leche en pequeñas cantidades, mientras se evapora previamente calentada entre 60 y 70 grados Celsius. Se concentra en fases sucesivas hasta alcanzar el nivel deseado.

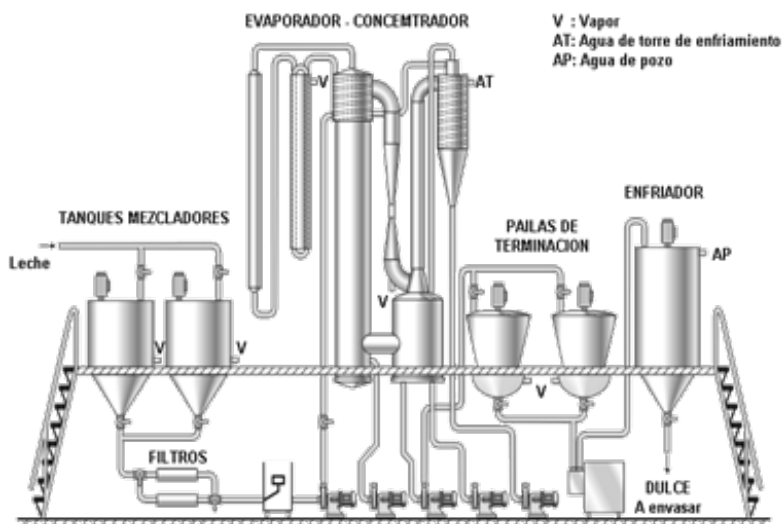
2. Sistema combinado o mixto

Se realiza por medio de evaporadores al vacío, para lograr el concentrado, pero la terminación del dulce se hace en pailas. El evaporador de doble o triple efecto recibe desde los tanques de disolución de mezclas la leche, el bicarbonato con el total de azúcar.

Las pailas reciben de inmediato el concentrado y el proceso continúa como las anteriores. La diferencia es que en las pailas se coloca mayor volumen de leche (ver figura 30).

Este método ahorra tiempo de trabajo en la paila, ya que el condensado de 26 a 28°B, llega a su fin en 1 hora 15 minutos, mientras que el sistema simple lleva más de dos y media horas. Se reduce el consumo de vapor en forma considerable. Es óptimo para escalas de 2000 a 7000 litros/día.

Figura 30. Diagrama de una sistema combinado o mixto.



Fuente. Fernando et al. (2018)

3. Sistema continuo

Es un proceso rápido, continuo, con un bajo consumo de vapor y un número muy reducido de operarios. Su aplicación se justifica desde el punto de vista económico para una escala de producción superior a los 8000 litros de leche diarios.

Se disuelven el Bicarbonato y los azúcares en la leche en una proporción de 20% de sacarosa, 5% de dextrosa. Se regula el pH a 6.4; se calienta a 85°C en pasteurizador de placas, y luego se somete a un intenso calentamiento a 135-140°C en calentador tubular; el tiempo de retención es de 50 a 60 segundos, o más según el color que se desee lograr.

Luego, en otro intercambiador de placas, se enfría hasta más o menos 50-55°C. En esas condiciones se alimenta el evaporador de triple efecto, con leche coloreada que tiene hasta el 37% de sólidos y que sale con 70% de sólidos sin dejar enfriar, se homogeniza a 150 kg/cm² y se envasa en caliente.

Producción del color caramelo

- La reacción de *Maillard* es la responsable del color característico de los dulces de leche. La función aldehídica de los azúcares interactúa con diferentes compuestos nitrogenados (amoníaco, aminas, aminoácidos) presentes en las proteínas. Esta reacción ocurre entre las proteínas de la leche y la lactosa.
- Cuando la leche se calienta, conservando la temperatura por un periodo de tiempo, y debido a un conjunto de reacciones poco conocidas, conocidas como *RxMaillard*, se generan ciertos compuestos pigmentados que oscurecen el medio.

Las siete reacciones que se dan en el proceso de oscurecimiento entre azúcares y grupos amino de acuerdo con Zunino (2007), es posible categorizarlos en tres estados de desarrollo que emergen en la concentración conforme progresa la elaboración:

1. Estado inicial (Poco tiempo (Zunino, 2007))

- a) Incoloro, baja temperatura $< 100^{\circ}\text{C}$.
- b) Condensación del azúcar- grupo amino.
- c) Transformaciones de amadori.

2. Estado intermedio (varía de incoloro a amarillento)

- d) El azúcar se deshidrata.
- e) El azúcar se fragmenta.

3. Estado final (altamente coloreado)

- f) Los aldehídos sufren condensación.
- g) Se forman nitrógenos heterocíclicos por la polimerización de aldehídos y aminas.

La Reacción de *Maillard* consta de (3) tres etapas consecutivas que detallamos a continuación:

- 1.** No se produce coloración. Durante esta etapa ocurre la conexión entre los azúcares y los aminoácidos. Luego ocurre la reacción conocida como reestructuración de Amadori (Azúcares + proteínas que no contienen agua generan dicha reestructuración).
- 2.** Se observa la aparición inicial de tonalidades amarillas muy tenues, junto con la generación de olores ligeramente desagradables. En esta etapa ocurre la deshidratación de azúcares, resultando en las reductoras o dehidrorreductoras, y luego se produce la fragmentación.
- 3.** La tercera etapa, llamada degradación de Strecker, produce compuestos reductores que simplifican la creación de los pigmentos. En esta última etapa ocurre la creación de los famosos pigmentos oscuros conocidos como melanoidinas; aunque el proceso no es totalmente entendido, es seguro que involucra la polimerización de numerosos de los compuestos obtenidos en la segunda fase previa.

Cuando el azúcar reacciona, se generan otros compuestos con colores distintivos (ver figura 31). El orden de reactividad es el siguiente:

- 1.** Los pentosanos son aquellos que interactúan con mayor facilidad con los aminoácidos. Esta reacción es favorecida por el pH. Los azúcares básicos se presentan en la siguiente secuencia: galactosa, levulosa, dextrosa.
- 2.** Estas Rx de reagrupación de Amadori son resultado de una serie de reagrupamientos químicos. Algunos aminoácidos fundamentales como lisina, histidina y metionina se desgastan en sus características nutritivas al participar en estas reacciones.
- 3.** Al calentar la leche, el oscurecimiento sobreviene después de que aparece el sabor a cocido se genera como resultado de la degradación de los aminoácidos sulfurados presentes en la cadena proteica, liberando grupos SH.

Figura 31. Arequipe.



5.3 Manjar Blanco.

Es un producto, que se caracteriza por adicionar a la leche almidón de arroz. Sin embargo, se ha evaluado otro tipo de almidones como el de frijol y almendras. El procedimiento se basa en la NTC 3757 (2005).

Materiales

- Leche 3%
- Azúcar blanca
- Bicarbonato de sodio
- Glucosa
- Almidón (arroz)
- Esencias
- Termómetro
- Paila de acero inoxidable.
- Refractómetro (medición de °Brix)

Procedimiento.

- 1.** La leche debe ser analizada para comprobar su calidad.
- 2.** Se incorpora bicarbonato de sodio con el fin de contrarrestar la excesiva acidez de la leche y de esta manera ofrecer un medio neutro que promueve la creación del color característico del manjar.
- 3.** La leche se coloca al calor y se lleva a los 50 °C, punto en el cual se agrega el almidón (Harina de arroz), que se mezcla hasta que se disuelva. Posteriormente se agrega la glucosa y de último el azúcar.
- 4.** La mezcla sigue enfriándose hasta llegar a 74 °Brix, registrados con el refractómetro. Esta fase demanda un periodo de tiempo ya que es necesario evaporar una considerable cantidad de agua de la leche. Una vez que la mezcla empieza a expandirse, se realizan mediciones continuas hasta llegar al °Brix requerido. Si no se dispone de un refractómetro, se puede realizar el test empírico del punteo. Este consiste en enfriar una pequeña cantidad de manjar sobre una superficie hasta verificar que ya alcanza la consistencia deseada, o en un vaso con agua añadir una gota de dulce, si alcanza el fondo sin deshacerse, está preparado.
- 5.** Se desconecta la fuente de calor y se golpea con fuerza el producto con una paleta para acelerar el enfriamiento y también para introducir aire que define el color final.
- 6.** El manjar se almacena a una temperatura que no baje de los 70 °C. Se pueden emplear recipientes de boca ancha y diversos materiales (hoja-lata, madera, polietileno, vidrio, utensilios, entre otros).

5.4 Cortado de Leche.

El cortado de leche es un producto que se obtiene concentrando una mezcla de leche, azúcar y harina de arroz, después de que la leche ha sido cuajada. Se distingue por su textura semiblanda, un sabor muy distintivo, con un elevado contenido energético principalmente originado por carbohidratos de absorción rápida, y por ser rico en proteínas y calcio.

Nota: el dulce cortado tiene su elaboración de distintas maneras según la región, esto hace que los procesos para elaborarlo no sean los mismos el secreto de un buen cortado de leche es utilizar leche fresca que no haya sido pasteurizada ya que no quedaría igual al hacerlo con leche procesada.

Procedimiento de elaboración de cortado de leche.

Materiales

- Estufa (gas)
- Marmita
- Cuchara de madera
- Colador
- Termómetro
- Mates
- Leche
- Azúcar
- Cuajo
- Harina de arroz
- Panela rallada
- Bicarbonato
- Glucosa

Procedimiento

1. Se inicia con la selección de leche cruda.
2. Se realizan las pruebas de calidad de la leche.
3. Se filtra la leche.
4. Se calienta la leche a 36 grados centígrados y se adiciona el cuajo previamente diluido en una pequeña porción de agua y se procede a mezclar de manera suave, para dejar reposar por 20 minutos.
5. Cuando se ha cuajado la leche se cortar lentamente en pequeñas tiras. Para ello primero se corta la cuajada con el cuchillo en tiras de forma horizontal y luego de forma vertical. Posteriormente se mezcla por un espacio de 5 minutos.
6. Luego de este proceso, se calienta a temperatura baja durante 10 minutos, se mezcla suave y constantemente. Se adiciona el bicarbonato (0.5g).
7. Posteriormente se adiciona el azúcar y la panela rallada, se mezcla lentamente, luego se somete a cocción, al inicio con calor medio y luego alto hasta que comience a hervir (hay que tener precaución de qué el dulce no se riegue) y coja punto.
8. Se agrega 250 g de harina de arroz en medio litro de agua y se adiciona la mezcla muy lenta y uniformemente.
9. Se debe someter a cocción hasta que, al colocar una bolita de dulce en una cuchara, esta debe estar totalmente sólida (ver figura 32).
10. Para finalizar, se determina los grados Brix, y si está en el punto exacto, se retira del fuego y se deja reposar durante 10 minutos como mínimo y se empaca en totumo y vasos plásticos.

Nota: preferiblemente al día siguiente se deben tapar los vasos y recipientes esto evitará la formación de hongos causados por el vapor de agua acumulado en las tapas.

Figura 32. Cortado de leche.



5.5 Dulces Combinados.

Estos productos lácteos, como su nombre lo indica, se caracterizan por usar más de un producto en su elaboración y en el caso particular de este texto, por lo menos uno es derivado de la leche como el queso.

5.5.1 Postre de las Tres Leches. Este postre se caracteriza por la utilización de tres tipos lácteos, como son leche condensada, crema de leche y leche entera. Es un producto versátil que permite acompañarlo con otros aditivos como salsas o mermeladas.

Materiales

- Leche
- Leche condensada
- Gelatina sin sabor (2 sobres de 35 g)
- Crema de leche
- Frutas (opcional)

Procedimiento

1. Realizar pruebas de calidad.
2. Realizar el filtrado de la leche y luego la pasteurización.
3. Adicionar la gelatina (2 sobres) en agua caliente hasta disolver, para luego adicionar un vaso de agua fría y se mezcla.
4. Por otra parte, se toma la crema, la leche condensada y la leche de vaca y se mezclan con licuadora, enseguida se adiciona la gelatina y se deja licuar por un corto tiempo
5. Finalmente se vacía en un recipiente plástico y se enfría en nevera durante 2 a 3 horas.

5.5.2 Dulce de Calabaza. Este dulce se consume acompañado de Queso Campesino, se caracteriza por la combinación de Dulce de Calabaza (*Cucurbita máxima duch*) y Queso Campesino, la calabaza es una planta originaria de Suramérica, donde crece de forma silvestre, las calabazas son plantas herbáceas, anuales y generalmente trepadoras, que pertenecen a la familia de las cucurbitáceas, se aprovecha su pulpa y sus semillas, procesándolas mediante el calor en un dulce muy agradable y más aún cuando se combina con queso campesino.

Materiales

- Calabaza
- Queso campesino
- Azúcar
- Panela
- Canela, clavo, olor
- Agua

Procedimiento

1. Se debe seleccionar la calabaza y el queso campesino.
2. Retirar la cáscara a la calabaza, posteriormente se pica en partes uniformes y se depositan en un recipiente con una adición de 1 L de agua.
3. Se calienta hasta que la calabaza ablande.
4. Se escurre en un colador, se seca y se deposita en una paila, agregando azúcar, panela, canela y clavo de olor.
5. Se somete a cocción mezclando constantemente hasta reducir el dulce por aproximadamente 2 horas (ver figura 33). Finalmente se puede servir o empacar de acuerdo con las necesidades.

Figura 33. Elaboración de dulce de calabaza.



5.5.3 Jalea y bocadillo. El Bocadillo es un postre dulce elaborado con Guayaba recién madura, azúcar y panela. Esta fruta es abundante en vitaminas A, B y C. Además, posee ventajas nutricionales debido a que su pulpa es vista como ácida, lo que ayuda a reducir los niveles de colesterol.

Materiales

- Guayaba
- Azúcar
- Panela
- Mantequilla

Procedimiento

1. Lavado y selección de la fruta (guayaba).
2. Escaldado de la guayaba en agua a 95°C.
3. Se extrae la pulpa de la fruta.
4. Por cada kg de pulpa se adiciona 5 mL de jugo de limón.
5. El anterior preparado se lleva cocción durante 25 min aproximadamente con agitación constante.
6. Durante la cocción controlar los grados brix y mantenerlo entre 70 a 75°.
7. Cerca de finalizar la cocción agregar el jugo de limón.
8. Dejar enfriar y realizar el moldeado en bandejas.

Capítulo 6.

Derivados lácteos a base de crema de leche

6.1 Crema dulce.

La crema es un producto lácteo que se conoce desde hace cientos de años, asociándose principalmente con la alimentación fundamental del hombre en diferentes productos. Durante aproximadamente los últimos 40 años, los cambios en el estilo de vida, los avances en la tecnología de los alimentos y en los conocimientos sobre la nutrición, el mercado de las cremas y su gama se han ampliado notablemente (Rodríguez-Arzave et al., 2018).

Procedimiento

- 1.** Mezclar la leche entera y la crema de leche.
- 2.** Se adiciona el citrato de sodio, el emulsificante y el azúcar a una temperatura de 40°C. Se agita bien toda esta mezcla.
- 3.** Se calienta a 54.4°C y homogenizar la crema a 1500 psi (2 veces), luego devolver al pasteurizador.
- 4.** Se pasteuriza a 85°C por 15 minutos.
- 5.** Se retira de la marmita a una temperatura de 35°C y se recoge en un balde (ver figura 34).
- 6.** Se enfría a 4°C.
- 7.** Se recoge en bolsas plásticas y se sella.

En una crema de leche para consumo familiar, la materia grasa debe estar por debajo del 35%. Para ello a continuación colocamos un ejemplo.

Ejemplo: Estandarizar a 30% de materia grasa

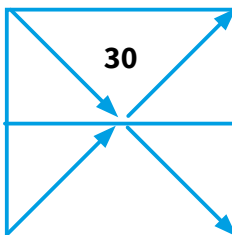
Crema de leche: 65% de materia grasa en una cantidad de 8 kg.

Leche entera líquida: 3% de materia grasa.

Materias primas

Crema de leche 65% M.G.

27 Partes de crema de leche



Leche entera líquida 3% M.G.

35 partes de leche entera líquida

$$V1C1 = V2C2$$

Para estandarizar un producto al 30% de materia grasa, se necesita mezclar 27 partes de crema de leche con 35 partes de leche entera líquida.

27 partes de crema de leche -----> 35 partes de leche entera líquida

8 kg de crema de leche -----> X

X = 10,37 kg leche entera líquida

Figura 34. Extracción de grasa de la leche.



6.2 Crema ácida.

Crema ácida. A pesar de sus múltiples usos, la crema suele considerarse un producto de lujo y, en consecuencia, su sabor tiene una importancia fundamental. La crema ácida se produce mediante la concentración de la grasa presente en la leche y un proceso controlado de fermentación, utilizando cultivos lácticos como inoculantes (Flores, C. 2005).

Materiales

- Leche
- Citrato de sodio
- Espesante (almidón modificado o mezcla de goma)
- Cultivo láctico (*Streptococcus lactis*, *Streptococcus cremoris*, *Streptococcus diacetylactis*)

Procedimiento

1. La leche se mide y se somete a evaluaciones organolépticas (olor, gusto, color), acidez, grasa y antibióticos con el fin de establecer su aptitud para ser procesada.

- 2.** Se realiza el descremado de la leche, ya sea este procedimiento descremado natural o descremado artificial.
- 3.** Se estandariza el contenido de grasa entre un 18 a 25%, para ello se realiza una mezcla de leche entera y crema de leche. Luego se adiciona citrato de sodio a una temperatura de 40°C y se agita toda la mezcla.
- 4.** La crema se calienta a 60°C y se añade espesante, que puede ser almidón modificado o alguna combinación de goma.
- 5.** Para obtener una crema más suave y sin grumos, es necesario homogenizar a presión (1500 psi). Si no se dispone del equipo adecuado, se debe agitar con fuerza hasta lograr deshacer los grumos.
- 6.** La crema debe pasteurizarse a 80°C durante 10 minutos. Después, se coloca en agua a 22°C para enfriar el producto.
- 7.** Se añade el cultivo láctico en una dosis del 2% de liofilizado y se incuba a una temperatura entre 22 y 30°C hasta alcanzar una acidez de 0.6% de ácido láctico.
- 8.** Una vez que se ha logrado la acidez requerida, la crema se refrigera hasta 5°C y se envasa en bolsas o recipientes de plástico para su comercialización.

6.3 Mantequilla.

Es un producto con un contenido de grasa de 80 % o más y Sólidos no grasos cerca del 2%

Este producto se obtiene a partir de las cremas concentradas que se baten. El procedimiento se encuentra basado en las disposiciones del NTC 734 (1996) “Productos lácteos: Mantequilla”.

Requisitos

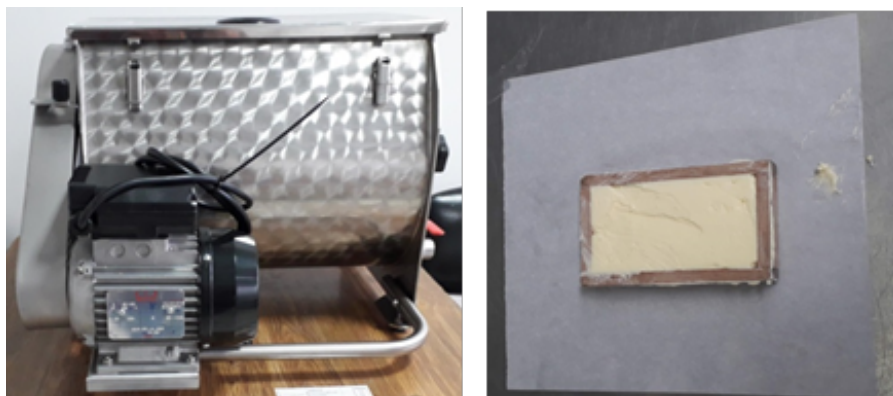
La crema para la elaboración debe contener entre el 30 y 40 % de grasa. Un contenido menor dificulta la separación de los glóbulos de grasa durante el batido y su acidez entre 30 a 40 % de ácido láctico.

Procedimiento

- 1. Batido.** El objeto es transformar la crema (Emulsión de grasa en agua) en Mantequilla. Durante este proceso sale suero como consecuencia de la centrifugación realizada. Se puede realizar el batido en dos formas:
 - **Forma manual.** Con la ayuda de las manos se procede a amasar la crema con el fin de romper los glóbulos de grasa sacando el suero. La parte sólida es la mantequilla.
 - **Forma mecánica.** Se utiliza un equipo llamado batidora. La más utilizada es la forma de barril cilíndrico que gira en torno a un eje, en su interior van los batidores, placas fijas que favorecen la agitación. Se fabrican en madera, pero debido a su dificultad de limpieza se están produciendo hoy en día en acero inoxidable con superficie interna corrugada.
- 2. Desuero.** Se trata de extraer el suero de mantequilla cuando los granos alcancen aproximadamente 5 mm de diámetro.

3. **Lavado.** Se procede a lavar después del desuero y antes del amasado con el objeto de extraer restos de suero que quedan entre los granos de mantequilla. Se puede lavar 2 o 3 veces adicionando agua mezclando cada 5 minutos y extrayendo el agua. El agua debe estar entre 3 a 10 °C. Debe ser potable y muy limpia. Si no es potable se debe pasteurizar y luego enfriarla.
4. **Amasado.** Se amasa para estandarizar la composición y dar consistencia, al igual que continuar con la eliminación de restos de suero.
5. **Salado.** Es opcional, y sirve para mejorar el sabor, ayudar a prevenir el desarrollo de hongos y bacterias. El máximo de sal debe ser de 1%.
6. **Colorantes.** El más utilizado es el achiote o annatto (bixaorellana) para acentuar el color.
7. **Empaque.** Principales materiales utilizados: Papel pergamino, papel revestido de polietileno, papel de aluminio laminado y plástico. Se debe tener en cuenta que no debe transmitir olores desagradables; Debe ser resistente a la manipulación, al oxígeno para evitar la oxidación de la grasa y el crecimiento de microorganismos, así como a la humedad y al vapor de agua para prevenir pérdidas por evaporación; y debe proteger el producto de la luz (ver figura 35).

Figura 35. Mantequillera, formación y empackado de la mantequilla.



6.4. Crema de leche con almíbar de frutas.

6.4.1 Con el uso de mantequilla.

Materiales

- Un litro de leche o una bolsa de leche pasteurizada
- Una o dos yemas de huevo
- Mantequilla
- Crema de cacao (opcional)

Procedimiento

1. Se toma una bolsa de leche pasteurizada o un litro de leche.
2. Se calienta la leche hasta una temperatura de 90 °C aproximadamente.
3. Se le agrega 250 g de mantequilla o si se tiene grasa de cacao adicionar una pequeña porción, en cubitos para que se diluya rápidamente.

4. A la temperatura anterior se la lleva a la licuadora y se procede a licuar por dos minutos.
5. Se le agrega la yema de huevo y se licua por cinco minutos más.
6. Se deja enfriar y se coloca en un recipiente de plástico o de vidrio, y se refrigera por 24 horas.
7. Cuando cumpla el proceso de maduración, la sacamos del refrigerador, se bate nuevamente con batidora o cubiertos en un recipiente de plástico hasta punto de nieve.

Según lo que se emplee se agrega azúcar pulverizada al gusto si se desea, y se bate hasta que de punto de Nieve.

6.4.2 Sin mantequilla

Materiales

- Crema de leche
- Azúcar

Procedimiento

1. Se toma la crema de leche se pasteriza. Someter a calentamiento la crema hasta llegar a los 70 a 80 grados por 15 a 20 segundos.
2. Homogenizar el azúcar y la crema de leche al estar fría.

6.5 Crema Chantilly.

Es un producto derivado de la crema de leche, que es utilizado por la repostería para la elaboración de cubiertas de pasteles, aunque no es su única función, ya que puede complementar otros platos, como las famosas fresas con crema. De esta manera, se comprende la importancia de su uso en la alimentación del ser humano (Armendariz-Sanz, 2019).

Materiales

- Crema de leche (38%)
- Azúcar Glass
- Esencia de vainilla

Procedimiento

1. La crema de leche debe estar refrigerada con el fin de conseguir un mejor resultado.
2. Se inicia con un batido suave de la crema para luego ir adicionando lentamente la azúcar Glass y la vainilla.
3. El batido continúa hasta observar que el crecimiento de la crema ha doblado el tamaño inicial, evitando separar el suero de la crema por exceso de batido.

Capítulo 7.

Elaboración de quesos

Se trata de un alimento producto de la coagulación de la leche natural entera, semidescremada, descremada, a través del cuajo u otros coagulantes adecuados, seguido de la descomposición del coágulo adquirido. Este coágulo, llamado cuajada, está constituido de una parte de la proteína de la leche, la caseína, que retiene la materia grasa y una parte más o menos grande de la fase acuosa de la leche, llamada lactosuero (Fox et al., 2017). Esta masa obtenida puede ser ingerida directamente como queso fresco o experimentar una serie de modificaciones que le confieren propiedades organolépticas particulares, formando el queso maduro.

Objetivo

Conocer la elaboración de diferentes tipos de queso.

7.1 Quesos frescos.

7.1.1 Queso campesino. Es un producto de fácil tecnología que consiste en cuajar, drenar, salar, prensar la leche fresca. El principal objetivo al elaborar este producto es poder conservar la leche, que de otra manera se perdería por no tener los medios para conservarla (Ramírez & Vélez, 2012).

El queso campesino es una variedad de queso fresco no ácido, sin maduración que puede ser prensado o simplemente moldeado, blando, de alta humedad y sabor ligeramente salado. La producción de este producto está difundida por todo el territorio nacional y según la zona donde se produce recibe el nombre. Se le conoce como queso blanco, queso de ojo, queso paísa, queso de prensa, queso fresco, queso sabanero (Higuera Marin et al., 2019).

Existe una gran variedad de formas según la zona donde se fabrique. Las principales formas son las cilíndricas y las rectangulares; su peso es variable, siendo desde 450 g y 1 kg los más comunes. Su apariencia es de color blanco cenizo y la superficie es brillante y algo rugosa.

Características del proceso.

Debido a que existen muchas variedades del queso campesino no existe una técnica que pueda ser aplicable a todos.

- a) Debes ser elaborado con leches muy frescas, las leches refrigeradas o leches almacenadas por más de 24 horas no permiten un buen producto.
- b) El ajuste de la temperatura para coagular es muy importante pues debe ser de 32°C.

El proceso de elaboración se basa en la NTC 750 (2000)

Materiales

- Leche
- Cloruro de calcio
- Cuajo

Proceso

1. Se selecciona la leche fresca y de buena calidad, con una baja acidez (0.16%), y contenidos de grasa del 2% al 3.5%.
2. Es recomendable realizar las pruebas de plataforma y de calidad de la leche.
3. Se pesa la cantidad de leche a procesar.
4. Se elabora con leche cruda generalmente, pero se recomienda pasteurizar esta leche a 62°C/30 minutos (pasteurización lenta). Se puede realizar este proceso de higienización en una olla y con agitación constante.
5. Se debe ir disolviendo el cloruro de calcio en agua con el fin de hidratarlo y por lo menos una media hora antes de adicionarla.
6. De igual manera, si se utiliza cuajo sólido se lo debe disolver previamente antes de su uso en agua hervida y que esté a temperatura ambiente.
7. El cloruro de calcio se adiciona después de pasteurizar la leche y cuando la temperatura esté por debajo de 50°C (entre un 20% y máximo 30%, es decir, 20-30 gramos/100 kg de leche entera líquida).
8. Una vez pasteurizada la leche, la llevamos a la tina de cuajado, ajustando la temperatura de coagulación entre 33°C - 35°C, siendo la óptima 35°C. Posteriormente, se adiciona el cuajo, el cual se mezcla suavemente por unos cinco minutos y se lo deja por 30-40 minutos a esta temperatura.

9. La cantidad de cuajo se la determina así:

En algunos productos comerciales se especifica la cantidad de cuajo a utilizar así: 1:20, significa que 1 mL de cuajo, podría cuajar 20 litros de leche.

Es importante entonces determinar la **FUERZA DEL CUAJO**:

$$\text{Fuerza del cuajo (Fc)} = \frac{(\text{CL} \cdot \text{TMC})}{(\text{Cc} \cdot \text{T}(\text{segundos}))}$$

CL = Cantidad de leche a cuajar (Se puede utilizar 500 mL).

TMC = Tiempo mínimo de cuajado (Generalmente, es de 40 minutos, es decir, 2400 segundos).

Cc = Cantidad de cuajo (Si es sólido 0.1 g / 10 mL; si es líquido 1 mL / 10 mL).

T = Tiempo que demora en cuajar después de adicionar el cuajo sólido o líquido.

$$\begin{aligned} \text{Fc} &= (500 \text{ mL} \cdot 2400 \text{ s}) \\ &= (0,1 \cdot 139 \text{ s}) = 86330 \end{aligned}$$

Fc = 1: 86 (1 gramo de cuajo sólido cuaja 86 kg de leche entera líquida).

El tiempo que demora en cuajar después de adicionar el cuajo sólido o líquido, se lo determina colocando una pajilla en la leche coagulada hasta que esta adopte una posición vertical en la superficie coagulada y de esta manera, se determina el tiempo que toma desde que se adicionó el cuajo líquido o sólido hasta que la pajilla asuma esta posición vertical.

Esta fuerza del cuajo (F_c) hay que determinarla después de 1 mes de haber sido abierto el recipiente que contenga el cuajo sólido o líquido. Este tiempo de evaluación, puede ser menor si se sospecha fallas en la acción del cuajo.

Una vez determinada la fuerza del cuajo (F_c) en caso de que sea necesaria, se procede a calcular la cantidad de cuajo a la temperatura que se va aplicar:

$$\text{Cantidad de cuajo} = \frac{(\text{CLC} * T^{\circ}\text{CQ} * \text{TCC})}{(F_c * T^{\circ}\text{CQ} * \text{TCQ})}$$

CLC = Cantidad de litros de leche a cuajar.

$T^{\circ}\text{CQ}$ = Temperatura del cuajo comercial

TCC = Tiempo de cuajado comercial

F_c = Fuerza del cuajo

$T^{\circ}\text{CQ}$ = Temperatura de cuajado para el queso

TCQ = Tiempo de cuajado para el queso

Un ejemplo sería:

$$\text{Cantidad de cuajo} = \frac{(50 \text{ l} * 35^{\circ}\text{C} * 40 \text{ min})}{(86 * 32^{\circ}\text{C} * 35 \text{ min})}$$

Cantidad de cuajo = 0,72g/50l de leche

Nota: Una vez determinada la cantidad de cuajo, se recomienda proceder a disolverlo en igual cantidad de agua destilada y le adicionamos un poco de sal.

- 10.** La prueba de que está listo el cuajado, es colocando con una paleta o cuchillo o introduciendo una cuchara en la superficie o encima del cuajado y si está consistente (un poco compacto), ya está listo para cortar. Al cumplir el tiempo establecido, se lleva a cabo el examen de la mano, que implica tocar la superficie de la cuajada, que está preparada cuando la palma de la mano se encuentra limpia. Cuando se encuentran adheridas a la palma de la mano partículas de cuajada, aún no está preparada y se requiere esperar un periodo más.
- 11.** El corte de la cuajada se hace en pequeños cuadros de 1 a 2 cm³. Para ello, primero se corta la cuajada con la lira en forma horizontal y luego en forma vertical. Posteriormente, se mezcla con la pala por espacio de 10 minutos.
- 12.** Después de un reposo de 5 minutos en algunos quesos se debe agitar por 15 minutos hasta que la cuajada tome consistencia y dejar reposar 10 minutos para luego desuerar. En otros casos, se eleva la temperatura del producto 2 a 4°C, ya sea con vapor o adicionando agua caliente después de haber retirado un tercio del suero y agitar por 5 minutos.
- 13.** Se desuera totalmente. De aquí, dejamos unos 5 minutos mientras se separa el suero. Entre más verdoso es el suero, indica que más sólidos se quedaron en la cuajada o queso.
- 14.** Se pesa el queso y según este peso, colocamos la cantidad de sal a un valor de 1 - 2% (100-200 g) / 100 kg de cuajada). Se mezcla la sal con el queso mediante un ligero amasado. Se moldea y puede ser prensado, aplicando el peso por 15 minutos. Cuando no es prensado debe permanecer en los moldes por 2 horas a temperatura baja, se puede voltear dos veces.
- 15.** Se desmoldan y se almacenan a 4°C durante 12 horas máximo y como mínimo dos (2) horas para que haya un proceso de maduración y compactación (ver figura 36).

16. Después de este tiempo se empaca al vacío y se distribuye para su consumo. Este queso tiene un rendimiento esperado del 15% y una humedad del 49% aproximadamente.

Figura 36. Elaboración de queso fresco.



7.1.2 Queso Ricotta. Es un queso de consumo inmediato, posee bajo porcentaje de grasa, siendo indicado por su de fácil digestibilidad. Se usa para su fabricación suero fresco de sueros comunes, dándose preferencia para suero de quesos de masa cruda.

Procedimiento

1. Se debe recoger todo el suero proveniente de la elaboración del queso antioqueño o de un queso fresco, por ejemplo. Este suero debe estar libre de sustancias que puedan perjudicar sus propiedades como son la presencia de carrageninas.
2. Una característica importante de este suero es su color, el cual debe ser de una tonalidad verdosa, lo que indica que el proceso de desuerado se hizo adecuadamente, ya que está indicando baja cantidad de caseína.
3. Se deposita este suero en una marmita y se realiza un calentamiento lento con vapor indirecto hasta una temperatura de 75°C, con agitación constante con una pala.

- 4.** Alcanzada esta temperatura, se adiciona 0.4% de vinagre blanco o ácido acético. La acción de este ácido es permitir precipitar la proteína seroalbúmina y globulina de alto valor nutricional.
- 5.** Después de adicionar este vinagre blanco o ácido acético, entonces se procede a mezclar poco a poco o suavemente hasta alcanzar una temperatura de 85°C hasta observar una mayor precipitación de la albúmina.
- 6.** Se lleva esta mezcla a una temperatura de 95°C, de igual manera, con agitación constante y suave. En este momento se logra la floculación de la albúmina, arrastrando otros elementos que se han disuelto como la caseína y la grasa entre otros.
- 7.** Se deja reposar esta floculación de estas proteínas por un período de veinte (20) minutos.
- 8.** Se observará la formación de una masa blanco-crema que se separó del suero verdoso, flotando en él.
- 9.** Se recoge en un liencillo blanco y se deja desuerar por unas dos (2) o tres (3) horas a temperatura ambiente.
- 10.** Se introduce en la cava o nevera a temperatura de 2-4°C por 24 horas, tiempo en el cual se espera que haya terminado de escurrir el suero. Además, esto evita que se acidifique mucho.
- 11.** Esta masa puede ser salada o no, en caso de que se sale, hacerlo agregando un poco en toda la superficie (0.5-1%). Se mezcla bien y se coloca en recipientes plásticos.
- 12.** Finalmente, se puede distribuir para su consumo.
- 13.** Rendimiento esperado: 4%.

7.1.3 Quesito antioqueño. Es un queso colombiano de gran consumo en la región de Antioquia y el Viejo Caldas, que tiene unas características durante el proceso que no se pueden variar para que el producto conserve sus buenas cualidades.

Es una variedad de queso fresco, no ácido, de pasta molida, moldeado y no prensado, de alta humedad. Su forma es generalmente cuadrada y su peso varía entre 200 a 450 g.

Características del proceso.

- a) Debes ser elaborado con leches muy frescas, las leches refrigeradas o leches almacenadas por más de 24 horas no permiten un buen producto.
- b) El ajuste de la temperatura para coagular es muy importante pues debe ser entre 28°C o 30°C.
- c) El tiempo de coagulación nunca debe ser inferior a 45 minutos y es mejor a 45 minutos.

Procedimiento

1. Se selecciona la leche fresca y de buena calidad, con una acidez máximo de 0.16%.
2. Se pesa la cantidad de leche a procesar, por ejemplo, 30 kg de leche entera líquida.
3. Se procede a pasteurizar esta leche a 63°C/30 minutos (pasteurización lenta).

- Se debe ir disolviendo el cloruro de calcio en agua por lo menos una media hora antes de adicionarla.
- Este cloruro de calcio se adiciona después de pasteurizar la leche y cuando la **T° esté por debajo de 50°C** (Entre un 10% y máximo 20%, es decir, 10-20 gramos/100 kg de leche entera líquida).
- Una vez pasteurizada la leche, la llevamos a la tina de cuajado a una **T° = 28°C**, adicionamos el cuajo, se mezcla suavemente por **unos cinco (5) minutos y lo dejamos por 45 minutos a esta T°**.
- La cantidad de cuajo se la determina así:

Es de tener en cuenta que el cuajo utilizado para la elaboración de los quesos, puede ser sólido o líquido. La diferencia entre los dos (2), es que el cuajo sólido suele ser más concentrado.

En este sentido, es importante considerar la fuerza del cuajo, ya que si es sólido está indicando que un gramo de cuajo, cuántos litros de leche podrá cuajar. O, por el contrario, si es líquido está indicando que un mililitro de cuajo, cuántos litros de leche podrá cuajar.

Un ejemplo sería el siguiente:

En algunos productos comerciales se especifica la cantidad de cuajo a utilizar así: 1:20, significa que 1 mL de cuajo cuaja 20 litros de leche.

Es importante entonces determinar la **FUERZA DEL CUAJO**:

$$\text{Fuerza del cuajo } (F_c) = \frac{(CL * TMC)}{(Cc * T(\text{segundos}))}$$

CL = Cantidad de leche a cuajar (Se puede utilizar 500 mL).

TMC = Tiempo mínimo de cuajado (Generalmente, es de 40 minutos, es decir, 2400 segundos).

Cc = Cantidad de cuajo (Si es sólido 0.1 g / 10 mL; si es líquido 1 mL / 10 mL).

T = Tiempo que demora en cuajar después de adicionar el cuajo sólido o líquido.

$$\text{Fc} = \frac{500 \text{ mL} \times 2400 \text{ segundos}}{0.1 \text{ g} \times 139 \text{ segundos}} = 86330$$

Fc = 1: 86 (1 gramo de cuajo sólido cuaja 86 kg de leche entera líquida).

El tiempo que demora en cuajar después de adicionar el cuajo sólido o líquido, se lo determina colocando una pajilla en la leche coagulada hasta que esta adopte una posición vertical en la superficie coagulada y de esta manera, se determina el tiempo que toma desde que se adicionó el cuajo líquido o sólido hasta que la pajilla asuma esta posición vertical.

Esta fuerza del cuajo (Fc) hay que determinarla después de 1 mes de haber sido abierto el recipiente que contenga el cuajo sólido o líquido. Este tiempo de evaluación, puede ser menor si se sospecha fallas en la acción de este cuajo.

Una vez determinada la fuerza del cuajo (Fc) en caso de que sea necesaria, se procede a calcular la cantidad de cuajo a la temperatura que se va aplicar:

$$\text{Cantidad de cuajo} = \frac{(\text{CLC} \times \text{T}^\circ \text{CQ} \times \text{TCC})}{(\text{Fc} \times \text{T}^\circ \text{CQ} \times \text{TCQ})}$$

CLC = Cantidad de litros de leche a cuajar.

T° CQ = Temperatura del cuajo comercial

TCC = Tiempo de cuajado comercial

Fc = Fuerza del cuajo

T° CQ = Temperatura de cuajado para el queso

TCQ = Tiempo de cuajado para el queso

Un ejemplo sería:

$$\text{Cantidad de cuajo} = \frac{(50 \text{ l} \cdot 35^{\circ}\text{C} \cdot 40 \text{ min})}{(86 \cdot 32^{\circ}\text{C} \cdot 35 \text{ min})}$$

Cantidad de cuajo = 0,72 g / 50 l de leche

Nota: Una vez determinada la cantidad de cuajo, se recomienda proceder a disolverlo en igual cantidad de agua destilada y le adicionamos un poco de sal.

- El corte de la cuajada se hace en tres fases utilizando un mecedor o agitador metálico:

Primer corte: En forma de cruz y por las paredes del tanque.

Segundo corte: Después de un reposo de 10 minutos y con movimientos lentos durante 10 minutos se va agitando la cuajada.

Tercer corte: Después de dejar reposar durante 10 minutos, se agita la cuajada con movimientos rápidos de abajo hacia arriba durante 10 minutos.

- Se desuera colocando la cuajada en liencillos blancos o talegos de cañamazo. Se deja en estos liencillos por unos 10 minutos, haciendo presión con las manos sobre el liencillo para el desuerado.
- Se pesa el queso y según este peso, colocamos la cantidad de sal que debe ser: 1.5-2% /15-20 g/kg de cuajada).
- Se mezcla la sal con el queso mediante un ligero amasado.
- Se procede a la molida de la cuajada: Este proceso le da la característica típica al producto y se efectúa con un molino o una máquina de moler, la calidad del grano depende del tipo de producto.
- Se coloca el queso en moldes metálicos rectangulares:
- El producto debe permanecer en el molde que le da su forma solamente de 2 a 5 minutos (ver figura 37).
- Retiramos de los moldes de tal manera, que el quesito antioqueño adopte esta forma:
- Se coloca en refrigeración por lo menos dos (2) horas y hasta por 24 horas para que haya un proceso de maduración y compactación.
- Después de este tiempo se empaca al vacío y se distribuye para su consumo.
- Este queso tiene un rendimiento entre el 16-18%.

Figura 37. Queso antioqueño.



7.2 Quesos hilados

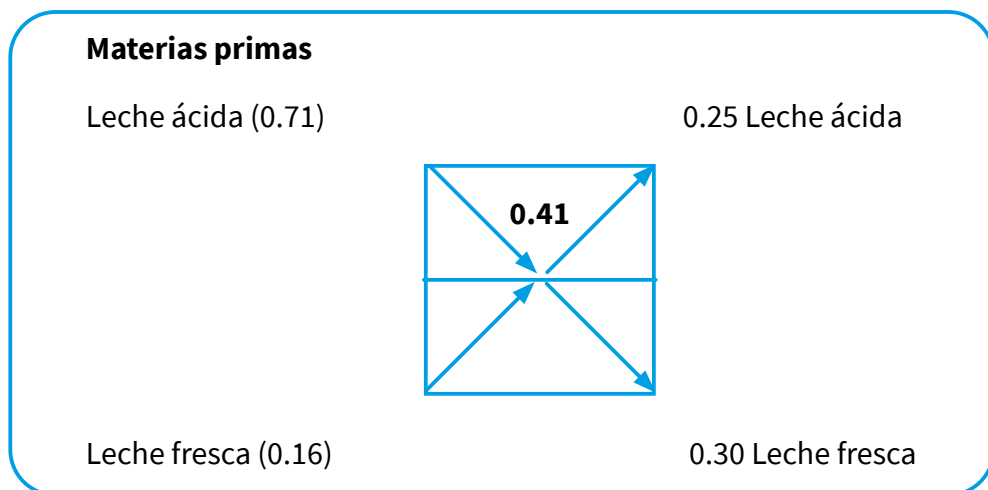
7.2.1 Queso doble crema. El queso doble crema es también uno de los quesos autóctonos colombianos. Tuvo su origen en zonas frías de alta producción de leche, pero muy alejadas de los centros de consumo y con vías de comunicación muy deficientes, que era lo que ocurría en los Valles de Ubaté y Chiquinquirá. Debido a estas circunstancias, la leche se acidificaba con relativa frecuencia y, por lo tanto, se empezó a fabricar un queso partiendo de la leche ácida, para luego, tomar esta cuajada y someterla a un proceso de hilado. Al queso se le puede adicionar una cantidad de crema de leche, dándole una palatabilidad mejor.

La tecnología de este queso fue desarrollada en los Valles de Ubaté y Chiquinquirá y posteriormente, se ha difundido en muchas zonas de clima frío principalmente. Sin embargo, en la actualidad se está fabricando queso doble crema en todas las regiones del país mediante la adopción de tecnologías y a la utilización de cultivos lácticos.

Procedimiento

1. La acidez ideal para fabricar este queso se consigue mediante la mezcla de una leche ácida, con una leche fresca, primera muestra valores superiores a 0.2; mientras que la segunda valores de 0.12 a 0.18).
2. Se puede fabricar con leche del 2 - 3.5% de grasa.
3. Para este tipo de queso, se deja fermentar la leche a una temperatura de 28°C, en un periodo de 24 horas, de tal manera que la acidez se encuentre entre 0.40 - 0.41. En este caso, no hay necesidad de colocar la leche a pasteurizar, ya que se la está sometiendo a un proceso de fermentación.
4. El siguiente paso es calcular las cantidades de leche fresca y de leche ácida, que se necesitan para lograr la acidez deseada, ya que por ejemplo, después de colocar 40 kg de leche a fermentar a 28°C y si la acidez no es la esperada de 0.40 - 0.41, sino que se obtienen, por ejemplo valores de acidez de 0.71, es necesario ajustar estas cantidades de leche fresca y leche ácida utilizando alguna metodología de balanceo como el Cuadrado de Pearson:

Se hace un cálculo de los materiales por cuadro de Pearson:



0.25 kg leche ácida. -----> 0.30 kg leche fresca

40 kg leche ácida. -----> X

X = 48 kg leche fresca

Entonces para elaborar un queso doble crema con 40 kg de leche con una acidez 0.71 se necesitaría lo indicado en la tabla 6:

Tabla 6. Materias primas para la elaboración del queso.

Ingrediente	Cantidad
Leche líquida entera	48 kg
Leche ácida	40 kg
Mezcla Total	88 g

- 5.** Se mezclan estas dos clases de leche (ácida + fresca), con agitación constante (Es importante comprobar que la acidez de esta mezcla esté entre 0.40 - 0.41).
- 6.** Se calienta esta mezcla a una temperatura entre 28 - 32°C y se adiciona el cuajo de acuerdo con la cantidad de leche. Posteriormente se mezcla bien la leche con el cuajo por espacio de 5 minutos.
- 7.** Una vez adicionado el cuajo a la mezcla de leche (ácida + fresca), se deja que el proceso de coagulación se dé a 25 - 28°C / 30 minutos.
- 8.** Después de este tiempo de coagulación, se procede a realizar el corte del cuajo en bloques grandes de 10 x 10 cm, y no se debe desmenuzar demasiado.
- 9.** Posteriormente con la pala metálica se separa el suero del cuajo en la tina de cuajado, es decir, no se retira el suero, solo se agita suavemente para separarlos. Luego se agita constantemente hasta que la temperatura alcance los 43°C (109.4°F).
- 10.** Elevar la temperatura para que la cuajada se cocine, la temperatura final no debe ser superior a 45°C (113°F). A esta temperatura se agita un poco más fuerte por espacio de 2 -3 minutos para separar el suero del cuajo.
- 11.** Se retira el suero del cuajo y se va recogiendo este cuajado en un colador metálico o plástico. Por otro lado, se recoge parte de este suero en un balde, ya que se va a necesitar posteriormente para el hilado.
- 12.** Escurrir la cuajada en una mesa inclinada durante 20 minutos para que la cuajada se acidifique, se vuelva elástica y brillante.
- 13.** Antes de efectuar el hilado se adiciona la sal sobre la mesa (1 g / kg de mezcla). Esta adición de sal también se puede efectuar cuando se lleva el cuajado a la marmita.
- 14.** Se procede a llevar el cuajado a la marmita y se eleva la temperatura de 72 a 75°C. Es recomendable adicionar un poco de suero (que se extrajo del desuerado), para ayudar al hilado y evitar que se seque el cuajado.

- 15.** Luego se continúa agitando por 10 minutos hasta que el queso quede hilado, manteniendo la temperatura entre 69 - 71°C (ver figura 38).
- 16.** Se retira de la marmita, se recoge en una bandeja y se procede a realizar el moldeo a una temperatura superior a 55°C para que la superficie del queso sea homogénea. El molde (que puede ser redondo, con un diámetro de 10 cm), no debe tener base para poder voltear 2 o 3 veces el queso.
- 17.** El enfriamiento del producto se efectúa en el molde y por un período superior a 12 horas, primero al medio ambiente y luego en refrigeración.
- 18.** Finalmente, se empaca al vacío.

Figura 38. Queso de pasta hilada.



7.2.2 Queso tipo Mozzarella. Se trata de un queso no madurado, escaldado, moldeado y de textura suave y elástica (pasta filamentosa), cuya cuajada puede o no ser blanqueada y estirada. Se elabora con leche entera y se cuaja utilizando cultivos lácticos, enzimas y/o ácidos orgánicos y sintéticos.

Materiales

- CaCl_2
- Fermento para queso Mozzarella
- Batea de acidificación

Procedimientos

1. Se evalúa la calidad de la leche
2. Se realiza pasteurización a 72°C por 15 segundos.
3. La leche debe enfriarse en agua hasta obtener una temperatura de 37°C .
4. Se adiciona CaCl_2 y fermento directo Lyofast ST, y luego se mezcla.
5. Se adiciona el cuajo
6. Se realiza el corte del cuajado en cuadros de aproximadamente 3 cm de lado.
7. Se continúa con la agitación y cocción de la cuajada a 40°C .
8. El preparado se baja a batea de acidificación (reposo en suero).
9. Se mide el pH y Temperatura.
10. Se realiza el filado en agua caliente (temperatura interna de 63°C).
11. Se realiza el moldeado del queso.
12. Se enfría sumergiendo en agua a una temperatura menor de 15°C .
13. Salado (opcional) y envasado

7.3 Quesos madurados.

Los quesos maduros son aquellos que en su proceso de elaboración requieren de más tiempo y de un cuidado especial para obtener un producto único, tipo gourmet, que combina la tecnología con el conocimiento y la aplicación de técnicas artesanales propias de la elaboración de este tipo de quesos (NTC 750, 2000). Los quesos madurados se elaboran utilizando microorganismos (Bacterias lácticas), las cuales son responsables de la actividad fermentativa y maduración del queso. En este grupo se encuentra el queso gouda que se lo elabora con leche entera pasteurizada con un porcentaje de 3.0 % de materia grasa y el queso Edam que se lo elabora con leche entera pasteurizada con un 2.0 de materia grasa. A continuación, se describe el proceso del queso Gouda:

7.3.1 Queso Gouda. El queso gouda se originó en Holanda en el siglo XVI y, a pesar de que tiene el nombre de una ciudad en Noord-Holland, este queso ha sido elaborado en los Países Bajos durante siglos. En realidad, es casi seguro que no surgió en Gouda en sí mismo, pero se le asignó este nombre, dado que esta ciudad fue el lugar donde los productores de queso y los comerciantes pudieron intercambiar productos durante la Edad Media y el Renacimiento.

El queso gouda presenta una corteza suave, resplandeciente y homogénea. En su interior se encuentra una pasta con un aspecto compacto, sin fisuras. En cuanto al gusto, posee un sabor dulce característico. Su color puede variar entre amarillo claro o amarillo ocre, dependiendo del tiempo de refinación. Su textura varía de suave a dura, en función de la edad.

Materiales

- Planta piloto de lácteos
- Cantina de leche
- Filtro de leche
- Olla de 25lt
- Elementos para prueba de plataforma
- Estufa de gas
- Termómetro
- Cultivo para queso gouda
- 20 litros de leche cruda (contenido de grasa 3.0%)
- Pesa
- Cuajo
- Sal
- Parafina
- Cera de abeja
- Recipiente para salmuera
- Toldillo
- Etiquetas

Procedimiento

1. Evaluación de la calidad de la leche.
2. Se realiza una pasteurización lenta a la leche, a 65°C por 30 minutos,
3. Luego se procede a la adición de fermentos lácticos por 20 minutos y se lleva a una temperatura entre 29-31° C.
4. Se adiciona el cuajo y se mezcla por 5 minutos. Se deja reposar por un tiempo de 25-35 minutos. A continuación, se realiza el corte o troceado de la cuajada en pequeños cubos de 0.5-1.5 cm de lado, agitándose hasta que los granos se separan del suero, proceso que dura entre 10 y 15 minutos.
5. Se continúa agitando suavemente la cuajada troceada durante unos 20-30 minutos, hasta obtener un tamaño de grano uniforme. Luego, se deja en reposo para que los granos se acomoden en la cuba.

6. Finalmente, se extrae el 30-35% del suero y se realiza el lavado de la cuajada añadiendo agua caliente (50-60°C), utilizando la misma cantidad de agua que el volumen de suero extraído, logrando una temperatura en la cuba de 36-38°C. Es recomendable evitar el impacto directo del agua caliente sobre la cuajada para prevenir la impermeabilización de los granos (plastificación).
7. Se continúa agitando durante 15-20 minutos hasta obtener granos con la consistencia deseada, manteniendo un pH entre 5.8 y 6.1. El proceso de lavado reduce la acidez en un rango de 6 a 10° Dornic.
8. A continuación, se elimina el suero sabrante. Luego, se llenan los moldes con la masa de la cuajada y se procede al prensado durante 4 horas. Este proceso de prensado se repite varias veces, girando los quesos en cada ocasión. La presión inicial es de 1-1.5 kg/cm², y se incrementa hasta 2.0-2.5 kg/cm² para alcanzar las propiedades deseadas de consistencia y pH. La temperatura usualmente se mantiene entre 18-22°C. Al finalizar el prensado, el pH debe estar entre 5.1 y 5.2, y la acidez del suero debe estar entre 36 y 41° Dornic.
9. A continuación, se realiza la inmersión en una salmuera de concentración media (19-20% de grado Dornic) a una temperatura entre 14 y 15°C durante 12 horas. La concentración de sal en la pasta del queso debe ser de 1.5-1.9% (en peso). El pH de la salmuera debe estar entre 5.3 y 5.4, mientras que el pH del queso debe oscilar entre 5.2 y 5.3.
10. Finalmente se deja madurar el queso a 13 °C con una humedad relativa de 85% por 5 semanas (ver figura 39).

Figura 39. Queso Gouda.



7.3.2 Queso Edam

Materiales

- Planta piloto de lácteos
- Cantina de leche
- Filtro de leche
- Recipiente de 25l
- Elementos para prueba de plataforma
- Estufa de gas
- Termómetro
- Cultivo para queso gouda
- 20 litros de leche cruda (contenido grasa 1.5%)
- Pesa
- Cuajo
- Sal
- Parafina
- Cera de abeja
- Recipiente para salmuera
- Toldillo
- Etiquetas

Procedimiento

1. Evaluación de la calidad de la leche.
2. Se realiza una pasteurización lenta a la leche, a 65 °C por 30 minutos, si se tiene en placas debe ser 71,5 por 15 segundos.
3. Luego se procede a la adición de fermentos lácticos por 20 minutos y se lleva a una temperatura entre 29-31° C.
4. Se agrega el cuajo y se mezcla durante 5 minutos. Luego, se deja reposar durante 25-35 minutos. Después, se realiza el corte o troceado de la cuajada en pequeños cubos de 0.5-1.5 cm de lado, agitándose durante 10-15 minutos hasta que los granos se separen del suero.

5. Se continúa agitando suavemente la cuajada troceada durante unos 20-30 minutos, hasta obtener un tamaño de grano uniforme. Luego, se deja reposar hasta que los granos se acomoden en la cuba.
6. Luego, se extrae entre un 30-35% del suero y se procede al lavado de la cuajada con agua caliente (50-60°C), utilizando la misma cantidad de agua que el volumen de suero obtenido, alcanzando una temperatura en la cuba de 36-38°C. Se recomienda evitar el impacto directo del agua caliente sobre la cuajada para prevenir la impermeabilización de los granos (plastificación).
7. Se continúa agitando durante 15-20 minutos hasta conseguir que los granos tengan la consistencia deseada, manteniendo un pH entre 5.8 y 6.1. El proceso de lavado reduce la acidez a un rango de 6 a 10 Dornic.
8. A continuación, se retira el sobrante de suero. Luego se cubren los moldes con la masa de la cuajada y se mantiene el prensado durante 4 horas. El proceso de prensado se realiza varias veces, dando varios volteos a los quesos. La presión inicial es de 1-1.5 kg/cm², aumentando gradualmente hasta 2.0-2.5 kg/cm² para lograr las características deseadas de consistencia y pH. La temperatura más comúnmente utilizada es de 18-22 °C. Al finalizar el prensado, el pH debe estar entre 5.1 y 5.2, y la acidez del suero debe oscilar entre 36 y 41° Dornic.
9. A continuación, se sumerge en salmuera de concentración media (19-20% de grado Dornic) a una temperatura de entre 14 y 15 °C durante 12 horas. La cantidad de sal en la pasta del queso varía entre 1.5 y 1.9% (en peso). El pH de la salmuera debe estar entre 5.3 y 5.4, mientras que el pH del queso debe estar entre 5.2 y 5.3.
10. Finalmente se deja madurar el queso a 13 °C con una humedad relativa de 75% por 5 semanas.

Capítulo 8.

Leches Pasteurizadas

Mediante el calor se logra la destrucción de organismos patógenos, especialmente los más termo-sensibles como los coliformes. De igual manera, se inactiva la fosfatasa alcalina con lo que se mantiene estable la microbiología de la leche.

OBJETIVOS

- Conocer el proceso de elaboración de los productos de leche consumible.

8.1 Pasteurización.

Es un procedimiento que fusiona tiempo y temperatura con el fin de garantizar la eliminación de todas las bacterias dañinas que pueden encontrarse en el producto en bruto, con el propósito de potenciar su capacidad para preservarse.

Tipos de pasteurización. Hay tres formas del proceso:

- a) Pasteurization lenta LTLT (Low temperature - long time)
- b) Pasteurización a altas temperaturas durante un breve periodo (HSTST, por sus siglas en inglés: High Temperature/Short Time)
- c) Ultra-altas temperaturas (UHT – Ultra – High Temperature)

- a) Pasteurización lenta (LTLT).** La leche se somete a una temperatura de 65°C durante 30 minutos, procedimiento que conserva de manera más efectiva el valor nutricional de la leche, aunque su efecto germicida es limitado en leches con alta cantidad de microorganismos. La pasteurización lenta es adecuada para el tratamiento de pequeñas cantidades de leche y también se utiliza para procesar algunos derivados lácteos, como el queso cuajada y el queso campesino.
- b) Pasteurización a altas temperaturas por un corto periodo de tiempo (HSTST).** El tratamiento de la leche a temperaturas entre 72°C y 80°C durante 15 segundos es un método rápido y seguro que asegura la destrucción del 100% de los microorganismos patógenos y el 99% de las bacterias no patógenas. La leche se ubica entre dos placas metálicas, también conocidas como intercambiador de calor de placas (PHE) o un intercambiador de calor en forma de tubos. Este procedimiento es el más utilizado por las industrias de alimentos lácteos a gran escala, ya que este método facilita la pasteurización de grandes volúmenes de comida en un corto periodo de tiempo.
- c) Ultra-altas temperaturas (UHT).** Aplicar temperaturas de 135 a 150° C durante un intervalo de 2 a 5 segundos. Es necesario embalaje asépticamente en contenedores estériles para extender su duración, que se estima en ocho meses. La base de las ultrapasteurizaciones radica en la esterilización constante del alimento antes de su envasado, que se realiza de manera constante y conserva la leche a una temperatura superior a la que se utiliza en el proceso de HTST.

8.2 Esterilización.

Procedimiento a través del cual un producto se encuentra exento de microorganismos capaces de proliferar bajo condiciones extremas. Hay dos procedimientos de esterilización:

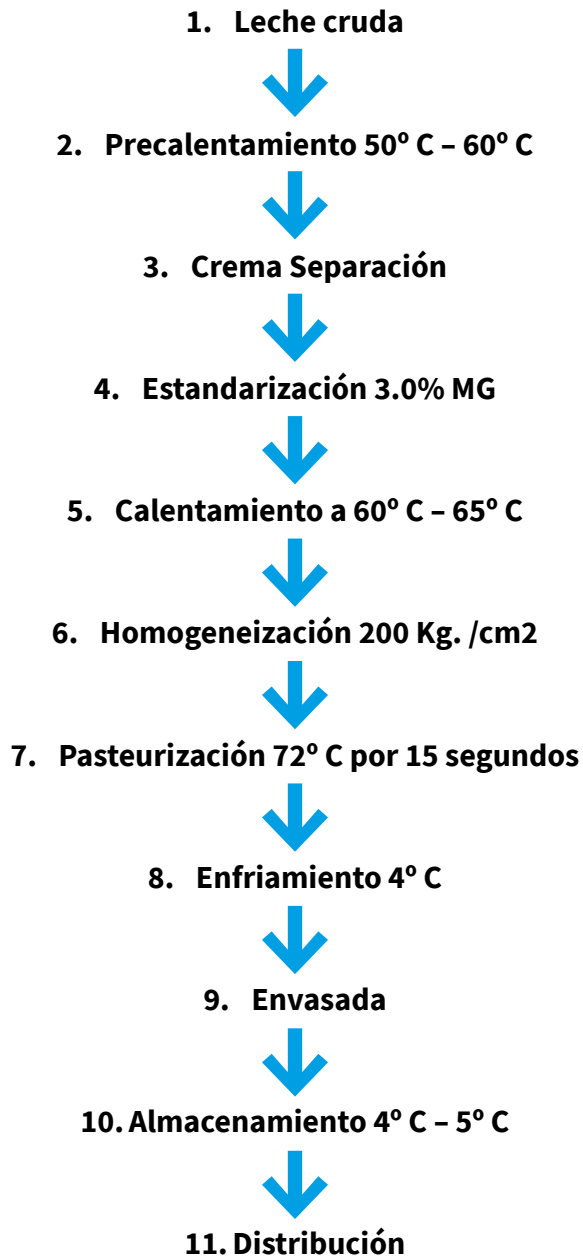
- a) En el recipiente del producto que ha sido previamente filtrado y normalizado (autoclavación), se mantienen 115°C - 120°C durante 15 - 20 minutos. Este método es comúnmente utilizado en la producción de leche evaporada, crema, leche con chocolate, leche esterilizada, entre otros productos.
- b) En el tratamiento aséptico continuo y posterior envasado (UHT), la leche se mantiene a temperaturas entre 135°C y 150°C durante 2 a 4 segundos. Este proceso se usa comúnmente para elaborar leche y crema con bajo contenido de grasa, crema de postre, flan y otros tipos de postres.

8.3 Homogenización.

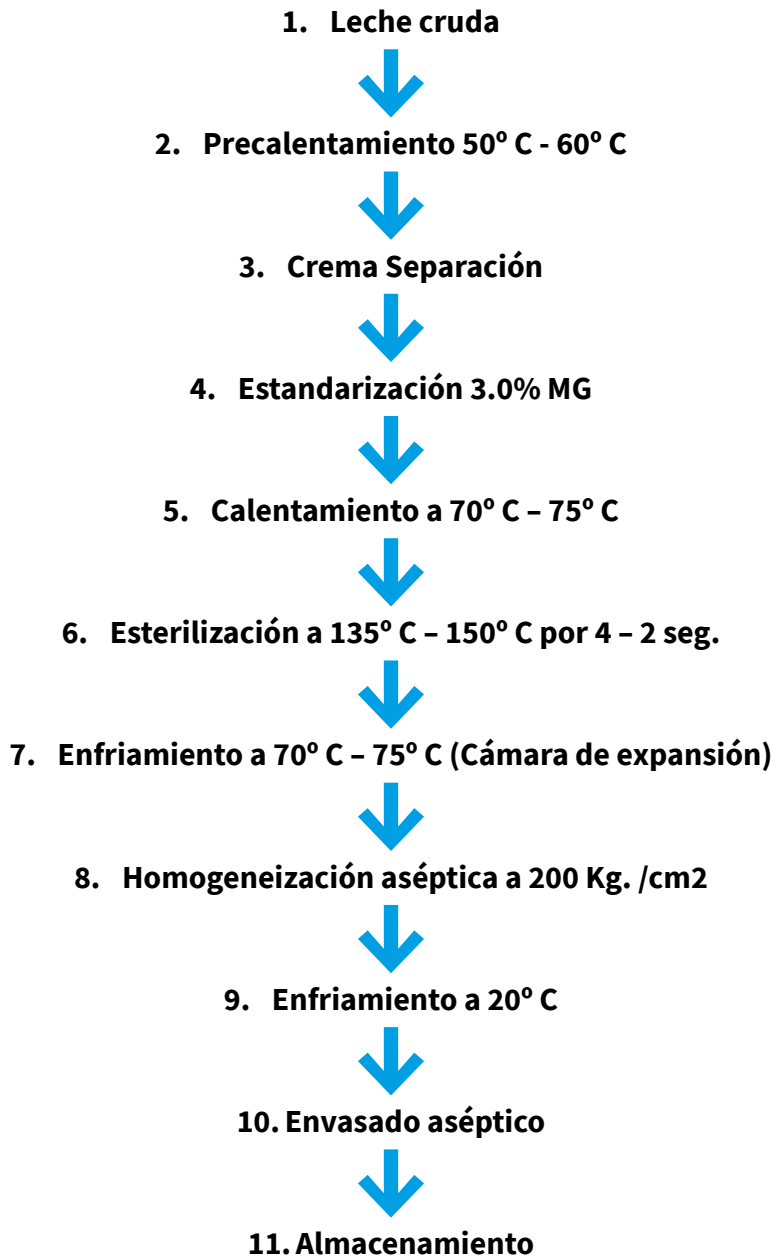
El objetivo de la homogeneización es reducir el tamaño de los glóbulos de grasa para evitar su sedimentación. Este proceso se realiza mediante un homogeneizador de válvulas, que desintegra mecánicamente los glóbulos grasos en partículas más pequeñas. La leche fresca es una emulsión que contiene alrededor del 4% de grasa en glóbulos de 2 a $10\text{ }\mu\text{m}$ de diámetro, los cuales tienden a sedimentar con el tiempo. En la homogeneización, una bomba de alta presión hace pasar la leche a través de una válvula, con una contrapresión de 15.000 a 20.000 kPa, donde los glóbulos grasos se rompen en tamaños más pequeños, entre 1 y $3\text{ }\mu\text{m}$. De esta forma, se facilita un proceso de conservación y térmico más eficiente.

Líneas de flujo (basado en Rodas, s.f.):

Línea de flujo para la leche pasteurizada



Línea de flujo para la leche ultra pasteurizada (leche larga vida)



Capítulo 9. Helados

9.1 Introducción

El helado es un dulce congelado que se ha consumido por las personas durante siglos, y su popularidad ha crecido con el tiempo. Aunque hoy en día existen diversas variedades de helados, los helados a base de leche son ampliamente consumidos en el mundo. Estos helados se caracterizan por su textura cremosa, su rico sabor y su capacidad para refrescar, convirtiéndolos en el postre ideal, especialmente durante los meses calurosos (Goff, 2006).

La base de los helados de leche está compuesta principalmente por productos lácteos, que aportan cremosidad y un buen sabor. A lo largo de la historia, la elaboración de helados ha evolucionado, pasando de ser un lujo reservado para los más pudientes a un alimento accesible para todos. Este cambio ha sido impulsado por la industrialización y la innovación en técnicas de producción, lo que ha permitido la creación de helados en masa y la introducción de nuevos sabores y combinaciones (Vargas-Bello-Pérez et al., 2019).

La química involucrada en la mezcla de ingredientes, la pasteurización, la homogeneización y la congelación juega un papel crucial en la calidad y la textura del helado final. La leche, como ingrediente principal, es rica en nutrientes y proporciona una base adecuada para experimentar con una variedad de sabores, desde los más clásicos, como vainilla y chocolate, hasta los más innovadores, que incorporan ingredientes como especias, frutas, y licores.

El helado también ha evolucionado para adaptarse a las tendencias y necesidades del consumidor moderno. Con el aumento de la conciencia sobre la salud y la sostenibilidad, muchos productores de helados están explorando alternativas más saludables, como helados bajos en grasa, sin lactosa o hechos con ingredientes orgánicos. Además, la creciente demanda de sabores únicos y exóticos ha impulsado a los fabricantes a experimentar y crear combinaciones innovadoras que atraen a una amplia gama de paladares (Vargas-Bello-Pérez et al., 2019).

9.2. Ciencia detrás del helado a base de leche.

La elaboración de helados a base de leche involucra una compleja interacción de principios científicos que garantizan la calidad, textura y sabor del producto final. Comprender la química detrás de los helados es esencial para cualquier persona interesada, ya que permite optimizar cada etapa del proceso de producción y lograr un producto de alta calidad. En esta sección, exploraremos los componentes principales del helado, cómo interactúan entre sí y el impacto de estos procesos en el helado a base de leche (Bahramparvar & Mazaheri Tehrani, 2011).

9.3 Composición y función de los ingredientes.

La base de cualquier helado de leche incluye, la leche, nata, azúcar y, a menudo, otros ingredientes como estabilizantes y emulsionantes. Cada uno de estos componentes desempeña un papel crucial en el producto final:

- **Leche y productos lácteos.** La leche es el ingrediente principal que proporciona la base cremosa del helado. La cantidad de grasa en la leche influye en la textura y el sabor. La leche entera contiene aproximadamente un 3,5% de grasa, mientras que la nata puede tener hasta un 36% de grasa. La grasa láctea no solo contribuye a la cremosidad, sino que también ayuda a atrapar el aire durante el proceso de batido, lo que afecta la textura y la ligereza del helado.

- **Azúcar.** El azúcar no solo proporciona dulzura, sino que también actúa como un agente anticongelante. Ayuda a reducir el punto de congelación de la mezcla, lo que evita que se formen cristales de hielo grandes y, en su lugar, promueve una textura suave y cremosa. Además, el azúcar mejora el sabor y contribuye al balance general de la mezcla.
- **Estabilizantes.** Estos ingredientes, como la goma guar o la goma xantana, se añaden para mejorar la textura y estabilidad del helado. Actúan absorbiendo el agua en la mezcla y ayudando a prevenir la formación de cristales de hielo grandes, lo que podría resultar en un helado granulado.
- **Emulsionantes.** Los emulsionantes, como la lecitina, ayudan a mezclar los ingredientes grasos y acuosos, creando una emulsión estable. Esto es crucial para mantener una textura homogénea y evitar la separación de la grasa durante el almacenamiento.

9.4 Química de la mezcla.

La interacción de los ingredientes durante la mezcla es un proceso fundamental que establece las bases del helado. Cuando la leche y la nata se combinan con azúcar y otros aditivos, se crea una emulsión. La calidad de esta emulsión influye en la textura y la cremosidad del helado final. A medida que se añaden los ingredientes, es crucial mezclar adecuadamente para asegurar que se distribuya uniformemente la grasa y los sólidos en toda la mezcla (Bahramparvar & MazaheriTehrani, 2011).

9.4.1 Pasteurización. La pasteurización es un proceso clave en la elaboración del helado que implica calentar la mezcla a altas temperaturas durante un tiempo determinado para eliminar patógenos y bacterias. Este proceso no solo mejora la seguridad del producto, sino que también afecta la calidad del helado. Al calentar la mezcla, se producen cambios en la proteína de la leche, lo que mejora la emulsión y la estabilidad del helado.

9.4.2 Homogeneización. La homogeneización es un proceso que consiste en forzar la mezcla a través de un pequeño orificio a alta presión, lo que reduce el tamaño de las moléculas de grasa. Este proceso es vital porque ayuda a crear una textura más suave y evita la formación de grumos de grasa. Una mezcla homogénea es esencial para un helado de calidad, ya que asegura una distribución uniforme de los ingredientes y mejora la sensación en boca.

9.4.3 Congelación y formación de cristales de hielo. Durante el proceso de congelación, la mezcla se enfría rápidamente para convertirla en helado. Aquí es donde la química se vuelve aún más interesante. A medida que la temperatura desciende, el agua en la mezcla comienza a congelarse. Sin embargo, el azúcar y otros sólidos impiden que toda el agua se congele, lo que resulta en una mezcla que contiene tanto agua congelada como un líquido no congelado. Esta mezcla es esencial para lograr la textura cremosa del helado.

La formación de cristales de hielo es un aspecto crítico. Si los cristales son demasiado grandes, el helado se volverá grumoso y poco apetecible. Por esta razón, es fundamental batir la mezcla mientras se congela. Este batido introduce aire y rompe los cristales de hielo que se forman, garantizando que sean lo suficientemente pequeños para crear una textura suave y cremosa. La cantidad de aire incorporada durante este proceso se conoce como "overrun", y puede influir significativamente en la textura y el sabor del helado (Masuda et al., 2020).

9.5 La importancia de la temperatura.

La temperatura también juega un papel crucial en la elaboración de helados. La mezcla debe mantenerse a temperaturas específicas durante cada etapa del proceso para asegurar la calidad final. Por ejemplo, la mezcla se enfría rápidamente después de la pasteurización y la homogeneización para prevenir el crecimiento bacteriano y asegurar una buena textura.

Una vez que el helado está hecho, debe almacenarse a temperaturas muy bajas para mantener su calidad. Las temperaturas de almacenamiento deben ser lo suficientemente frías para prevenir la formación de cristales de hielo grandes, lo que podría arruinar la textura.

9.6 La microbiología del helado.

Aunque la pasteurización ayuda a eliminar patógenos, la microbiología sigue siendo un factor importante a considerar en la producción de helados. Algunos microbios pueden sobrevivir al proceso de pasteurización y, si las condiciones de almacenamiento no son adecuadas, pueden multiplicarse. Esto puede afectar no solo la seguridad del producto, sino también su sabor y textura. Por lo tanto, es esencial mantener buenas prácticas de higiene y manipulación en todas las etapas de la producción (Sert & Mercan, 2021).

9.7 Innovaciones y tendencias en la ciencia del helado.

La ciencia detrás de la elaboración de helados a base de leche continúa evolucionando. Investigaciones recientes han llevado al desarrollo de nuevas técnicas y tecnologías que mejoran aún más la calidad del helado. Esto incluye la utilización de ingredientes alternativos y la modificación de procesos para crear helados más saludables, bajos en calorías o con menos azúcares.

Además, las tendencias en la producción sostenible han llevado a los fabricantes a explorar ingredientes locales y prácticas más ecológicas en la elaboración de helados. La creciente demanda de productos lácteos que sean amigables con el medio ambiente está impulsando innovaciones en la industria (Mazreati & Nateghi, 2022).

9.8 Proceso de elaboración.

La elaboración de helados a base de leche es un proceso meticuloso que involucra múltiples etapas, cada una de las cuales es crucial para obtener un producto final de alta calidad. Este proceso combina tanto la ciencia como el arte culinario, y cada fase afecta la textura, el sabor y la estabilidad del helado. A continuación, exploramos cada una de estas etapas con un mayor nivel de detalle.

9.8.1 Selección de ingredientes. La calidad de los ingredientes es fundamental en la producción de helados. La selección de cada componente afecta no solo el sabor, sino también la textura y la estabilidad del helado final.

- **Leche:** La leche es el ingrediente base y puede provenir de diferentes fuentes. La leche de vaca es la más común, pero también se utilizan otras variedades, como leche de cabra o leche de oveja, que pueden aportar sabores únicos. La leche entera, con su contenido de grasa de aproximadamente un 3,5%, es ideal para lograr una textura cremosa. Sin embargo, la elección de la leche también puede depender de factores como la salud y las preferencias dietéticas. Por ejemplo, algunas recetas pueden requerir leche baja en grasa o sin lactosa para atender a consumidores con restricciones dietéticas.
- **Nata (crema de leche):** La nata se agrega para aumentar el contenido de grasa y aportar cremosidad. La nata para montar, que tiene entre un 30% y un 36% de grasa, es especialmente popular en la producción de helados de alta calidad. La proporción de nata utilizada influye directamente en la textura final del helado, con un mayor contenido de grasa que resulta en una experiencia más rica y suave.
- **Azúcar:** El azúcar es otro ingrediente clave. No solo proporciona dulzura, sino que también actúa como un agente anticongelante, lo que ayuda a evitar la formación de cristales de hielo grandes. Además, el azúcar contribuye al sabor y mejora la palatabilidad del helado. En algunos casos, se pueden utilizar edulcorantes alternativos, como jarabes de maíz, miel o edulcorantes artificiales, para crear versiones más saludables del helado.

- **Estabilizantes y emulsionantes:** Los estabilizantes, como la goma guar, la goma xantana o la carragenina, se añaden para mejorar la textura y estabilidad del helado. Actúan absorbiendo el agua en la mezcla, evitando que se formen cristales de hielo grandes durante el congelado y almacenamiento. Los emulsionantes, como la lecitina, son esenciales para garantizar que la mezcla de agua y grasa se integre adecuadamente, lo que ayuda a crear una emulsión estable.

La selección cuidadosa de ingredientes de alta calidad es el primer paso para garantizar que el helado sea delicioso y tenga la textura adecuada.

9.8.2 Mezclado. El mezclado es la etapa donde todos los ingredientes se combinan para formar una base homogénea. Este proceso se lleva a cabo en un recipiente grande y puede hacerse manualmente o utilizando maquinaria especializada.

- **Proceso de mezclado:** Todos los ingredientes, incluyendo leche, nata, azúcar y aditivos, se combinan en proporciones específicas. El objetivo es asegurar que cada ingrediente se distribuya uniformemente. Un mezclado insuficiente puede dar lugar a una mezcla inconsistente, lo que afectaría la textura y el sabor del helado.
- **Incorporación de saborizantes:** Durante el mezclado, se pueden agregar saborizantes y otros ingredientes, como extractos, purés de frutas, o incluso trozos de chocolate. Esta es una buena oportunidad para experimentar con combinaciones de sabores y desarrollar recetas únicas. Por ejemplo, al agregar purés de frutas frescas, se puede obtener un sabor más natural y fresco en comparación con los saborizantes artificiales (Bahramparvar & MazaheriTehrani, 2011).

El mezclado adecuado es crucial, ya que influye en la calidad y el sabor del helado final.

9.8.3 Pasteurización. La pasteurización es un paso crítico en la elaboración de helados. Implica calentar la mezcla a temperaturas elevadas durante un tiempo determinado para eliminar bacterias y patógenos, garantizando así la seguridad del producto.

- **Proceso de pasteurización:** La mezcla se calienta a aproximadamente 85-90 °C durante 15-30 minutos. Este proceso no solo elimina microorganismos, sino que también mejora la emulsión y la homogeneidad de la mezcla al afectar la estructura de las proteínas lácteas. La pasteurización también ayuda a disolver completamente los azúcares y estabilizantes, asegurando que la mezcla sea uniforme.
- **Enfriamiento rápido:** Después de la pasteurización, la mezcla se enfría rápidamente a temperaturas de 4 °C para detener el proceso de cocción y prevenir el crecimiento bacteriano. Este enfriamiento rápido es crucial para mantener la calidad de la mezcla (Suebsiri et al., 2019).

9.8.4. Homogeneización. La homogeneización es un proceso que consiste en forzar la mezcla a través de un pequeño orificio a alta presión, lo que reduce el tamaño de las partículas de grasa y garantiza una distribución uniforme.

- **Mejora de la textura:** La homogeneización ayuda a crear una textura más suave y cremosa, ya que, al reducir el tamaño de las gotas de grasa, se mejora la emulsión. Esto significa que los ingredientes se combinan de manera más efectiva, lo que resulta en un helado de mejor calidad.
- **Prevención de la separación:** La homogeneización también previene la separación de los componentes, lo que es crucial para la estabilidad del helado durante el almacenamiento. Una mezcla homogénea es esencial para asegurar que el helado mantenga su textura y sabor a lo largo del tiempo.
- **Incorporación de aire:** Este proceso también puede ayudar a incorporar aire en la mezcla, lo que mejora la textura y aumenta el volumen del helado. El contenido de aire, conocido como "overrun", es un factor importante en la producción de helados, ya que una cantidad adecuada de aire puede contribuir a la ligereza del producto.

9.8.5 Enfriamiento y maduración. Después de la homogeneización, la mezcla se enfría a temperaturas cercanas a 4 °C y se deja madurar durante un periodo de tiempo específico.

- **Desarrollo de sabores:** La maduración permite que los sabores se integren y desarrollen. Durante este tiempo, los estabilizantes absorben agua y se expanden, mejorando la textura del helado. Este proceso también permite que las burbujas de aire más grandes se eliminen, lo que contribuye a una textura más suave.
- **Tiempo de maduración:** Este proceso de maduración puede durar desde unas pocas horas hasta 24 horas, dependiendo de la receta y el tipo de helado que se esté elaborando. Este tiempo es crucial para lograr una mezcla homogénea y de alta calidad.

9.8.6 Congelado y batido. El congelado y batido son las etapas finales de la elaboración del helado, donde se transforma la mezcla líquida en un producto sólido.

- **Máquina de helados:** La mezcla fría se vierte en una máquina de helados que realiza ambas funciones: congela la mezcla y la bate al mismo tiempo. El batido constante es fundamental para asegurar que los cristales de hielo se mantengan pequeños y que se incorpore suficiente aire.
- **Congelación rápida:** La máquina enfría la mezcla rápidamente, lo que evita la formación de cristales de hielo grandes. Esto es esencial para obtener un helado suave y cremoso. A medida que el agua en la mezcla se congela, los cristales de hielo se forman y el batido constante ayuda a mantenerlos pequeños.
- **Incorporación de aire:** Durante el batido, se incorpora aire a la mezcla, lo que aumenta el volumen del helado. La cantidad de aire incorporada se conoce como "overrun". Para helados de calidad, un overrun de entre 20% y 50% es ideal, ya que contribuye a la ligereza y suavidad del producto.

9.8.7 Almacenamiento y maduración final. Una vez que el helado ha alcanzado la consistencia deseada, se transfiere a un contenedor para el almacenamiento y la maduración final.

- **Condiciones de almacenamiento:** El helado debe almacenarse a temperaturas muy bajas (generalmente alrededor de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$) para garantizar su conservación. Es crucial que el helado se mantenga a una temperatura constante para evitar la formación de cristales de hielo grandes que podrían arruinar la textura.
- **Almacenamiento hermético:** Los contenedores deben ser herméticos para prevenir la entrada de aire y la absorción de olores del entorno, lo que podría afectar el sabor y la calidad del helado. También se debe tener cuidado de no abrir y cerrar los contenedores con frecuencia, ya que esto puede introducir aire y cambiar la temperatura interna.
- **Duración del almacenamiento:** Aunque el helado puede almacenarse durante varios meses, se recomienda consumirlo en un plazo de 2 a 3 meses para disfrutar de su sabor y textura óptimos. Con el tiempo, el helado puede experimentar cambios en la textura y sabor, lo que puede afectar su calidad.

SECCIÓN III.

Perspectivas en la Producción e Industrialización de Leche



Capítulo 10.

El Mercado Lácteo

10.1. Panorama Global del Mercado Lácteo

10.1.1. Historia del Mercado Lácteo

La historia de la producción y el comercio de productos lácteos se remonta a miles de años atrás, cuando los seres humanos comenzaron a domesticar animales como vacas, cabras y ovejas para obtener leche. En las primeras civilizaciones, la leche fresca y sus derivados se convirtieron en una parte fundamental de la dieta de muchas culturas.

Con el tiempo, diferentes técnicas de conservación y procesamiento de la leche se desarrollaron, como la fermentación para producir yogur o la producción de quesos que permitían conservar la leche durante más tiempo. Estas prácticas se extendieron por el Mediterráneo, Europa, Asia y África. La expansión del comercio entre civilizaciones antiguas también permitió la difusión de técnicas para la producción de productos lácteos, lo que marcó el inicio de la globalización del mercado lácteo.

Durante la Revolución Industrial, la producción de leche y productos lácteos experimentó una transformación radical. La mecanización de las granjas y el desarrollo de nuevas tecnologías, como la pasteurización, permitieron aumentar la producción y garantizar la seguridad alimentaria. La industrialización de la producción láctea también dio lugar a la creación de grandes empresas procesadoras, que comenzaron a dominar el mercado mundial.

10.1.2. Producción Mundial de Leche

A nivel mundial, la producción de leche ha crecido de manera constante a lo largo de los años. En 2022, la producción global de leche alcanzó aproximadamente 930 millones de toneladas, según informes de la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Los principales países productores incluyen a India, Estados Unidos, la Unión Europea, China, y Brasil. Estos países, debido a sus condiciones geográficas y climáticas favorables, han logrado establecer sistemas de producción eficientes que satisfacen la demanda tanto interna como externa.

India, por ejemplo, es el mayor productor de leche del mundo, contribuyendo con alrededor del 22% de la producción global. Sin embargo, la mayoría de su producción está destinada al consumo interno, dado el alto nivel de demanda doméstica. En contraste, países como Nueva Zelanda y Países Bajos producen grandes cantidades de productos lácteos principalmente para exportación, y son actores clave en el comercio internacional de productos como la leche en polvo, mantequilla y queso.

El tipo de leche producida también varía según la región. Mientras que en países como India y Pakistán la leche de búfala es una parte importante del suministro lácteo, en otras partes del mundo, la leche de vaca es la principal fuente. En regiones más áridas, como partes de África y Oriente Medio, se produce leche de camella, aunque en cantidades significativamente menores.

10.1.3. Demanda de Productos Lácteos

La demanda mundial de productos lácteos ha mostrado un crecimiento constante, influenciado por factores como el aumento de la población, la urbanización, y el incremento de los ingresos. La leche y sus derivados se consideran fuentes vitales de proteínas, calcio y otros nutrientes esenciales, lo que impulsa su consumo tanto en economías desarrolladas como en desarrollo.

En países desarrollados, el consumo de productos lácteos es alto y estable. Por ejemplo, en Europa, el consumo per cápita de productos lácteos es uno de los más altos del mundo. En Norteamérica, la tendencia ha sido

similar, aunque en años recientes, se ha observado un leve descenso en el consumo de leche fluida, compensado por un aumento en el consumo de productos como el queso y el yogur.

En mercados emergentes, como China, India y países de África subsahariana, el consumo de productos lácteos ha crecido rápidamente en las últimas dos décadas. En China, por ejemplo, el aumento de los ingresos y la urbanización ha llevado a un incremento significativo en el consumo de leche y productos lácteos, donde antes no formaban una parte importante de la dieta tradicional.

Además, los productos lácteos han encontrado un nuevo nicho entre consumidores preocupados por la salud. Productos como el yogur probiótico, las leches sin lactosa y las leches fortificadas con vitaminas y minerales han ganado popularidad debido a la creciente demanda de alimentos funcionales que ofrezcan beneficios adicionales para la salud.

10.2. Dinámicas del Mercado

10.2.1. Factores Socioeconómicos y Demográficos

El crecimiento y la demanda del mercado lácteo están directamente influenciados por varios factores socioeconómicos. Entre ellos se destacan:

- **Crecimiento poblacional:** El aumento de la población mundial impulsa una mayor demanda de productos lácteos. Se estima que para 2050, la población mundial alcanzará los 9.7 mil millones de personas, lo que sugiere una mayor necesidad de alimentos ricos en proteínas, como la leche.
- **Urbanización:** A medida que más personas se mudan a áreas urbanas, el acceso a productos lácteos se vuelve más fácil, lo que incrementa su consumo. Las zonas urbanas tienden a tener mejores infraestructuras de distribución, lo que facilita el acceso a productos frescos y procesados.

- **Ingresos y clase media emergente:** El crecimiento de la clase media en países en desarrollo ha impulsado la demanda de productos lácteos. A medida que las personas tienen mayor poder adquisitivo, buscan mejorar su dieta incluyendo más productos nutritivos, como la leche, el queso y el yogur.

10.2.2 Cambios en las Preferencias del Consumidor

En las últimas décadas, se han observado cambios significativos en las preferencias de los consumidores, lo que ha impactado directamente en la industria láctea. Entre los principales cambios se incluyen:

- **Demanda de productos saludables y funcionales:** Cada vez más consumidores buscan productos que no solo cumplan con las necesidades nutricionales básicas, sino que ofrezcan beneficios adicionales para la salud. Los productos lácteos funcionales, como los yogures con probióticos o las leches fortificadas, han crecido en popularidad. Esto representa una oportunidad de diversificación para los productores lácteos.
- **Preferencias por productos orgánicos y naturales:** El mercado de productos lácteos orgánicos ha experimentado un crecimiento significativo, especialmente en mercados desarrollados. Los consumidores están cada vez más interesados en productos libres de aditivos y hormonas, y están dispuestos a pagar un precio más alto por productos que se consideran más saludables y éticos.
- **Cambios en la percepción del bienestar animal:** Los consumidores están cada vez más preocupados por el bienestar de los animales utilizados en la producción de alimentos. Esto ha llevado a una mayor demanda de productos que provienen de sistemas de producción que garantizan un trato humanitario a los animales. En algunos países, el etiquetado de productos que garantizan bienestar animal ha sido un factor de venta clave.

10.2.3. Avances Tecnológicos

El avance de la tecnología ha sido un factor determinante en la transformación de la industria láctea. Desde el ordeño mecánico hasta la producción de productos lácteos procesados, la tecnología ha permitido aumentar la eficiencia y la seguridad de los alimentos. Algunos avances relevantes incluyen:

- **Tecnologías de ordeño automatizado:** Las granjas lecheras modernas han adoptado sistemas automatizados de ordeño que no solo aumentan la eficiencia, sino que también reducen el estrés en los animales. Estos sistemas permiten monitorear la salud del animal en tiempo real, lo que contribuye a una mejor gestión del rebaño.
- **Mejoras en la refrigeración y transporte:** La mejora en los sistemas de refrigeración ha permitido a los productores almacenar la leche durante más tiempo sin comprometer su calidad. Además, los sistemas avanzados de logística y transporte han facilitado la exportación de productos lácteos a mercados internacionales, permitiendo que productos como la leche en polvo, el queso y la mantequilla lleguen a mercados lejanos en condiciones óptimas.
- **Innovaciones en el procesamiento de alimentos:** El desarrollo de nuevas técnicas para procesar y conservar productos lácteos ha permitido la creación de una amplia gama de productos. Por ejemplo, las técnicas de ultrafiltración permiten la producción de proteínas lácteas concentradas, mientras que la pasteurización de ultra alta temperatura (UHT) ha permitido la producción de leche con una vida útil más larga.

10.3 Proyecciones Futuras del Mercado Lácteo

10.3.1. Crecimiento en Regiones Emergentes

Las proyecciones sugieren que el mercado lácteo continuará creciendo en las próximas décadas, particularmente en regiones emergentes. Se espera que el aumento de los ingresos y la urbanización en países como India, China y partes de África impulse la demanda de productos lácteos. En estas regiones, la demanda de productos lácteos per cápita sigue siendo baja en comparación con los países desarrollados, lo que representa una oportunidad de expansión para los productores.

10.3.2. Sostenibilidad y Producción Responsable

Uno de los principales retos que enfrenta la industria láctea es la sostenibilidad. La producción de leche tiene un impacto considerable en el medio ambiente, desde la emisión de gases de efecto invernadero hasta el uso intensivo de agua y tierras. En el futuro, se espera que los consumidores y las regulaciones gubernamentales exijan a los productores adoptar prácticas más sostenibles.

Los esfuerzos para reducir el impacto ambiental de la producción láctea incluyen la mejora en la eficiencia alimentaria del ganado, la reducción de las emisiones de metano mediante la selección genética y el desarrollo de nuevas tecnologías, así como la gestión eficiente del estiércol y el uso de energías renovables en las granjas.

10.3.3. Productos Lácteos Alternativos

El mercado de productos lácteos alternativos, como las bebidas de origen vegetal (soja, almendra, avena, entre otras), ha experimentado un crecimiento significativo en los últimos años, impulsado por preocupaciones sobre la salud, el medio ambiente y el bienestar animal. Aunque las ventas de productos lácteos tradicionales siguen siendo fuertes, se espera que los productos lácteos alternativos continúen ganando cuota de mercado en el futuro, especialmente en regiones como Europa y Norteamérica, donde las preferencias por opciones veganas y vegetarianas están en aumento.

Capítulo 11.

Costos de Producción en la Industria Láctea

La producción de productos lácteos es un proceso complejo que involucra diversos factores que inciden en los costos de producción. Desde la crianza y alimentación del ganado hasta la recolección de leche, el procesamiento, el transporte y la distribución, cada etapa en la cadena de suministro láctea influye en los costos finales de los productos que llegan al consumidor. En este capítulo, exploraremos los costos involucrados en la producción de leche y productos lácteos, analizando tanto los costos directos como indirectos, así como los factores que afectan la rentabilidad de los productores.

11.1 Factores Claves que Impactan los Costos de Producción

Existen diversos factores que inciden en los costos de producción en la industria láctea. Algunos de los más importantes incluyen el costo de alimentación del ganado, la mano de obra, los costos de infraestructura, el impacto ambiental, y los costos de procesamiento. Estos costos pueden variar considerablemente según la región, el tamaño de la explotación y las prácticas específicas adoptadas por cada productor.

11.1.1. Costo de Alimentación

Uno de los principales componentes del costo de producción en la industria láctea es la alimentación del ganado. La alimentación del ganado lechero puede representar entre el 40% y el 60% del costo total de producción de leche. Este costo incluye la compra de alimentos balanceados, pasto, forrajes y suplementos nutricionales necesarios para mantener a las vacas en condiciones óptimas de producción.

- **Pastos y forrajes:** Las granjas que cuentan con acceso a extensiones de tierra para pastoreo pueden reducir significativamente los costos de alimentación. Sin embargo, las granjas más intensivas en zonas urbanas o con tierras limitadas deben depender de forrajes comprados, lo que incrementa sus costos. Además, los cambios en el clima o en la disponibilidad de agua pueden afectar la producción de forrajes y aumentar los precios de estos insumos.
- **Concentrados y suplementos:** Aparte de los pastos y forrajes, los concentrados ricos en proteínas y energía son esenciales para mantener la producción de leche en niveles altos. El costo de estos concentrados está directamente influenciado por el mercado de materias primas, como los granos y la soya, los cuales son susceptibles a las fluctuaciones de precios globales. Cualquier alteración en el suministro de estos insumos puede tener un impacto significativo en los costos de alimentación del ganado.

11.1.2. Costos de Mano de Obra

La mano de obra es otro componente fundamental en los costos de producción láctea. La cantidad de personal necesario para gestionar una granja lechera depende del tamaño de la explotación y del grado de automatización en el proceso de ordeño y manejo del ganado.

- **Explotaciones pequeñas y familiares:** En las granjas más pequeñas, los costos de mano de obra suelen ser relativamente bajos, ya que muchos son gestionados por miembros de la familia.

Sin embargo, la falta de personal calificado para manejar tareas especializadas, como el manejo del ordeño mecánico o la salud animal, puede limitar la eficiencia.

- **Explotaciones medianas y grandes:** Las granjas de mayor tamaño requieren más personal especializado, lo que aumenta los costos salariales. Además, la retención de personal capacitado puede ser un desafío, especialmente en áreas rurales donde puede ser difícil atraer trabajadores con las habilidades adecuadas.
- **Tecnología y automatización:** Muchas granjas han comenzado a invertir en tecnologías que reducen la necesidad de mano de obra, como los robots de ordeño automatizado. Aunque estas inversiones requieren un desembolso inicial elevado, a largo plazo pueden reducir los costos operativos y mejorar la eficiencia en la producción.

11.1.3. Costos de Infraestructura y Equipos

El costo de mantener la infraestructura y los equipos necesarios para la producción láctea es otro factor crucial. Las granjas lecheras requieren instalaciones adecuadas para albergar al ganado, sistemas de manejo de estiércol, tanques de enfriamiento de leche y sistemas de ordeño mecánico, entre otros.

- **Construcción y mantenimiento de instalaciones:** Las instalaciones deben estar diseñadas para cumplir con estándares de sanidad y bienestar animal. Las inversiones en establos, corrales, y sistemas de ventilación adecuados son necesarias para asegurar el bienestar del ganado y la calidad de la leche producida. El mantenimiento de estas instalaciones también supone un costo continuo.
- **Tecnología de ordeño:** La adopción de sistemas de ordeño mecánico o automatizado ha permitido a los productores mejorar la eficiencia y reducir la dependencia de la mano de obra, pero estos sistemas requieren una inversión significativa. El costo de los equipos de ordeño varía según el nivel de automatización y la capacidad de producción de la granja.

11.1.4 Costos de Salud y Bienestar Animal

Mantener a las vacas lecheras saludables y productivas es un desafío que implica costos en términos de veterinarios, medicamentos, y cuidados preventivos. Una vaca sana es esencial para la producción de leche de alta calidad, por lo que los productores deben invertir en programas de salud animal que aseguren el bienestar del rebaño.

- **Programas de vacunación y control de enfermedades:** Las enfermedades pueden tener un impacto devastador en la producción lechera. Los costos asociados con la vacunación, tratamientos veterinarios, y la prevención de enfermedades comunes como la mastitis son importantes para los productores.
- **Bienestar animal:** Las regulaciones que promueven el bienestar animal están ganando importancia en la industria láctea, los consumidores muestran un interés creciente por adquirir productos provenientes de granjas que aseguran condiciones adecuadas para el bienestar de los animales. La implementación de prácticas de bienestar animal puede aumentar los costos de producción, pero también puede traducirse en mayores ingresos si se posiciona correctamente en el mercado.

11.2 Impacto de los Costos Energéticos

El costo de la energía es otro factor importante en la producción láctea. Desde la refrigeración de la leche hasta el funcionamiento de los equipos de ordeño, las granjas lecheras dependen de una fuente constante de energía para garantizar la producción de leche de alta calidad.

11.2.1. Electricidad y combustibles

Los costos energéticos están sujetos a fluctuaciones en los mercados de energía. Las granjas que dependen en gran medida de la electricidad para refrigerar la leche o para alimentar sistemas de riego, ventilación y bombeo de agua pueden verse afectadas por aumentos en los precios de la electricidad.

11.2.2. Energías renovables en la producción láctea

En respuesta al aumento de los costos energéticos, algunas granjas han comenzado a invertir en fuentes de energía renovables, como la energía solar y la energía eólica. Estas inversiones pueden reducir los costos energéticos a largo plazo y también mejorar la sostenibilidad ambiental de la producción lechera. Sin embargo, requieren una inversión inicial significativa.

11.3 Costos de Procesamiento de la Leche

Una vez recolectada, la leche cruda pasa por un proceso de transformación antes de llegar al mercado como leche pasteurizada, quesos, yogures, mantequilla, entre otros productos. El procesamiento de la leche implica una serie de costos asociados con la tecnología de procesamiento, el cumplimiento de regulaciones sanitarias, y la distribución de los productos finales.

11.3.1 Tecnología de procesamiento

Las plantas procesadoras de leche requieren tecnología avanzada para asegurar la calidad y seguridad de los productos. El equipo necesario para pasteurizar, fermentar, o procesar la leche en diversos productos es costoso y debe cumplir con estrictas regulaciones sanitarias. Además, las plantas procesadoras deben invertir en laboratorios y equipos de análisis para garantizar que los productos finales cumplan con los estándares de calidad.

11.3.2. Regulaciones sanitarias

El cumplimiento de las normativas y regulaciones sanitarias impuestas por los gobiernos es un factor clave en los costos de procesamiento de leche. En muchos países, las plantas procesadoras deben cumplir con estrictas normas de seguridad alimentaria, lo que implica inversiones en infraestructura, equipos de control de calidad, y formación del personal.

11.3.3 Costos de empaque y distribución

El empaque y la distribución de productos lácteos constituyen una parte importante de los costos de producción. El empaque debe cumplir con las regulaciones de seguridad alimentaria y, en muchos casos, también con las expectativas de los consumidores en cuanto a la sostenibilidad ambiental. Además, la distribución de productos lácteos requiere de una cadena de suministro refrigerada para garantizar que los productos lleguen frescos al consumidor.

11.4 Economías de Escala y Costos Operativos

Una de las maneras en que los productores lácteos pueden reducir sus costos de producción es mediante la implementación de economías de escala. Las granjas más grandes tienen la capacidad de distribuir sus costos fijos, como infraestructura y equipos, en un mayor volumen de producción, lo que reduce el costo promedio por litro de leche producido.

11.4.1. Reducción de costos mediante expansión

Las granjas que logran expandir su tamaño de manera sostenible pueden beneficiarse de reducciones en los costos operativos. Sin embargo, la expansión también conlleva desafíos, como la necesidad de más mano de obra, mayores costos de infraestructura y un aumento en las responsabilidades de gestión.

11.4.2. Diversificación de productos

Otro enfoque para reducir los costos y aumentar la rentabilidad es diversificar la gama de productos lácteos. Las granjas que procesan su propia leche y la transforman en productos de mayor valor agregado, como quesos o yogures, pueden mejorar su rentabilidad. Sin embargo, esta estrategia también requiere inversiones en tecnología de procesamiento y conocimientos técnicos.

Capítulo 12.

Comercialización de Productos Lácteos

La comercialización de productos lácteos es una parte fundamental de la cadena de valor en la industria láctea. Una vez que los productos lácteos han sido producidos y procesados, deben ser colocados en el mercado de manera eficiente para llegar a los consumidores y generar ingresos. Este capítulo analiza en profundidad las estrategias de comercialización, los canales de distribución y venta, las tendencias de consumo, la exportación de productos lácteos, y las oportunidades y desafíos que enfrenta el sector lácteo en el contexto global.

12.1 Estrategias de Comercialización en la Industria Láctea

Las estrategias de comercialización en la industria láctea varían en función del tipo de producto, el tamaño del productor y la estructura del mercado local. Existen diversas estrategias que las empresas y los productores lácteos utilizan para comercializar sus productos, que van desde la venta directa hasta la distribución masiva a través de grandes cadenas de supermercados.

12.1.1. Marca y Posicionamiento de Productos

Una de las principales estrategias de comercialización es el desarrollo de una marca sólida y el posicionamiento efectivo en el mercado. Las marcas en el sector lácteo juegan un papel crucial, ya que los consumidores tienden a asociar ciertos valores y cualidades con marcas específicas. Las empresas lácteas pueden diferenciar sus productos a través de diversas tácticas:

- **Calidad.** La calidad es un factor diferenciador importante en los productos lácteos. Las marcas que se destacan por ofrecer productos frescos, naturales, orgánicos o que utilizan prácticas sostenibles a menudo pueden posicionarse en un segmento premium del mercado.
- **Salud y Nutrición.** Con el creciente interés de los consumidores en la salud y la nutrición, los productos lácteos con beneficios adicionales (por ejemplo, yogures con probióticos, leches fortificadas con vitaminas, o productos bajos en grasa) pueden diferenciarse y captar una cuota de mercado mayor.
- **Sostenibilidad y Ética.** Los consumidores muestran una creciente preocupación por el impacto ambiental y el bienestar de los animales. Las marcas que adoptan prácticas éticas y sostenibles pueden diferenciarse en el mercado. Esto incluye el uso de envases reciclables, la reducción de emisiones de carbono y el tratamiento ético de los animales en las granjas lecheras.

12.1.2. Precios y Segmentación de Mercado

El establecimiento de precios en los productos lácteos depende de diversos factores, incluyendo los costos de producción, la calidad del producto y las expectativas del mercado. Existen varios enfoques en cuanto a la estrategia de precios:

- **Precios competitivos:** En mercados con alta competencia, el precio juega un papel crucial. Las empresas con grandes volúmenes de producción pueden permitirse establecer precios bajos para atraer a una mayor cantidad de consumidores.
- **Premium.** Los productos lácteos que se posicionan como productos de alta calidad o especiales (por ejemplo, orgánicos, artesanales, o productos con certificaciones especiales) pueden justificar precios más altos. Este enfoque suele dirigirse a consumidores que buscan productos más exclusivos y están dispuestos a pagar más por ellos.

12.1.3 Promoción y Publicidad

La promoción de productos lácteos puede realizarse mediante diversos medios, tanto tradicionales como digitales. Las estrategias de publicidad y promoción incluyen:

- **Medios tradicionales:** La televisión, la radio y los medios impresos siguen siendo importantes canales de promoción, especialmente en regiones rurales o en mercados donde la penetración de internet no es tan alta.
- **Medios digitales:** La publicidad en plataformas digitales, como redes sociales, buscadores y anuncios en línea, ha ganado importancia en los últimos años. Las marcas lácteas pueden aprovechar el marketing digital para llegar a audiencias específicas, promover nuevos productos y construir una relación más directa con los consumidores.
- **Promociones en el punto de venta:** Las promociones dentro de supermercados, tiendas especializadas o mercados locales, como descuentos, demostraciones o paquetes promocionales, son estrategias efectivas para incentivar la compra y dar a conocer nuevos productos.

12.2 Canales de Distribución de Productos Lácteos

La distribución eficiente es clave para que los productos lácteos lleguen a los consumidores en buenas condiciones, ya que muchos de ellos son altamente perecederos. Los canales de distribución incluyen:

12.2.1 Distribución Directa

Algunos pequeños productores optan por vender sus productos lácteos directamente a los consumidores, eliminando a los intermediarios y obteniendo mayores márgenes de beneficio. Este tipo de distribución suele llevarse a cabo a través de:

- **Venta en granja:** Los productores que cuentan con sus propias instalaciones pueden vender directamente desde la granja, lo que permite una relación más cercana con los consumidores y reduce los costos asociados con la distribución.
- **Mercados locales:** Participar en mercados de agricultores o ferias locales es una forma en que los productores pueden vender directamente sus productos a los consumidores locales, creando una experiencia personalizada.

12.2.2 Distribución a Través de Mayoristas y Minoristas

La mayor parte de los productos lácteos se distribuyen a través de mayoristas y minoristas, lo que permite llegar a un público más amplio. Los mayoristas compran grandes volúmenes de productos lácteos a precios más bajos, mientras que los minoristas se encargan de venderlos al consumidor final.

- **Supermercados y tiendas de autoservicio:** Los supermercados son uno de los canales más importantes para la comercialización de productos lácteos, ya que permiten la distribución masiva y llegan a un gran número de consumidores. Los productos lácteos suelen ocupar una sección prominente dentro de las tiendas debido a la alta demanda.
- **Tiendas especializadas:** Las tiendas que se enfocan en productos gourmet, orgánicos o locales son una opción para aquellos productores que buscan un canal más especializado y que quieran captar un nicho de consumidores que valoran la calidad y la exclusividad.
- **Distribución en línea:** La venta de productos lácteos a través de plataformas en línea ha crecido considerablemente, especialmente tras el auge del comercio electrónico. Esto permite a los consumidores comprar productos frescos desde sus hogares, aunque requiere de una logística bien organizada para mantener la cadena de frío.

12.3 Tendencias de Consumo en Productos Lácteos

El consumo de productos lácteos está influenciado por diversas tendencias que han moldeado el mercado en los últimos años. Entender estas tendencias es clave para desarrollar estrategias comerciales exitosas.

12.3.1 Preferencia por Productos Saludables

El mayor interés en la salud y el bienestar ha impulsado un incremento en la demanda de productos lácteos que ofrezcan beneficios adicionales para la salud. Esto incluye productos como leches fortificadas, yogures con probióticos, y productos bajos en grasa o sin lactosa, dirigidos a consumidores con intolerancias alimentarias.

12.3.2 Sostenibilidad y Ética en el Consumo

Los consumidores están más conscientes del impacto ambiental y ético de los productos que compran. En respuesta, las marcas de productos lácteos han comenzado a adoptar prácticas más sostenibles y a promover el bienestar animal en sus comunicaciones de marketing. La demanda de productos lácteos orgánicos o de producción ética ha aumentado.

12.3.3 Crecimiento de Alternativas Vegetales

El aumento en la popularidad de las alternativas lácteas a base de plantas, como las leches de almendra, soja, y avena, es una tendencia importante en el mercado. Aunque los productos lácteos tradicionales siguen siendo dominantes, los productores lácteos están respondiendo a esta tendencia ofreciendo versiones de productos que complementan estas alternativas.

12.4 Exportación de Productos Lácteos

La exportación de productos lácteos es una fuente clave de ingresos para muchos países, especialmente aquellos con una producción láctea que supera la demanda local. Sin embargo, exportar productos lácteos presenta varios desafíos, incluyendo la logística, las barreras comerciales, y las normativas de calidad y seguridad alimentaria en los mercados internacionales.

12.4.1 Mercados Internacionales para Productos Lácteos

Los principales mercados internacionales para los productos lácteos incluyen países en desarrollo con creciente demanda de productos nutritivos, así como países con una escasez de producción local. Los mercados clave incluyen Asia, América Latina y partes de África.

12.4.2 Barreras Comerciales y Normativas Internacionales

Los exportadores de productos lácteos deben navegar por una serie de barreras comerciales, incluidas tarifas, cuotas, y regulaciones sanitarias que varían entre los diferentes países. El cumplimiento de las normativas internacionales es esencial para garantizar que los productos exportados sean seguros y cumplan con los estándares de calidad.

12.4.3 Logística en la Exportación de Productos Perecederos

La logística en la exportación de productos lácteos implica mantener la cadena de frío desde la planta procesadora hasta el destino final, lo cual es crucial para evitar el deterioro y garantizar la calidad del producto. La falta de infraestructura adecuada o de conexiones logísticas en algunos mercados internacionales puede ser un obstáculo significativo.

Capítulo 13.

Oportunidades y Desafíos en la Industria Láctea

La industria láctea global enfrenta un entorno dinámico, lleno de desafíos y oportunidades que influyen en su evolución y crecimiento. En este capítulo, se analizarán tanto los factores que presentan obstáculos como aquellos que ofrecen oportunidades para los productores, procesadores y comercializadores de productos lácteos. La capacidad de adaptación y la innovación son clave para enfrentar los retos emergentes y capitalizar las oportunidades que ofrece este sector en constante cambio.

13.1 Desafíos en la Producción Láctea

Los desafíos que enfrenta la industria láctea abarcan factores ambientales, sociales, tecnológicos y económicos. La producción eficiente y sostenible de productos lácteos requiere superar obstáculos en varias áreas clave.

13.1.1 Cambio Climático y Medio Ambiente

El cambio climático representa una amenaza considerable para la industria láctea. Los fenómenos climáticos extremos, como sequías, inundaciones y olas de calor, pueden afectar la producción de forrajes y la disponibilidad de

agua, lo que impacta directamente en la alimentación del ganado y, por lo tanto, en la producción de leche. Además, la regulación ambiental cada vez más estricta, que busca reducir la huella de carbono de las explotaciones agropecuarias, obliga a los productores a adoptar prácticas más sostenibles.

- **Disponibilidad de agua:** La producción lechera es intensiva en el uso de agua, no solo para la hidratación del ganado, sino también para el riego de pastos y forrajes. Las regiones afectadas por la escasez de agua o con restricciones sobre su uso enfrentan mayores dificultades para mantener la producción en niveles óptimos.
- **Huella de carbono:** Las explotaciones lecheras generan emisiones de gases de efecto invernadero, principalmente en forma de metano, producto de la digestión del ganado. Las presiones para reducir estas emisiones y mejorar la sostenibilidad han llevado a la adopción de tecnologías más limpias, aunque esto representa un aumento en los costos de producción.

13.1.2 Bienestar Animal y Regulaciones Éticas

El bienestar animal es un tema cada vez más relevante tanto para los consumidores como para los legisladores. Las normativas más estrictas en torno a las condiciones de vida de los animales, la prohibición de prácticas que se consideren inhumanas, y la creciente demanda de productos lácteos provenientes de explotaciones que garanticen el bienestar del ganado obligan a los productores a implementar nuevas políticas y mejoras en la infraestructura.

- **Prácticas sostenibles:** Cada vez es más común que los consumidores busquen productos lácteos etiquetados como "libres de crueldad" o que provienen de vacas criadas en condiciones éticas. Cumplir con estas expectativas puede significar inversiones en instalaciones que garanticen espacios más amplios, alimentación adecuada y atención médica regular para el ganado.

13.1.3 Costos de Insumos y Volatilidad en los Precios

La industria láctea es altamente sensible a la volatilidad en los precios de los insumos, en especial los alimentos para el ganado, la energía, y los costos de transporte. Las fluctuaciones en los precios de los cereales, forrajes, combustibles y electricidad afectan directamente los márgenes de ganancia de los productores. Las condiciones del mercado internacional y los factores geopolíticos también influyen en la volatilidad de los precios.

- **Precio de los forrajes y concentrados:** La variación en el precio de los alimentos balanceados y los insumos para la producción animal puede afectar severamente los costos operativos de las explotaciones lácteas. Esta volatilidad es particularmente pronunciada en tiempos de crisis climáticas o de inestabilidad en los mercados globales.
- **Precios internacionales de la leche:** Los precios de los productos lácteos en los mercados internacionales también fluctúan debido a la oferta y demanda global, lo que puede influir en la estabilidad de los ingresos de los productores, especialmente aquellos orientados a la exportación.

13.1.4 Manejo de Residuos y Contaminación

La gestión de los residuos generados por las explotaciones lecheras, como el estiércol y los residuos de las plantas procesadoras, es un desafío creciente. Los residuos deben ser manejados adecuadamente para evitar la contaminación del suelo y del agua, y en algunos casos, las regulaciones ambientales exigen la implementación de sistemas de manejo de residuos más estrictos, como el tratamiento de purines y el compostaje.

- **Manejo de estiércol:** Las granjas lecheras generan grandes cantidades de estiércol que, si no se maneja adecuadamente, puede contaminar el suelo y las fuentes de agua cercanas. Las tecnologías de manejo de residuos, como los biodigestores que convierten el estiércol en biogás, representan una solución sostenible, pero implican inversiones significativas.

13.1.5 Importancia de la Planificación y Registro en la Producción Ganadera

Es importante comenzar a planificar la producción para prevenir periodos críticos derivados de la falta o la sobreproducción. Además, esto proporcionará un mejor panorama sobre la compra de materias primas en cantidades más elevadas a través de la asociatividad.

Es crucial y estratégico registrar correctamente la información para determinar el costo de producción de cada ganadero. En la actualidad, en numerosas ganaderías, la toma de decisiones se basa en confianza de su intuición o experiencia personal en lugar de utilizar datos cuantitativos y análisis estadísticos. Esto puede resultar en decisiones que no están fundamentadas en la realidad del negocio, lo que podría llevar a errores costosos.

Numerosos aspectos deben aclararse en relación a los gastos que el productor lechero debe asumir en un contexto que le demanda ser más competitivo. Es necesario establecer políticas de costos para la producción agropecuaria, con una correcta elaboración interna de las materias primas necesarias, este aspecto trasciende en la industria de la leche (ver tabla 7).

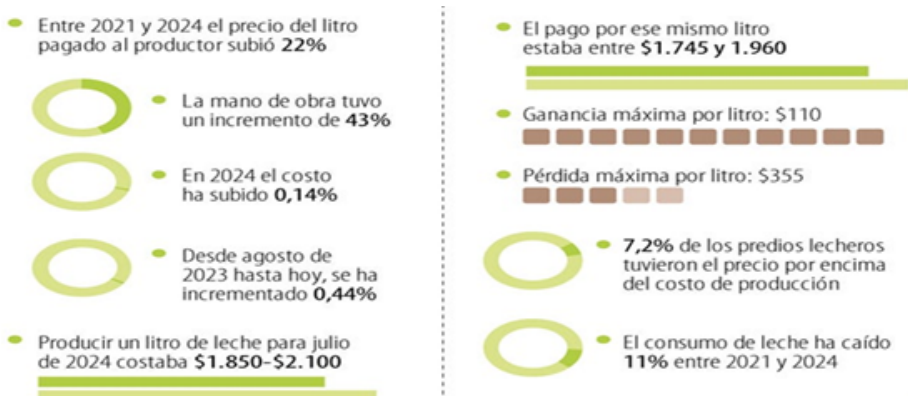
Tabla 7. Canasta de costos para diferentes ejercicios en la producción de leche – FEDEGAN FNG.

Rubro	Canasta de costos 2003	Canasta de costos 2015	Promedio muestra fincas 2024
Mano de obra	30%	54%	33%
Alimentación	32%	22%	38%
Sanidad	8%	9%	14%
Inseminación	1%	-	2%
Fertilización	11%	4%	3%
Maquinaria y herramientas	10%		
11%	1%		
Transporte	3%		2%
Otros	5%		7%

Fuente: FEDEGAN -FNG

Como se refleja en la tabla, es evidente el gran impacto del rubro de mano de obra en la composición total del costo del litro de leche. Indudablemente, esto podría ser compensado con un acceso más amplio a la tecnología que mejorara la eficiencia de los procesos habituales en el proceso de producción. Aquí se encuentra una barrera significativa (FEDEGAN, 2024, ver figura 40).

Figura 40. Costo de Producción en la Leche en Colombia.



Fuente. FEDEGÁN (2024)

13.2 Oportunidades para el Crecimiento en la Industria Láctea

A pesar de los desafíos, la industria láctea tiene numerosas oportunidades de crecimiento, impulsadas por las nuevas tecnologías, la innovación en productos y la creciente demanda de productos lácteos a nivel global.

13.2.1. Innovación en Productos Lácteos

La diversificación de productos es una de las principales estrategias para aumentar la rentabilidad en la industria láctea. Los consumidores demandan cada vez más una mayor variedad de productos, que van desde los tradicionales, como la leche y el queso, hasta productos innovadores con propiedades funcionales.

- **Productos funcionales:** Los productos lácteos con beneficios adicionales para la salud, como yogures probióticos, leches fortificadas y productos sin lactosa, tienen una demanda creciente. Los consumidores que buscan mejorar su salud digestiva, controlar su peso o mejorar su ingesta de nutrientes son atraídos por estos productos.
- **Productos artesanales y locales:** En paralelo al interés por la salud, también ha crecido la demanda por productos lácteos artesanales y de origen local, en especial quesos y yogures hechos a pequeña escala con técnicas tradicionales. Esta tendencia representa una oportunidad para los pequeños productores que pueden competir en calidad y autenticidad.

13.2.2. Tecnología e Innovación en Producción

Las innovaciones tecnológicas están transformando la industria láctea, haciendo posible que los productores reduzcan costos, mejoren la eficiencia y aseguren la sostenibilidad. Estas tecnologías incluyen:

- **Ordeño automatizado.** Los robots de ordeño han revolucionado el proceso de recolección de leche, permitiendo una mayor eficiencia y reduciendo la dependencia de la mano de obra. Este tipo de tecnología también mejora el bienestar animal, ya que las vacas pueden ser ordeñadas a su propio ritmo y en condiciones óptimas.
- **Sistemas de monitoreo del ganado.** Las nuevas tecnologías de monitoreo, como los collares inteligentes y los sensores, permiten a los ganaderos supervisar de cerca la salud y la productividad de cada vaca, optimizando la alimentación, detectando enfermedades de manera temprana y asegurando una mayor eficiencia en la producción.
- **Mejora genética.** Los avances en la genética animal están permitiendo que los productores seleccionen vacas que son más productivas, resistentes a enfermedades y eficientes en el uso de alimentos, lo que reduce los costos y mejora la rentabilidad de las explotaciones.

13.2.3 Sostenibilidad y Agricultura Regenerativa

El creciente interés por la sostenibilidad ha abierto oportunidades en el campo de la agricultura regenerativa, una práctica que busca restaurar la salud del suelo, reducir el uso de insumos externos y mejorar la biodiversidad en las explotaciones agrícolas.

- **Rotación de cultivos y pastoreo rotativo.** Estas prácticas permiten que las granjas regeneren el suelo y mejoren la calidad del pasto disponible para el ganado, lo que puede aumentar la productividad y reducir la necesidad de fertilizantes y pesticidas.
- **Biodigestores y energía renovable.** El uso de biodigestores para procesar el estiércol y generar energía renovable es otra práctica que está ganando terreno. Además de reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, los biodigestores generan biogás que puede ser utilizado para reducir los costos energéticos en la granja.

13.3 Desafíos y Oportunidades en el Mercado Internacional

La globalización ha llevado a una mayor interconexión de los mercados lácteos, presentando tanto desafíos como oportunidades para los productores que buscan expandirse más allá de sus fronteras locales.

13.3.1 Competencia Internacional

La industria láctea es altamente competitiva, con grandes productores en países como Nueva Zelanda, Estados Unidos, y la Unión Europea dominando el comercio mundial. La competencia en el mercado internacional obliga a los productores de países emergentes a mejorar la eficiencia y la calidad de sus productos para competir.

13.4 La inteligencia artificial (IA) es una realidad tanto en el presente como en el futuro del sector lácteo.

De acuerdo con (Elola, I. 2023), la integración de la inteligencia artificial en el sector lácteo es crucial para asegurar un derecho tan fundamental como la alimentación y aporta al bienestar de numerosos países (ver figura 41). La inteligencia artificial ya se está convirtiendo en una realidad en todos los aspectos de la cadena láctea, empezando por los sistemas de producción. Pero, ¿cómo está evolucionando? ¿Cómo están evolucionando las oportunidades y capacidades de la inteligencia artificial en diversos entornos, como granjas de vacas y fábricas de productos lácteos como leche, quesos, yogures, natas y mantequillas?

Figura 41. La IA en el sector lácteo.



De acuerdo con Eloga (s.f.), es evidente la implementación de la Inteligencia Artificial en las ganaderías, especialmente en las que se encuentran en una etapa más sofisticada de robotización y automatización. La gestión personalizada de cada animal y la fusión de Big Data con Inteligencia Artificial ya posibilitan avances en la mejora del bienestar animal. Mediante

sensores colocados en el collar de cada vaca, ya se puede identificar que puede estar enferma, identificando que su rumia es menor de lo habitual en su situación, cuando aún no ha manifestado ningún síntoma. Ese conocimiento preventivo posibilita responder con prontitud en estas circunstancias y cuidar al animal en lo que necesite.

Además, la fusión del Big Data y la Inteligencia Artificial posibilita un control completo de la calidad de la leche y permite que se tomen decisiones por la ordeñadora robotizada, lo que fortalece la seguridad en los alimentos y previene el desperdicio de leche. Además, en un futuro próximo, la Inteligencia Artificial permitirá mejorar la nutrición de los animales, dado que se podrá personalizar la dieta según las necesidades individuales de cada animal y las exigencias de sostenibilidad de la legislación en ascenso sobre este tema.

En un futuro la Inteligencia Artificial podría ser de gran utilidad es la interacción automatizada con clientes y consumidores a través de chatbots inteligentes, implementados en canales directos, como sitios web o redes sociales, logrando relaciones más veloces y exactas y generando un rendimiento informativo de gran valor para cualquier empresa.

En las industrias de productos lácteos, quesos, yogures, natas y mantequillas, la Inteligencia Artificial ya está comenzando a ser empleada en diversas industrias para maximizar la producción, contribuir al ahorro de energía o para implementar procesos de mantenimiento predictivo. La logística, con su repercusión en el medio ambiente, también puede obtener beneficios de su implementación, incrementando la eficiencia y produciendo ahorros en todos los aspectos.

El área más complicada y probablemente más fascinante podría ser la utilización de GenAI. La Inteligencia Artificial Generativa facilitará la ejecución de simulaciones en diferentes áreas, para, por ejemplo, desarrollar planes de largo alcance que contemplen una extensa gama de situaciones alternativas. O para perfeccionar y expandir todo el proceso de creación de nuevos alimentos acorde a las demandas y tendencias de la población global, ajustados, por ejemplo, a cambios climáticos recientes o a circunstancias de salud pública desfavorables (Eloga, s.f.).

13.4.1 Adopción y adaptación de nuevas tecnologías

A pesar de que la implementación de Inteligencia Artificial ofrece múltiples ventajas, también se topa con retos considerables. La incorporación de tecnologías emergentes demanda una inversión significativa y una transformación en la cultura de la organización. Las compañías necesitan formar a su equipo y modificar sus infraestructuras para optimizar las ventajas de la Inteligencia Artificial (The Food Tech, 2024).

La Inteligencia Artificial constituye una oportunidad inédita para la industria de alimentos de Colombia y a nivel global. La inteligencia artificial, por su habilidad para modificar los procesos de producción, potenciar la sostenibilidad y atender de manera precisa las demandas del consumidor, se posiciona como un aliado estratégico esencial. Ante los retos mundiales presentes, la incorporación de estas tecnologías emergentes se presenta como el factor crucial para garantizar un futuro alimentario próspero, seguro y sostenible (Montes, 2024).

Capítulo 14.

Normas Técnicas Colombianas (NTC)

Presentación

En el contexto de la industria láctea, garantizar la calidad y seguridad de la leche y sus derivados es fundamental tanto para la salud pública como para la competitividad del sector en los mercados locales e internacionales. En Colombia, el cumplimiento de las **Normas Técnicas Colombianas (NTC)** relacionadas con la producción de leche y productos lácteos es clave para asegurar que los procesos productivos se realicen bajo estándares óptimos de calidad, seguridad e higiene.

Estas normas han sido desarrolladas por entidades especializadas como el **Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)**, en colaboración con organismos nacionales e internacionales, para proporcionar un marco de referencia sólido que cubra todos los aspectos críticos en la producción y procesamiento de productos lácteos. Abarcan desde las características físico-químicas y microbiológicas que deben cumplir los productos, hasta los requisitos de instalaciones, equipos, manipulación, almacenamiento y transporte.

El objetivo principal de estas NTC es proteger al consumidor, garantizando que los productos lácteos sean seguros, nutritivos y de alta calidad. Asimismo, las normas buscan armonizar los procedimientos y prácticas de la industria láctea colombiana con los estándares internacionales, facilitando la participación del país en mercados globales.

Este documento introduce las principales NTC aplicables a la producción de leche y sus derivados, ofreciendo una guía clara y accesible para productores, procesadores, distribuidores y todos los actores de la cadena de valor láctea (ver tabla 8).

Tabla 8. Normas técnicas colombianas utilizadas en la Ciencia de la Leche

Norma	Nombre	Características
NTC 4491-2	Toma de muestras	Esta norma sólo describe métodos de preparación que son aplicables a varios microorganismos simultáneamente. Excluye las preparaciones que sólo se aplican a la detección y/o enumeración de un solo microorganismo cuando el método de preparación está descrito en la norma respectiva para ese microorganismo
NTC 4519	Técnica de recuento de microorganismos	Esta norma nacional especifica un método horizontal para el recuento de microorganismos, contando las colonias que crecen en un medio sólido después de la incubación aeróbica a 30 °C. Esta norma nacional es aplicable a los productos destinados al consumo humano o animal, aunque sujeta a las limitaciones expuestas en la introducción.
NTC 4458	Coliformes	Esta norma da directrices generales de un método horizontal para el recuento de coliformes, <i>Escherichia coli</i> , o ambos, presentes en productos destinados al consumo humano o alimentación de animales, por medio de la técnica de recuento de colonias en un medio sólido cromogénico o fluorogénico después de su incubación a 35 °C ± 1 °C

Norma	Nombre	Características
NTC 4779	<i>Staphylococcus aureus</i>	Esta norma especifica los métodos horizontales para el recuento de estafilococos coagulasa-positiva en productos destinados al consumo humano o para la alimentación de animales, mediante el recuento de colonias obtenidas en medio sólido (medio Baird-Parker o medio plasma de conejo fibrinógeno como medio alternativo después de incubación aeróbica a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$.
NTC 4834	<i>Clostridium</i>	La presente norma describe un método horizontal para el recuento de <i>Clostridium</i> sulfito reductores e identificación de <i>Clostridium perfringens</i> viables en productos destinados para consumo humano o animal.
NTC 4574	<i>Salmonella</i>	Esta norma describe los métodos horizontales para la detección de <i>Salmonellas</i> pp. Sujeta a las limitaciones indicadas al comienzo de esta norma, se aplica a productos para consumo humano y para alimentación animal, las muestras ambientales en el área de la producción y manipulación de alimentos. La temperatura de incubación ($35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$) se acordará entre las partes involucradas y se debe especificar en el reporte del ensayo.
NTC 4666	<i>Listeria</i>	Esta parte de la norma describe un método horizontal para la detección de <i>Listeria monocytogenes</i> . Teniendo en cuenta las limitaciones puestas de manifiesto en la introducción, esta parte de la norma es aplicable a productos destinados al consumo humano o a la alimentación animal.

Norma	Nombre	Características
NTC 4899	<i>E. coli</i> O157	Esta norma especifica un método horizontal para la detección de <i>Escherichia coli</i> Serogrupo O157. Esta norma es aplicable a los productos destinados al consumo humano o para productos de alimentación animal
GTC 78	Preparación y producción de medios de cultivo	Esta guía proporciona la terminología general relacionada con el aseguramiento de la calidad en la preparación de medios de cultivo, y especifica los requisitos mínimos para un análisis microbiológico de productos destinados al consumo humano o de alimento para animales.
GTC 171	Medios de cultivo	La presente guía establece los criterios y métodos para la determinación del desempeño de medios de cultivo. Esta guía se aplica a: - Organismos comerciales que producen o distribuyen, o ambos, medios listos para el uso o semiterminados reconstituidos o deshidratados, a los laboratorios microbiológicos. - Organismos no comerciales que suministran los medios a terceras partes. - Laboratorios microbiológicos que preparan medios de cultivo para su propio uso y evalúan estos medios.
GTC 219	Trazabilidad	Esta norma especifica dos métodos de referencia para determinar el contenido de nitrógeno de la carne y los productos cárnicos y un método de rutina para determinar el contenido de nitrógeno de la carne y los productos cárnicos

Norma	Nombre	Características
NTC 506	Leche pasteurizada	Esta norma establece los requisitos y los métodos de ensayo que debe cumplir la leche pasteurizada.
NTC 733	Leche evaporada	Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la leche evaporada que se destina a consumo directo.
NTC 805	Leches fermentadas	Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las leches fermentadas, destinadas al consumo directo. Esta norma se aplica a las leches fermentadas: yogur, kefir, kumis, leche cultivada o acidificada, bebida láctea a base de leche fermentada.
NTC 930	Crema de leche	Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la crema de leche, la crema de leche para batido montar, la crema de leche batida o montada, la crema de leche en polvo, que se destinan para el consumo directo y que han sido sometidas a pasteurización, esterilización o ultra alta temperatura UHT (UAT).
NTC 1419	Leche líquida saborizada	Esta norma establece los requisitos y ensayos que debe cumplir la leche líquida saborizada obtenida por cualquiera de los medios de higienización que se excluye en la presente norma
NTC 1468	Envases	Forma y tipos de envases de papel o cartón para leche
NTC 2990	Cuajos	Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos y los ensayos que deben cumplir los cuajos o enzimas lactocoagulantes.

Norma	Nombre	Características
NTC 3856	Leche UHT	Esta norma establece los requisitos que deben cumplir las leches UAT (UHT) ultra alta temperatura larga vida y leche ultrapasteurizada
NTC 4225	Queso fundido	Esta norma establece las definiciones, clasificación y los requisitos que debe cumplir el queso fundido para consumo directo o para elaboración posterior. La presente norma contempla el queso fundido, categoría que comprende: queso fundido, queso fundido de una variedad denominada, queso fundido para untar o extender, queso fundido para untar o extender de una variedad denominada, preparados y emulsiones a base de queso fundido.
NTC 4518	Muestreo leche	Esta norma especifica los planes de muestreo para la inspección por atributos de la leche y los productos lácteos. Está prevista para escoger el tamaño de la muestra en cualquier situación donde se requiera medir la conformidad de un lote de un producto lácteo con una especificación, mediante el examen de una muestra representativa.
NTC 4573	Requesón	Esta norma establece las definiciones, clasificación y los requisitos que debe cumplir el requesón destinado para consumo directo o para elaboración posterior.

Norma	Nombre	Características
NTC 666	Leche y productos lácteos	Esta norma proporciona una guía sobre los métodos de muestreo de leche y productos lácteos para análisis microbiológico, químico, físico y sensorial, excepto para muestreo de leche de animales individuales en la finca y dentro de esquemas de pago por calidad. No es aplicable a la selección de un número de unidades de un envío, ni a las operaciones posteriores en el laboratorio.
NTC 399	Leche cruda	Establece los requisitos que debe cumplir la leche cruda como materia prima para su industrialización.
NTC 4978	Acidez en leche	Esta norma especifica el método de referencia para determinar la acidez titulable de: leche líquida, leche evaporada, leche condensada azucarada, leche en polvo, leche fermentada, leche fermentada en polvo, leche saborizada, suero en polvo, suero líquido y crema de leche.
NTS_USNA 007	Norma sanitaria de manipulación de alimentos	Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos sanitarios que se deben cumplir en los establecimientos de la industria gastronómica, para garantizar la inocuidad de los alimentos, durante la recepción de materia prima, preparación, almacenamiento, comercialización y servicio, con el fin de proteger la salud del consumidor.

14.1 MANUAL DE BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA

Presentación

La industria láctea es un sector importante en el ámbito alimentario, ya que los productos derivados de la leche forman parte fundamental de la dieta diaria de millones de personas. Debido a la naturaleza perecedera de la leche y su alta susceptibilidad a la contaminación, es imprescindible garantizar que todos los procesos involucrados en su manejo y transformación cumplan con los más altos estándares de calidad e higiene.

Este manual de **Buenas Prácticas de Manufactura (BPM)** está diseñado para ser una herramienta en la implementación de controles y medidas preventivas en los sistemas de producción; con esto se busca que los productos lácteos cumplan con los requisitos de seguridad alimentaria, calidad nutricional y satisfacción del consumidor.

A lo largo de esta cartilla, se describen los principios básicos de las BPM, los cuales buscan minimizar los riesgos de contaminación biológica, química y física en los productos, así como promover un ambiente de trabajo limpio y seguro para los operarios. Estos lineamientos abarcan aspectos fundamentales como la higiene personal, el control de plagas, el uso adecuado de equipos, el saneamiento de instalaciones y la correcta manipulación de insumos.

La elaboración de esta guía busca facilitar la comprensión y aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura para todos aquellos que participan en el proceso productivo de la leche y sus derivados, desde pequeños productores hasta grandes industrias. Al seguir estas recomendaciones, no solo se cumple con la normativa vigente, sino que se contribuye activamente a ofrecer productos más seguros y de mayor calidad a los consumidores.

Manual de Buenas prácticas de Manufactura

BUENAS PRÁCTICAS DE MANUFACTURA (BPM):

Son los fundamentos y procedimientos generales en el manejo de alimentos, tales como: preparación, elaboración, empaquetado, almacenaje, transporte y distribución de los alimentos destinados al consumo humano. Para asegurar que los productos se elaboren en un ambiente de salud apropiado y minimizar los peligros propios de la producción, como la contaminación, deterioro o adulteración de los alimentos. Para alcanzar este objetivo, es crucial que todos los trabajadores implicados en la producción conozcan lo que debe hacer y cuándo, siguiendo estas directrices.

NORMATIVIDAD

Se establecen las normas básicas que constituyen la aplicación de las Buenas Prácticas de Manufactura, destinadas a garantizar la sanidad de los alimentos y la salud de los consumidores.

Higiene de Alimentos

Diferentes de acciones de prevención requeridas para asegurar la seguridad y calidad de los alimentos en cada fase de su gestión.

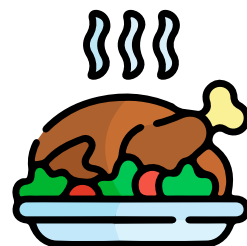
Alimento

Son productos artificiales o naturales que al ingerirse da los nutrientes al organismos y la energía necesaria para el desarrollo del metabolismo.



Alimento para consumo humano

Aquel que se encuentra libre de compuestos tóxicos, toxinas y microorganismos materias extrañas.



Alimento contaminado

El que posee agentes o sustancias ajenas de cualquier tipo, en cantidades que superan las permitidas.



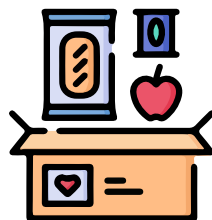
Materia Prima

Materiales naturales o sintéticos utilizados por el sector industrial de uso alimentario, para su incorporación directa en alimentos destinados al consumo humano.



Insumos

Comprende los ingredientes, envases y alimentos.



Sanidad

Alimento sano es aquel que está libre de deterioro. El deterioro es causado por diferentes formas de contaminación:

Contaminación Física: Descubrimiento de componentes ajenos, obtenidos por el alimento durante su proceso de producción, almacenaje o traslado.

Contaminación Química: Dado el contenido de sustancias químicas tóxicas presentes de manera natural en los alimentos.

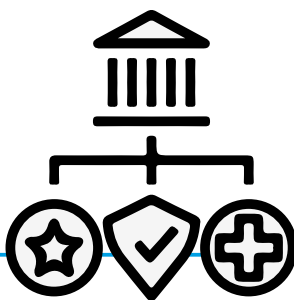
Contaminación Biológica: Se produce por microorganismos presentes en la superficie o en el interior del producto.

Fábrica de Alimentos



Planta de Procesamiento:

Es el establecimiento en el cual se realiza una o varias operaciones tecnológicas e higiénicas, destinadas a elaborar alimentos para el consumo humano.



Diseño Sanitario:

Es el conjunto de características que deben reunir las edificaciones, equipos e instalaciones de los establecimientos dedicados a la fabricación, procesamiento, almacenamiento y transporte, con el fin de evitar riesgos en la calidad y sanidad del alimento.

Limpeza y Desinfección



Limpeza

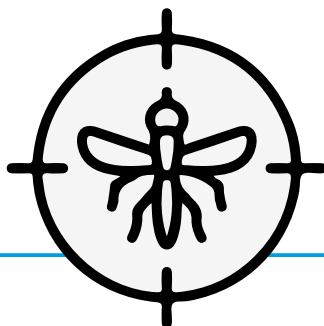
Se refiere al procedimiento o acto de eliminar desechos de alimentos u otras sustancias ajena o no deseadas.

Desinfección

Procedimiento que sigue a la limpieza, su meta es disminuir la existencia de microorganismos en el entorno a través de sustancias químicas y/o físicas.

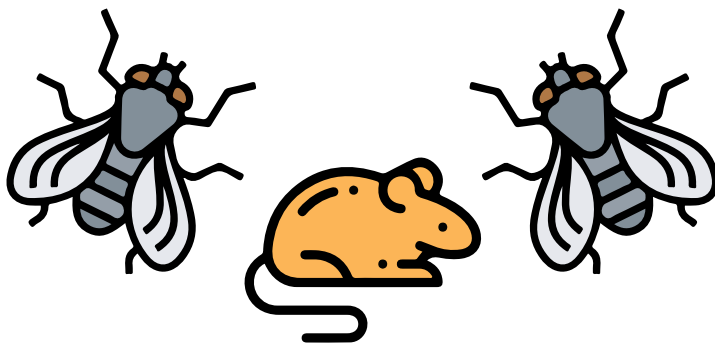
- Se realiza la desinfección cuando la superficie se encuentra totalmente limpia. Una solución de Cloro puede ser empleada.
- El nivel de agente desinfectante fluctúa dependiendo del tipo de superficie que se está limpiando.
- Es preferible aplicar la solución de Cloro sobre la superficie con un atomizador, de manera que quede totalmente cubierta. No se debe emplear la mano para dispersar la solución desinfectante.
- Se mantiene la capa de solución desinfectante en la superficie durante al menos 10 minutos.
- Lavar con agua a presión para consumir.
- Realizar una revisión visual, garantizando que no existan residuos de desinfectante en la superficie.

Plagas



Animales que viven en o sobre el alimento causando merma, alteración, contaminación, como:

- Hormigas y cucarachas (insecto rastrero)
- Moscas (insecto volador)
- Ratones y ratas (roedores)



INFESTACIÓN

Es la presencia y multiplicación de plagas que pueden contaminar los alimentos y materias primas.

Higiene Personal

Ropa de Trabajo

DELANTAL



Debe ser preferiblemente de color blanco y estar limpio al comienzo del día y mantenerse en estas condiciones. Los delantales debe lavarlos diariamente cada persona en su casa. No se debe traer puesta la ropa de trabajo, desde la calle. Los delantales no deben presentar desgarres, partes descosidas o presencia de huecos, tampoco bolsillos por encima de la cintura, con el fin de evitar que caigan artículos accidentalmente en el producto.

Además, se recomienda el uso de delantales plásticos encima de los uniformes para aumentar la protección contra la contaminación del producto. Estos delantales deben atarse al cuerpo de forma segura para prevenir accidentes de trabajo.

GORRA

El personal manipulador de alimentos debe cubrir su cabeza con una redcilla o gorra. El cabello deberá usarse de preferencia corto. Las personas con cabello largo deben asegurarse de sujetarlo de tal forma que no se salga de la redcilla o gorra.

CALZADO

Sólo se permiten zapatos cerrados y de suela anti-deslizante, de preferencia botas. Los mismos deben mantenerse limpios y en buenas condiciones.



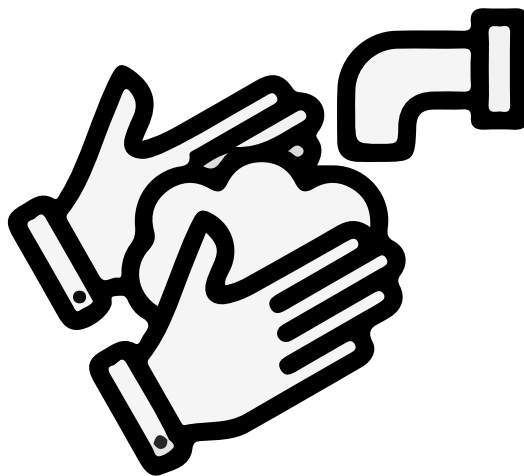
GUANTES

Si para manipular los productos se necesita de guantes, estos deben estar en buenas condiciones, limpios y desinfectados, los mismos pueden ser de látex. El uso de guantes no exime al trabajador de lavarse las manos.

TAPABOCAS

Todo personal que entre en contacto con productos, material de empaque o superficies de contacto con el alimento debe cubrirse la boca y la nariz con un tapabocas o mascarilla, para no contaminar.

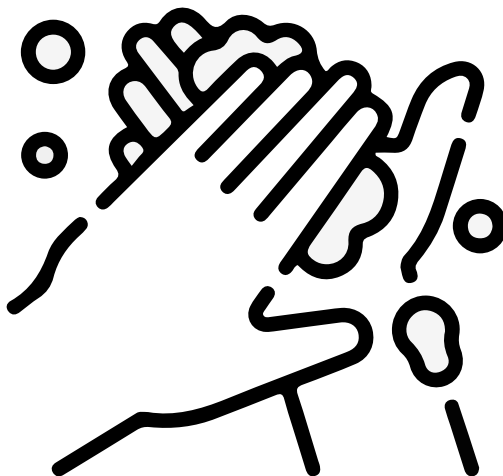




Es necesario que el personal adopte las siguientes costumbres:

- Tomar un baño cada día, previo a la jornada laboral.
- Aplicar talco y desodorante.
- Realizar lavados de cabello regulares y peinados.
- Lavar las manos.
- Modificar la ropa interior cada día.
- Rasurarse todos los días.
- Conservar las uñas cortas, limpias y exentas de esmalte.
- El manipulador no puede tener barba larga. El uso de un bigote está permitido siempre que no exceda el borde de la boca y no se extienda más allá de los bordes de la boca.
- La utilización de patillas está permitida siempre que estén recortadas y no se extiendan más allá de la parte inferior de la oreja.

Limpieza Personal



Manos

El personal debe lavarse obligatoriamente las manos:

- Al ingreso al area de trabajo.
- Antes de entrar en contacto con el alimento cocinado.
- Cada vez que cambia de una área.
- Luego de entrar en contacto con alimentos crudos.
- Antes y luego de almorzar (comer).
- Luego de ir al sanitario.
- Cuando se toca la nariz, tose o estornuda.
- Luego de fumar.
- Cuando ha manipulado basura.
- Luego de tocar dinero.

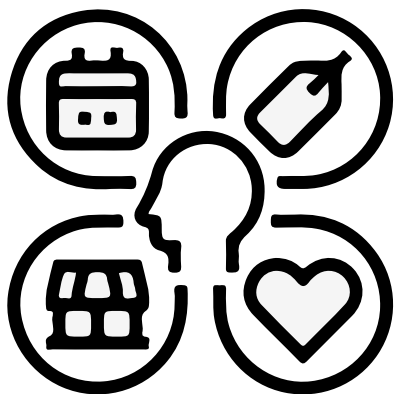


Fuente: <https://www.imss.gob.mx/salud-en-linea/infografias/lavado-manos>

NORMA PARA LAVADO DE MANOS

- Remoje sus manos.
- Frote jabon con desinfectante.
- Lave las manos haciendo un movimiento cirucular (15 a 20 segundos).
- Limpie uñas, entre los dedos y debajo de los mismos.
- Lave, el antebrazo, especialmenta las partes que tienen más contacto con otras sustancia.
- Seque o escurra el exceso de agua.
- No vuelva a tocar la llave del agua, luego de lavadas las manos (utilice una toalla desechable).

Conducta Personal



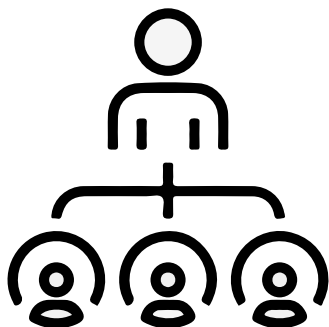
- Rascarse la cabeza u otras partes del cuerpo.
- Tocarse la frente.
- Introducir los dedos en la boca, nariz y orejas.
- Tocarse el cabello o los bigotes.
- Exprimir espinillas
- Escupir

Si se incurre en algunos de estos actos la persona debe lavarse inmediatamente las manos.

- Antes de toser o estornudar, debe alejarse rápidamente del producto que está manipulando, cubrirse la boca y luego lavarse las manos con jabón desinfectante para evitar la contaminación microbiológica.
- Es prohibido meter los dedos o las manos en los productos si estas no se encuentran limpias o cubiertas con guantes.
- Para evitar la caída de los artículos en el producto, no se permite llevar en los uniformes: lapiceros, lápices, anteojos, monedas, etc., Particularmente de la cintura para arriba.
- Dentro del área de elaboración está prohibido fumar, ingerir alimentos, bebidas y escupir.
- No se permite el ingreso de alimentos o bebidas en el área de elaboración.
- Los almuerzos deben almacenarse en los lugares apropiados y en recipientes o cajas diseñadas para tal fin.
- No se permite guardar la merienda en los armarios de los empleados.
- El uso de anillos, aretes, joyas u otros accesorios está prohibido mientras el personal desempeña sus tareas. Si se usan lentes, deben sujetarse a la cabeza con bandas.

- Está prohibido el uso de maquillaje.
- Las áreas de trabajo deben mantenerse siempre limpias. No se debe colocar ropa sucia, trapos, envases ni utensilios en las superficies de trabajo, para evitar la contaminación de los productos alimenticios.
- No se debe probar los alimentos con los dedos.
- No se debe dejar los alimentos descubiertos.
- Evitar el uso de toallas, ropa o trapos de cocina para secarse las manos.

Supervisión



El encargado de la planta de elaboración, deberá velar por el cumplimiento de las medidas estipuladas.

Sus áreas de responsabilidad son las siguientes:

- Vigilar el cumplimiento del control de enfermedades en los empleados.
- Supervisar los hábitos de higiene de los trabajadores.
- Revisar el estado general de limpieza en la planta.
- Revisar estado y limpieza de los uniformes
- Inducir a cada nuevo empleado en las buenas prácticas higiénicas y sanitarias.

Todas estas prácticas higiénicas pueden recordarse al personal mediante la colocación de rótulos en ciertos lugares de la empresa.

Los beneficios son:



- Buena reputación de la empresa.
- Mejores rendimientos e ingresos.
- Ambiente de trabajo seguro y agradable.
- Salud y satisfacción
- Satisfacción personal y laboral.

Limpieza y Desinfección



- **LIMPIEZA:** Proceso en el que se elimina la suciedad adherida (como tierra, residuos de alimentos, grasa u otras sustancias visibles) utilizando jabón o detergente (agentes de limpieza), y que debe aplicarse a equipos, utensilios, pisos y paredes.
- **LIMPIEZA HÚMEDA:** Es el proceso en el que se utiliza una solución limpiadora, generalmente compuesta por agua y detergente.
- **AGENTE DE LIMPIEZA:** Son sustancias utilizadas para eliminar la suciedad. Los más comunes son los detergentes, los jabones y el agua, que se emplea para preparar las soluciones de limpieza.



- **DETERGENTE:** Sustancia que facilita la separación de materias extrañas presentes en las superficies. El agua arrastra esa suciedad por mezcla del detergente en ella.
- **ENJUAGUE:** Eliminación de residuos de detergentes o desinfectantes usados en la operación de limpieza y desinfección por medio de agua limpia.
- **DESINFECCIÓN:** Destrucción de los microorganismos presentes en el medio ambiente, por medio de agentes químicos (agentes desinfectantes).
- **AGENTES DESINFECTANTES:** Son sustancias que destruyen los microorganismos por contacto.
- **INOCUIDAD DE LOS ALIMENTOS:** Es la certeza de que los alimentos no representarán un riesgo para el consumidor al ser preparados o consumidos.
- **SOLUCIÓN:** Proceso de combinar un sólido o un producto concentrado con agua para obtener una mezcla homogénea.
- **ppm:** Indica la cantidad de miligramos de desinfectante presentes en un litro de solución.

Procedimiento de Limpieza

El objeto de la limpieza es eliminar los residuos e impurezas, es decir la suciedad visible presente en las superficies que sirven de refugio y alimento a gérmenes, insectos y roedores.

Para la limpieza se debe tener en cuenta:



- Requisitos de las sustancias a emplear
- Tipos de sustancias a emplear
- Etapas para la limpieza
- Recomendaciones en el uso de detergente

Desinfección

El propósito de esta práctica es eliminar los microorganismos presentes en el entorno, para lo cual es importante desinfectar pisos, paredes y sanear las superficies, equipos y utensilios utilizados en la preparación de alimentos.



Tipos de sustancias a emplear:

- Yodóforos
- Amonio Cuaternario
- Vapor y/o agua caliente
- Clorados



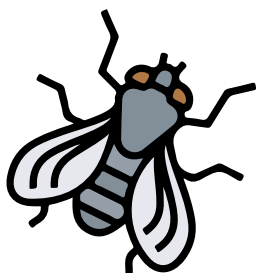
Etapas de Desinfección

- Se realiza la desinfección cuando la superficie se encuentra totalmente limpia. Una solución de Cloro puede ser empleada.
- El nivel de agente desinfectante fluctúa dependiendo del tipo de superficie que se está limpiando.
- Es recomendable aplicar la solución de cloro sobre la superficie utilizando un atomizador, asegurándose de que quede completamente cubierta. No se debe usar la mano para esparcir la solución desinfectante.
- Se mantiene la capa de solución desinfectante en la superficie durante al menos 10 minutos.
- Lavar con agua a presión para consumir.
- Realizar una revisión visual, garantizando que no existan residuos de desinfectante en la superficie.

Control de Plagas

PLAGA

Aquella especie animal que por sus hábitos y morfología constituye un peligro para el hombre y su ambiente, como también para productos, materias primas, insumos, etc. Estas se caracterizan por habitar los mismos espacios que el hombre, poseen una tasa reproductiva muy alta y transmitir enfermedades directa o indirectamente.

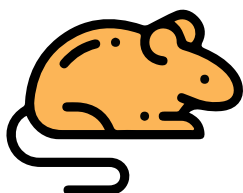


TIPOS DE PLAGAS

- Roedores, ratas y ratones
- Insectos rastreros: Cucarachas, hormigas, polillas, pulgas.
- Insectos voladores: moscas, zancudos

Control de Roedores

La multiplicación de ratas y ratones depende de la comida y los refugios, por ello la única y duradera solución es la eliminación de las fuentes de comida y los refugios.



- Cebos
- Gomas
- Ratoneiras

Manejo de Residuos Sólidos

Basuras

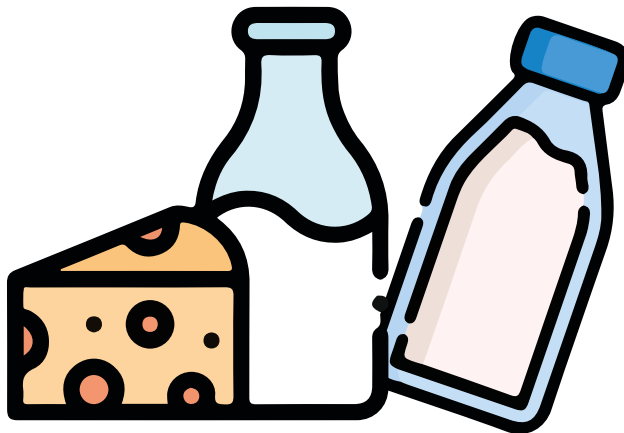


CLASIFICACIÓN

- **RESIDUOS ORGÁNICOS:** Se descomponen rápidamente al contacto con el medio natural, reciben el nombre de residuos biodegradables.
- **RESIDUOS INORGÁNICOS:** Se descomponen difícilmente. En este grupo encontramos materiales como el plástico, vidrio, metal, aluminio, los cuales pueden volverse a utilizar, estos reciben el nombre de no biodegradables.
- **RESIDUOS RECICLABLES:** Se pueden utilizar permitiendo un aprovechamiento económico, en este grupo encontramos materiales como cartón, papel, plástico.
- **RESIDUOS NO RECICLABLES:** Sin valor comercial cuyo manejo requiere un cuidadoso tratamiento y disposición final con el objeto de no afectar la salud humana, en este grupo se encuentran materiales como: papel higiénico, esponjas, tarros vacíos de insecticidas.

Normas de Fabricación

MATERIAS PRIMAS



- **LECHE:** Es la secreción fresca y limpia obtenida del ordeño de vacas sanas, bien alimentadas y cuidadas. Se caracteriza por ser un líquido opaco, con una viscosidad ligeramente superior a la del agua, sabor dulce y color poco pronunciado.
- La leche también se distingue por contener una combinación de sustancias nutritivas, como agua, grasas, azúcares, proteínas, minerales, vitaminas, entre otras.
- **SAL:** sustancia que además de impartir sabor al producto, mejora la consistencia y retarda el desarrollo de microorganismos indeseables.
- **CLORURO DE CALCIO:** sustancia que favorece la coagulación y acelera la salida de suero del queso.
- **CUAJO:** es una sustancia de gran poder coagulante sobre la leche: el cuajo es extraído de los cuajares de vacas jóvenes sacrificadas antes del destete

Pruebas de Plataforma para la Leche

Estas pruebas que deben realizarse una vez se levanten las tapas de las cantinas, tiene como fin detectar las impurezas, los excesos de acidez y en general las condiciones de la leche para su procesamiento. Incluye las siguientes pruebas:



- **EXAMEN ORGANOLÉPTICO:** Este método consiste en utilizar los sentidos humanos para detectar en la leche la presencia o no de coágulos, grumos, manchas, residuos de sangre u otras sustancias extrañas.

En cuanto al color, este debe ser amarillo-crema y su olor no tendrá que ser rancio.

- **PRUEBA DE ALCOHOL:** Esta prueba consiste en determinar en la leche una composición anormal, es decir un exceso en su acidez.

Para llevar a cabo esta prueba se utiliza alcohol etílico al 68%, del cual, 2 ml se mezclan en un tubo de ensayo con 2 ml de leche, volteando el tubo dos o tres veces y se examina la mezcla. La prueba es positiva si se observan partículas coaguladas en la pared del tubo de ensayo y por lo tanto no podrá ser pasteurizada.

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD: La densidad promedio oscila entre 1.028 y 1.032 g/ml a 20°C.

El lactodensímetro es un dispositivo diseñado específicamente para medir la densidad de la leche, con un vástago calibrado normalmente en unidades de 25 a 35, lo que corresponde a densidades de 1.025 a 1.035.

El procedimiento a realizar es el siguiente:

- En una probeta adecuada que permita el libre movimiento del lactodensímetro, se adiciona leche a 20°C, temperatura que se mide con el termómetro, asegurándose de que no forme espuma.
- Posteriormente se coloca el densímetro en el centro y se provoca un ligero movimiento de rotación, evitando que el aparato toque las paredes de la probeta. Finalmente se toma la medida observando la graduación del vástago.
- Si la leche presenta una densidad mayor o menor a la establecida, se puede deber posiblemente a la adición de sustancias extrañas o al retiro de alguno de sus componentes.



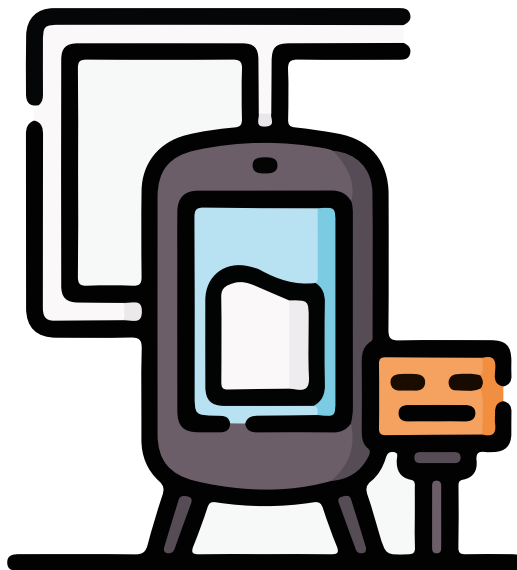
Empaques



- Deben estar fabricados con materiales apropiados para estar en contacto con los alimentos.
- Ser pasivo en relación a los elementos del queso, o sea, no debe permitir la propagación de aromas de sus propios componentes al producto y no debe ser corrosivo por elementos del queso como la sal y el agua.
- El material de empaque debe ser adecuado y conferir una protección adecuada contra la contaminación.
- Ser impermeable a la humedad.
- Proporcionar protección contra olores desagradables del exterior.
- No deben haber sido empleados anteriormente con otro propósito que pudiera provocar contaminación en el alimento.
- Antes de su uso, deben ser revisados para confirmar que están en óptimas condiciones y limpios. Ser transparentes para que el consumidor pueda juzgar la calidad y la integridad del producto.
- El empackado del producto deberá hacerse en condiciones que no contaminen el alimento.
- Cada empaque deberá estar marcado con un lenguaje claro que permita identificar la fábrica productora y detalles como fecha de elaboración y vencimiento.

Operaciones de Fabricación

PASTEURIZACIÓN-ULTRAPASTEURIZACION



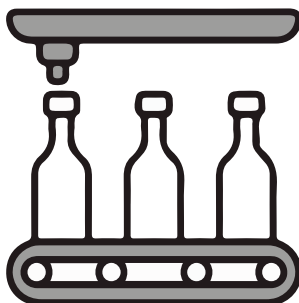
Es un tratamiento térmico relativamente suave, porque se trabaja a altas temperaturas en cortos tiempos, el cual busca principalmente la destrucción casi completa de los microorganismos que hay contenidos en la leche.

La reducción del contenido microbiano que siempre va unida a la pasteurización, constituye la base para los posteriores procesos de transformación de la leche, para elaborar los diferentes productos y además garantizar la suficiente conservación de la mayor parte de la leches de consumo.

En la pasteurización se tiende siempre a someter la leche a una combinación de temperatura-tiempo que trate de modificar lo menos posible los componentes de la leche.

El tratamiento con calor de la leche también contribuye a mejorar su aroma y sabor, y consecuentemente, el producto final, además de potenciar la digestibilidad del producto.

Equipos y Utensilios



Los dispositivos y herramientas utilizados para el tratamiento de alimentos deben ser hechos de materiales que resistan el uso y la corrosión, como el acero inoxidable.

Todas las superficies que se encuentren en contacto con el alimento deben mantenerse inertes bajo las condiciones de uso, para evitar cualquier interacción con el mismo. Así, se prohíbe el empleo de materiales contaminantes como: Plomo, Cadmio, Zinc, Antimonio, Hierro u otras sustancias que podrían representar un peligro para la salud (Vidal Cuéllar, R.. 2004).

Las superficies que interactúan con los alimentos deben presentar un acabado liso, sin porosidad, sin absorción y estar exentas de fisuras u otras anomalías que puedan atrapar partículas de comida o microorganismos que perjudican la calidad de la salud del alimento.

Todas las áreas que interactúan con el alimento deben tener un fácil acceso o ser desmontables para su limpieza e inspección (Vidal Cuéllar, R.. 2004).

Los ángulos internos de las superficies que interactúan con el alimento no deben estar recubiertos con pintura u otro material desprendible que pueda comprometer la seguridad del alimento (Vidal Cuéllar, R.. 2004).

Las mesas y mesones empleados en la manipulación de alimentos deben tener superficies lisas, bordes redondeados y estar fabricados con materiales resistentes, impermeables y fáciles de limpiar (Vidal Cuéllar, R.. 2004).

Las áreas exteriores de los equipos deben estar diseñadas y edificadas de tal forma que promuevan su limpieza y eviten la acumulación de suciedad (Vidal Cuéllar, R.. 2004).

Referencias Bibliográficas

- Adhikari, A., Yemmireddy, V. K., Costello, M. J., Gray, P. M., Salvadalena, R., Rasco, B., & Killinger, K. (2018). Effect of storage time and temperature on the viability of *E. coli* O157:H7, *Salmonella* spp., *Listeria innocua*, *Staphylococcus aureus*, and *Clostridium sporogenes* vegetative cells and spores in vacuum-packed canned pasteurized milk cheese. *International Journal of Food Microbiology*, 286, 148–154. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2018.07.027>
- Sandeberg, A., Båge, R., Nyman, A.-K., Agenäs, S., & Hansson, H. (2023). Review: Linking animal health measures in dairy cows to farm-level economic outcomes: a systematic literature mapping. *Animal*, 17(10), 100971. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2023.100971>
- Almeida, K. E. de, Bonassi, I. A., & Roca, R. de O. (2001). Características físicas e químicas de bebidas lácteas fermentadas e preparadas com soro de queijo minas frescal. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 21(2), 187–192. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612001000200012>
- Amiot, J., Bergeron, J., Blais, A., Bonin, G., Boudreau, A., & Boulet, M. (1991). *Ciencia y tecnología de la leche : principios y aplicaciones*. Acribia.
- Armendariz-Sanz, J. L. (2019). *Procesos básicos de pastelería y repostería. Postres en restauración*. Paraninfo.
- Bahramparvar, M., & Mazaheri Tehrani, M. (2011). Application and Functions of Stabilizers in Ice Cream. *Food Reviews International*, 27(4), 389–407. <https://doi.org/10.1080/87559129.2011.563399>

- Bedoya Mejía, O., Arenas Sánchez, F. A., Rosero Noguera, R., & Posada Ochoa, S. (2012). Efecto de la suplementación de ensilajes sobre perfiles metabólicos en cabras lactantes. *Journal of Agriculture and Animal Sciences*, 1(1), 26–37.
- Bernier-Dodier, P., Girard, C. L., Talbot, B. G., & Lacasse, P. (2011). Effect of dry period management on mammary gland function and its endocrine regulation in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 94(10), 4922–4936. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4116>
- Bordin, G., Cordeiro Raposo, F., de la Calle, B., & Rodriguez, A. R. (2001). Identification and quantification of major bovine milk proteins by liquid chromatography. *Journal of Chromatography*, 928(1), 63–76. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)01097-4](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)01097-4)
- Bremenkamp, I., & Sousa Gallagher, M. J. (2024). Life cycle assessment methods for investigating novel food packaging systems. *Environmental Science: Advances*, 3(10), 1337–1350. <https://doi.org/10.1039/D3VA00380A>
- Calderón, A., García, F., & Martínez, G. (2006). Indicadores de calidad de leches crudas en diferentes regiones de Colombia. *Revista MVZ Córdoba*, 11(1), 725–737 <https://doi.org/10.21897/rmvz.457>
- Centro Agro Lechero. (s.f.). Catálogo. Laboratorio y Control de Calidad. Centro Agro Lechero. https://calgroup.com.co/wp-content/uploads/2020/10/A_Catalogo_CAL-1-Laboratorio-y-Control-de-Calidad-2.pdf
- Donnelly, W. J., & Horne, D. S. (1986). Relationship between ethanol stability of bovine milk and natural variations in milk composition. *Journal of Dairy Research*, 53(1), 23–33. <https://doi.org/10.1017/S0022029900024626>
- Duque-Quintero, M., Duque-Quintero, S. P., & Duque, D. A. (2018). La cadena láctea popular: Una mirada desde las enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) en Antioquia, Colombia (2008-2015). *REVET Revista Electrónica de Veterinaria*, 10(1), 33–43.
- FAO. (2021). *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2021. Transformación de los sistemas alimentarios en aras de la*

seguridad alimentaria, una nutrición mejorada y dietas asequibles y saludables para todo. FAO. <https://doi.org/https://doi.org/10.4060/cb4474es>

- Fox, P. F., Guinee, T. P., Cogan, T. M., & McSweeney, P. L. H. (2017). *Fundamentals of Cheese Science*. Springer US. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-7681-9>
- Garzón-Nivia, L. B. (2018). *Caracterización y tipificación de los sistemas de producción de leche de pequeños y medianos productores de la provincia de Ubaté, Cundinamarca* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia]
- Goff, H. D. (2006). Ice Cream. In P. Fox & P. McSweeney (Ed), *Advanced Dairy Chemistry Volume 2 Lipids* (pp. 441–450). Springer US. https://doi.org/10.1007/0-387-28813-9_12
- Gonzales, I., & Medina, A. (2005). Determinacion de cloruros en leche pasteurizada consumida en el estado Merida-Venezuela y su incidencia en el Punto Crioscópico. *Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel*, 36(2), 2–17.
- Gonzales-Reina, A., Vázquez-Armijo, J. F., & Lucero-Magaña, F. A. (2021). *Fisiología de la Reproducción y productividad en Pequeños rumiantes*. Editorial Académica Española.
- Grace, D., Wu, F., & Havelaar, A. H. (2020). Milk Symposium review: Foodborne diseases from milk and milk products in developing countries—Review of causes and health and economic implications. *Journal of Dairy Science*, 103(11), 9715–9729. <https://doi.org/10.3168/jds.2020-18323>
- Gross, J. J. (2022). Limiting factors for milk production in dairy cows: perspectives from physiology and nutrition. *Journal of Animal Science*, 100(3), 1-13. <https://doi.org/10.1093/JAS/SKAC044>
- Gross, J. J., & Bruckmaier, R. M. (2019). Invited review: Metabolic challenges and adaptation during different functional stages of the mammary gland in dairy cows: Perspectives for sustainable milk production. *Journal of Dairy Science*, 102(4), 2828–2843. <https://doi.org/10.3168/jds.2018-15713>

- Guevara-Freire, D., Montero-Recalde, M., Valle, L., & Avilés-Esquivel, D. (2019). Calidad de leche acopiada de pequeñas ganaderías de Cotopaxi, Ecuador. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(1), 247–255. <https://doi.org/10.15381/rivep.v30i1.15679>
- Gupta, D., Lall, A., Kumar, S., Patil, T. D., & Gaikwad, K. K. (2024). Plant-based edible films and coatings for food-packaging applications: recent advances, applications, and trends. *Sustainable Food Technology*, 2(5), 1428–1455. <https://doi.org/10.1039/D4FB00110A>
- Higuera Marin, J. V., Aguirre- Castillo, R. N., Arenas Gil, F., & Correa Londoño, G. A. (2019). Análisis fisicoquímico y sensorial de queso fresco con reemplazo de grasa por lípidos de aguacate (Persea americana Mill V. Hass). *Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica*, 22(1). e1199–e1205 <https://doi.org/10.31910/rudca.v22.n1.2019.1199>
- Consejo Nacional Lácteo. (1999). *Acuerdo de Competitividad de la Cadena Láctea Colombiana* (12). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12013/Ver_Documento_12013.pdf?sequence=3&isAllowed=y
- Jiang, Y., Li, N., Wang, Q., Liu, Z., Lee, Y.-K., Liu, X., Zhao, J., Zhang, H., & Chen, W. (2020). Microbial diversity and volatile profile of traditional fermented yak milk. *Journal of Dairy Science*, 103(1), 87–97. <https://doi.org/10.3168/jds.2019-16753>
- Jimenez, G., Tobon, J., Rubiano, J., Bustamante, C., & Abuabara, Y. (s.f.). *Elementos de Gestión Empresarial en la Ganadería Bovina del Trópico de Altura de Colombia*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/17705/Ver_documento_17705.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Jiménez Velásquez, S. del C., Torres Higuera, L. D., Parra Arango, J. L., Rodríguez Bautista, J. L., García Castro, F. E., & Patiño Burbano, R. E. (2020). Perfil de resistencia antimicrobiana en aislamientos de *Staphylococcus* spp. obtenidos de leche bovina en Colombia. *Revista Argentina de Microbiología*, 52(2), 121–130. <https://doi.org/10.1016/j.ram.2019.05.004>

- Jørgensen, C. E., Abrahamsen, R. K., Rukke, E.-O., Hoffmann, T. K., Johansen, A.-G., & Skeie, S. B. (2019). Processing of high-protein yoghurt – A review. *International Dairy Journal*, 88, 42–59. <https://doi.org/10.1016/j.idairyj.2018.08.002>
- LACTOSCAN. (2024). *LactoScan S plus*. https://lactoscan.com/editor/ufo/manuals/S/Lactoscan_S_Esp.pdf
- Lamy, E., van Harten, S., Sales-Baptista, E., Guerra, M. M., & de Almeida, A. M. (2012). Factors Influencing Livestock Productivity. In V. Sejian, S.M.K. Naqvi, Thaddeus Ezeji, Jeffrey Lakritz & R. Lal *Environmental Stress and Amelioration in Livestock Production* (pp. 19–51). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-29205-7_2
- Lucey, J. A. (2015). Raw Milk Consumption. *Nutrition Today*, 50(4), 189–193. <https://doi.org/10.1097/NT.0000000000000108>
- Martínez-Miranda, M., & Díaz-Arango, F. (2016). Evaluación de la calidad de la leche cruda recibida en industrias lácteas de Manizales. *Producción+ Limpia*, 11(1), 75–84.
- Martínez, M. M., & Gómez, C. A. (2015). Calidad composicional e higiénica de la leche cruda recibida en industrias lácteas de Sucre, Colombia. *Biotecnología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(2), 93–100.
- Masuda, H., Sawano, M., Ishihara, K., & Shimoyamada, M. (2020). Effect of agitation speed on freezing process of ice cream using a batch freezer. *Journal of Food Process Engineering*, 43(4), e13369. <https://doi.org/10.1111/jfpe.13369>
- Mazreati, M., & Nateghi, L. (2022). Evaluation of the Quality Characteristics of Probiotic Ice Cream Produced from a Mixture of Camel Milk and Cow Milk during Frozen Storage. *Journal of Nutrition and Food Security*, 30(2), 208–219 <https://doi.org/10.18502/jnfs.v7i2.9334>
- Mera-Andrade, R., Muñoz-Espinosa, M., Artieda-Rojas, J. R., Ortiz-Tirado, P., Gonzáles-Salas, R., & Vega-Falcon, V. (2017). Mastitis bovina y su repercusión en la calidad de la leche. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 18(11), 1–16.

- Merck. (2012). *Manual Merck de Información médica para el hogar*. Oceano Librerías.
- Milera-Rodríguez, M.-C., Lamela, L., Hernandez, D., Hernandez, M., Sanchez, S., Pentón, G., & Soca, M. (2012). Sistemas intensivos con bajos insumos para la producción de leche Bovina. *Pastos y Forrajes*, 24(1), 49–60.
- Mojica-Rodríguez, J. E., Castro-Rincón, E., Carulla-Fornaguera, J. E., & Lascano-Aguilar, C. E. (2019). Perfil lipídico en leche de vacas en pastoreo de gramíneas en el trópico seco colombiano. *Agronomía Mesoamericana*, 30(2), 497–515. <https://doi.org/10.15517/am.v30i2.34723>
- Motta Delgado, P. A., Rivera, M. S., Duque, J. A., & Guevara, F. A. (2014). Factores inherentes a la calidad de la leche en la agroindustria alimentaria. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 6(1), 223. <https://doi.org/10.24188/recia.v6.n1.2014.265>
- Ndraha, N., Lin, H.-Y., Wang, C.-Y., Hsiao, H.-I., & Lin, H.-J. (2023). Rapid detection methods for foodborne pathogens based on nucleic acid amplification: Recent advances, remaining challenges, and possible opportunities. *Food Chemistry: Molecular Sciences*, 7, 100183. <https://doi.org/10.1016/j.fochms.2023.100183>
- Nilsson, F., Silva, N., & Schelin, J. (2024). Single-use versus reusable packaging for perishable liquid foods - Exploring evidence from research on climate impact and food safety. *Resources, Conservation and Recycling*, 207, 107655. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107655>
- Ocampo G., R., Gomez A., C., Restrepo V., D., & Cardona C. H. (2016). Estudio comparativo de parámetros composicionales y nutricionales en leche de vaca, cabra y búfala, Antioquia, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 8(2), 177–186. <https://doi.org/10.24188/recia.v8.n2.2016.185>
- Oliveiro, R., Aguas, Y., & Cury, C. (2011). Comercialización de leche cruda en Sincelejo, Sucre, Colombia. *Revista Colombiana de Ciencia Animal-RECIA*, 3(1), 157–163.
- OMS. (2020). *Inocuidad de los alimentos*. OMS.

- Ortiz-Álvarez, J. R., Cortés-Jiménez, A., & Ramírez-Navas, J. S. (2017). Estandarización de una formulación de panelitas de leche: estudio preliminar. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 34(1), 64–73. <https://doi.org/10.22267/rcia.173401.63>
- Patiño, E. M. (2011). Producción y calidad de la leche bubalina. *Tecnología en Marcha*, 24(5), 25–35.
- Pérez-Pinto, J. C. (2021). *Efectos de la política de competitividad del sector lácteo en Colombia en los precios de recepción de los productores de leche por departamento* [Tesis de Maestría, Universidad del Rosario]
- Prieto-Manrique, E., Vargas-Sánchez, J. E., Angulo-Arizala, J., & Mahecha-Ledesma, L. (2016). Grasa y ácidos grasos en leche de vacas pastoreando, en cuatro sistemas de producción. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 19–42. <https://doi.org/10.15517/am.v28i1.22816>
- Priyashantha, H., & Lundh, Å. (2021). Graduate Student Literature Review: Current understanding of the influence of on-farm factors on bovine raw milk and its suitability for cheesemaking. *Journal of Dairy Science*, 104(11), 12173–12183. <https://doi.org/10.3168/jds.2021-20146>
- Enríquez, E. (2012). *Evaluación de la calidad físico-química, microbiológica y composicional de la leche cruda bovina, en la Empresa de Lácteos en el corregimiento de Catambuco, municipio de Pasto, departamento de Nariño*. [Tesis de Pregrado, Universidad de Nariño]
- Peña, H. (2021). *Microbiología de los alimentos*. Acribia.
- Real Academia Española. (2024). *Diccionario de la Lengua Española*. RAE.
- Rodríguez-Arzave, J. A., Santoyo-Stephano, M. A., Miranda-Velásquez, L. G., & Méndez-Hernández, A. A. (2018). Parámetros químicos de Cremas de leche regulares, light y vegetales. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 3, 381–386.
- Rodríguez-Rivera, V. M., & Magro, E. S. (2008). *Bases de la Alimentación Humana* (Primera edición). Netbiblo, S.L.
- Sánchez, T., Lamela, L., López, O., & Benítez, M. (2015). Influencia del probiótico Sorbifauna en la producción y calidad de la leche de vacas mestizas en pastoreo. *Pastos y Forrajes*, 38(3), 183–188.

- Semih, O., & Ozlem, C. (2003). Kefir: A Probiotic Dairy-Composition, Nutritional and Therapeutic Aspects. *Pakistan Journal of Nutrition*, 2(2), 54–59. <https://doi.org/10.3923/pjn.2003.54.59>
- Sert, D., & Mercan, E. (2021). High-pressure homogenisation of sheep milk ice cream mix: Physicochemical and microbiological characterisation. *LWT*, 151, 112148. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112148>
- Suebsiri, N., Kokilakanistha, P., Laojaruwat, T., Tumpanuvatr, T., & Jittanit, W. (2019). The application of ohmic heating in lactose-free milk pasteurization in comparison with conventional heating, the metal contamination and the ice cream products. *Journal of Food Engineering*, 262, 39–48. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.05.017>
- Tamine, A. Y., & Robinson, R. K. (1990). *Yogur: ciencia y tecnología*. Acribia.
- Vargas-Bello-Pérez, E., Cancino-Padilla, N., Geldsetzer-Mendoza, C., Vyhmeister, S., Morales, M., Leskinen, H., Romero, J., Garnsworthy, P., & Ibáñez, R. (2019). Effect of Feeding Cows with Unsaturated Fatty Acid Sources on Milk Production, Milk Composition, Milk Fatty Acid Profile, and Physicochemical and Sensory Characteristics of Ice Cream. *Animals*, 9(8), 568–680. <https://doi.org/10.3390/ani9080568>
- Wang, L., Sun, Y., Du, L., Wang, Q., Zhan, M., Li, S., & Xiao, X. (2024). Daily koumiss has positive regulatory effects on blood lipids and immune system: A metabolomics study. *Heliyon*, 10(16), e36429. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36429>
- Wanjala, G., Mathooko, F., Kutima, P., & Mathara, J. (2017). Microbiological quality and safety of raw and pasteurized milk marketed in and around Nairobi region. *African Journal of Food, Agriculture, Nutrition and Development*, 17(01), 11518–11532. <https://doi.org/10.18697/ajfand.77.15320>
- Geocities (s.f) *Técnicas de manejo de muestras*. https://www.geocities.ws/ck_shirai/tecni.html
- Miranda, J. (2014) *Intercambiador de Calor de Placas*. https://www.youtube.com/watch?v=gRooYtcpjZ8&ab_channel=JuanArturoMirandaMedrano

Los Autores



HENRY JURADO-GÁMEZ

Profesor Tiempo Completo, Categoría Profesor Titular del Programa de Zootecnia, Departamento de Producción y Procesamiento Animal, Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño. Zootecnista de la Universidad de Nariño; Especialista en Microbiología de la Universidad Católica de Manizales; Magister (M.Sc) en Microbiología Agropecuaria de la Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho (UNESP), Campus de Jaboticabal, Sao Paulo, Brasil; Doctor (Ph.D) en Ingeniería con énfasis en Ingeniería de Alimentos de la Universidad del Valle.

Actualmente, es Director del Grupo de Investigación PROBIOTEC-FORAPIS, investigador en las líneas de Procesos Biotecnológicos Aplicados a la Producción Animal, docente de pregrado y postgrado en las áreas Microbiología Zootécnica, Tecnología de Carnes, Tecnología de Leches, Metodología de la Investigación y Procesos Biotecnológicos Aplicados a la Producción Animal en el Programa de Zootecnia de la Universidad de Nariño. Autor de varios artículos y libros, y participante como ponente en seminarios y congresos.

EFRÉN GUILLERMO INSUASTY-SANTACRUZ

Es Magister (M.Sc) en Ciencias Agrarias de la Universidad de Nariño; Especialista en Educación con énfasis en Pedagogía de la Universidad Mariana de Pasto y Zootecnista de la Universidad de Nariño. Actualmente Profesor Catedrático con Categoría Titular del Programa de Zootecnia, Facultad de Ciencias Pecuarias de la Universidad de Nariño, Investigador de las Líneas de Investigación en Forrajes y Apicultura perteneciente al Grupo de Investigación PROBIOTEC-FORAPIS y autor de varios artículos científicos en revistas reconocidas. Además, cuenta con amplia experiencia laboral en la Dirección y Producción en Empresas Lácteas reconocidas a nivel Local y Nacional.

CARLOS ALBERTO JOJOA-RODRÍGUEZ

Zootecnista de profesión, egresado de la Universidad de Nariño, con una sólida formación académica que incluye dos especializaciones en Gerencia de Proyectos y Gerencia de Mercadeo, así como estudios de Maestría en Mercadeo. Su dedicación a la ciencia animal y el compromiso con el conocimiento y la investigación, le han llevado a participar en numerosos cursos y seminarios de actualización con las últimas tendencias para el sector productivo.

Actualmente, acompaña a los estudiantes desde la docencia universitaria, en el área administrativa y en ciencias pecuarias; actividades que desarrolla desde la investigación-acción, procesos en los cuales, conjuga el conocimiento con la reflexión e inspira a los futuros profesionales para asumir los nuevos retos como agentes de cambio para alcanzar un futuro más sostenible y equitativo.

Ha participado en proyectos de investigación desde el Programa de Zootecnia y el Grupo de Investigación PROBIOTEC-FORAPIS de la Universidad de Nariño, destinados para mejorar la producción animal. De esta manera, y comprometido con la cualificación en el sector agropecuario para la sostenibilidad, aporta desde su conocimiento información técnico-científica valiosa para estudiantes, profesionales y productores en el área, a través de los cuales se busca educar y empoderar a las nuevas generaciones para los desafíos del mundo actual, mediante soluciones creativas y efectivas que se exponen en el presente texto.

èditorial
Universidad de **Nariño**

**TEXTO DE PROCEDIMIENTOS DE TECNOLOGÍA DE LECHE
(Ciencias de La Leche)**

Segunda Edición
Fecha de Publicación: 2025

San Juan de Pasto – Nariño – Colombia



El presente texto es resultado de las actividades realizadas por los autores como docentes en la Universidad de Nariño y tiene como objetivo fomentar un conocimiento profundo sobre las ciencias de la leche. Para lograr lo anterior, se apoya en los avances más recientes del sector, actualizando conceptos y explorando nuevas formas de producción y productos innovadores.

La industria láctea es un componente esencial en la nutrición de los hogares colombianos, que muestra un aumento en el consumo de este tipo de productos, lo que incentiva la generación de emprendimiento en esta área. Por ello, el presente texto busca ser una guía y camino a seguir en el conocimiento y elaboración de diferentes productos lácteos, así como la evaluación de las características de la materia prima (leche), que facilite el proceso de manejo y elaboración de los derivados lácteos. Asimismo, se abordan aspectos fundamentales como los factores de mercadeo, comercialización y las normativas legales pertinentes, que son cruciales para el desarrollo exitoso de la tecnología de leche.

Los autores esperan que este texto sea un recurso valioso que contribuya al desarrollo del sector lácteo, ofreciendo herramientas prácticas y conocimientos actualizados que faciliten tanto la producción, procesamiento, elementos de mercadeo, comercialización y normatividad en este campo.

ISBN: 978-628-7771-98-7



9 786287 771987



Universidad de Nariño
FUNDADA EN 1964



Universidad de Nariño
ACREDITADA EN ALTA CALIDAD
RESOLUCIÓN MEN 00022 - ENERO 11 DE 2022



Universidad de Nariño

editorial
Universidad de Nariño