

**INFLUENCIA DEL PROCESO DE BACTOFUGACION EN LA PRODUCCION DE
QUESO BLANCO EN LA PLANTA DE DERIVADOS LACTEOS DE LA
COOPERATIVA COLANTA**

RENE LEONARDO SIERRA CAICEDO

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AMBIENTAL, QUIMICA Y CIVIL
PAMPLONA
2015**

**INFLUENCIA DEL PROCESO DE BACTOFUGACION EN LA PRODUCCION DE
QUESO BLANCO EN LA PLANTA DE DERIVADOS LACTEOS DE LA
COOPERATIVA COLANTA**

RENE LEONARDO SIERRA CAICEDO

Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Químico

Asesor

Ing.Químico Msc. Erik German Yanza

**UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
FACULTAD DE INGENIERIAS Y ARQUITECTURA
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA AMBIENTAL, QUIMICA Y CIVIL
PAMPLONA
2015**

Nota de aceptación

Firma del Presidente del Jurado

Firma del jurado

Firma del Jurado

Pamplona, 27 de Noviembre de 2015

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN.....	10
INTRODUCCIÓN.....	11
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	12
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA.....	12
2. JUSTIFICACION.....	13
3. OBJETIVOS.....	14
3.1. OBJETIVO GENERAL.....	14
3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
4. MARCO REFERENCIAL.....	15
4.1. MARCO LEGAL.....	15
4.1.1. Decreto 616 de 2006 del Ministerio de Protección Social.....	15
4.1.2. Decreto 2838 de 2006 del Ministerio de Protección Social.....	15
4.1.3. Norma Técnica Colombiana 399 de 2002. Productos Lácteos. Leche Cruda.....	15
4.1.4. Norma Técnica Colombiana 506 de 2002. Productos Lácteos. Leche pasteurizada.....	15
4.1.5. Norma Técnica Colombiana 750 de 2000. Productos Lácteos. Queso 15	
4.1.6. Resolución 02310 de 1986 del Ministerio de Salud.....	15
4.1.7. Resolución 01804 de 1989 del Ministerio de Salud.....	15
4.2. ANTECEDENTES.....	16
4.3. MARCO TEORICO.....	16
4.3.1. Definición de leche.....	16
4.3.2. Composición de la leche.....	17
4.3.3. Valor monetario de la leche.....	18
4.3.4. Potencial de la leche en la fabricación de queso.....	19
4.3.5. Queso Blanco.....	20
4.3.5.1. El queso blanco en la Cooperativa Colanta.....	20

4.3.6.	Rendimiento en los procesos queseros	21
4.3.7.	Bactofugación	22
5.	METODOLOGIA.....	23
5.1.	CARACTERIZACIÓN DE LA LECHE CRUDA EN SILO	23
5.1.1.	Recolección de muestras	23
5.1.2.	Análisis realizados para la caracterización microbiológica y fisicoquímica de la leche cruda en silo.....	24
5.1.3.	Análisis estadístico de los resultados de caracterización de leche cruda en silo.....	24
5.2.	EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LA BACTOFUGACIÓN.....	24
5.2.1.	Evaluación de la remoción de bacterias de la leche cruda	25
5.2.2.	Evaluación de la pérdida de proteína en la leche cruda	25
5.3.	DETERMINACION DE UNA ECUACION PARA PREDICCIÓN DE RENDIMIENTO DEL QUESO BLANCO	26
5.3.1.	Búsqueda bibliografía de una ecuación para predicción del rendimiento quesero.	26
5.3.2.	Determinación de la ecuación para la predicción del rendimiento de la producción de queso blanco	26
5.3.3.	Análisis estadístico de los rendimientos históricos reales de los rendimientos del queso blanco	27
5.3.4.	Comparación de los rendimientos históricos reales con los rendimientos teóricos dados por la ecuación desarrollada para el rendimiento en queso blanco.	27
5.4.	SEGUIMIENTO DEL CONTENIDO DE PROTEINA EN EL PROCESO DE PRODUCCION DEL QUESO BLANCO	27
5.5.	COMPARACION DE LOS RENDIMIENTOS DE QUESO BLANCO ELABORADO CON LECHE BACTOFUGADA Y NO BACTOFUGADA.....	28
5.6.	COMPARACION DE LA VIDA UTIL DEL QUESO PRODUCIDO A PARTIR DE LECHE BACTOFUGADA Y DE LECHE NO BACTOFUGADA	29
5.6.1.	Selección y almacenamiento de las muestras de queso blanco.....	29
5.6.2.	Análisis para la determinación de la vida útil del queso blanco	29
6.	CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES.....	31
7.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	32
7.1.	CARACTERIZACION DE LECHE CRUDA EN SILO.....	32

7.2. EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LA BACTOFUGADORA	36
7.2.1. Condiciones operacionales de los ensayos para la evaluación de la eficiencia de la bactofugadora	36
7.2.2. Evaluación de eficiencia de la bactofugadora en la remoción de bacterias de la leche cruda.....	37
7.2.3. Evaluación en la pérdida de proteína en la leche cruda	41
7.3. DETERMINACION DE UNA ECUACION PARA PREDICCIÓN DE RENDIMIENTO DEL QUESO BLANCO	44
7.3.1. Ecuación para predecir el rendimiento quesero	44
7.3.2. Determinación de la ecuación para la predicción del rendimiento de la producción de queso blanco.....	44
7.3.3. Análisis estadístico de los rendimientos históricos reales de los rendimientos del queso blanco	46
7.3.4. Comparación de los rendimientos históricos reales con los rendimientos teóricos dados por la ecuación desarrollada para el rendimiento en queso blanco.....	49
7.4. SEGUIMIENTO DEL CONTENIDO DE PROTEINA EN EL PROCESO DE PRODUCCION DEL QUESO BLANCO	53
7.5. COMPARACION DE LOS RENDIMIENTOS DE QUESO BLANCO ELABORADO CON LECHE BACTOFUGADA Y NO BACTOFUGADA.....	54
7.6. COMPARACION DE LA VIDA UTIL DEL QUESO PRODUCIDO A PARTIR DE LECHE BACTOFUGADA Y DE LECHE NO BACTOFUGADA	56
CONCLUSIONES	59
RECOMENDACIONES.....	60
BIBIOGRAFIA	61

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Composición típica de la leche de vaca	17
Tabla 2. Valores de los parámetros del queso blanco de la Cooperativa Colanta	20
Tabla 3. Variables, métodos o equipos y personal encargado de realizar el análisis microbiológico y fisicoquímico de las muestras de leche.....	24
Tabla 4. Variables, método o equipos, y personal encargado para el análisis de vida útil del queso Blanco.....	30
Tabla 5. Recuentos de los microorganismos de la leche cruda en silo.....	32
Tabla 6. Recuentos en log₁₀ de Aerobios Mesófilos y Células Somáticas	33
Tabla 7. Análisis de varianza del log₁₀ de los recuento de Aerobios Mesófilos	33
Tabla 8. Análisis de varianza del log₁₀ de los recuentos de células somáticas	34
Tabla 9. Resumen estadístico de los log₁₀ del recuento de aerobios mesófilos y células somáticas	34
Tabla 10. Resultados de los contenidos de grasa y proteína de leche cruda en silo.....	35
Tabla 11. Análisis de varianza para el contenido de grasa de leche cruda en silo.....	35
Tabla 12. Análisis de varianza del contenido de proteína de la leche cruda en silo.....	36
Tabla 13. Recuentos de Aerobios Mesófilos en los puntos de muestreo de la evaluación de la eficiencia de la bactofugadora	37
Tabla 14. Porcentajes de remoción de aerobios mesófilos durante los ensayos realizados	38
Tabla 15. Análisis de t-student para el log₁₀ del recuento de aerobios mesófilos	39
Tabla 16. Recuentos de las Células Somáticas en los puntos de muestreo de la evaluación de la eficiencia de la bactofugadora	40
Tabla 17. Porcentajes de remoción de células somáticas por el proceso de bactofugación	40
Tabla 18. Análisis de T-student para el log₁₀ de los recuentos de células sonaticas	41
Tabla 19. Contenidos de proteína en los puntos de muestreo para evaluación de la eficiencia de la bactofugadora	42

Tabla 20. Porcentajes de pérdidas de proteína en el proceso de bactofugación	42
Tabla 21. Análisis estadístico de t-student para el contenido de proteína en el proceso de bactofugación	43
Tabla 22. Coeficientes de recuperación calculados para predecir el rendimiento quesero	46
Tabla 23. Análisis estadístico de los rendimientos reales de la producción del queso blanco.....	46
Tabla 24. Datos obtenidos para el histograma de frecuencia de los rendimientos reales de la producción de queso Blanco.....	47
Tabla 25. Análisis estadístico de los rendimientos teóricos del queso blanco	49
Tabla 26. Datos obtenidos para el histograma de frecuencia de los rendimientos teóricos de queso blanco predichos por medio de la ecuación desarrollada.....	50
Tabla 27. Análisis de t-student de los rendimientos reales y teóricos de la producción de queso blanco	52
Tabla 28. Seguimientos a los contenidos de proteína en la producción del queso blanco.....	53
Tabla 29. Datos de la leche en tina para el proceso de producción de queso blanco	54
Tabla 30. Datos del queso blanco terminado	54
Tabla 31. Rendimientos teóricos y reales para la producción de queso blanco	55
Tabla 32. Comparación de la vida útil del queso blanco almacenado de 4 a 6°C	56
Tabla 33. Comparación de la vida útil del queso almacenado de 8 a 10°C.....	57
Tabla 34. Resumen de la vida útil del queso blanco.....	57

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Presentación del queso blanco de la Cooperativa Colanta	21
Figura 2. Bosquejo del proceso de elaboración del queso blanco	21

RESUMEN

En el presente trabajo de grado se llevó a cabo un estudio para determinar la influencia del proceso de bactofugación en la producción de Queso Blanco en la planta de Derivados Lácteos de la Cooperativa Colanta, ubicada en el municipio de San Pedro de los Milagros, Antioquia. Durante la realización de este estudio se caracterizó la leche cruda en silo determinando los parámetros microbiológicos más relevantes de bacterias aerobias mesófilas y células somáticas, los cuales son los de mayor incidencia en la leche cruda que se procesa en la planta; de igual manera se determinaron parámetros fisicoquímicos de contenidos de grasa y proteína con valores promedios de 3,4% y 3,1% respectivamente. Con base a los parámetros microbiológicos de la caracterización de la leche cruda se evaluó la eficiencia de la bactofugación en relación a la remoción de microorganismos presentes la cual fue no superior al 67,4% para aerobios mesófilos y del 68,2 para células somáticas, dando un incumplimiento de los porcentajes de remoción prometidos por el proveedor de la bactofugadora, mientras que la pérdida de la proteína fue de apenas el 0,01%, parámetro que presentó total cumplimiento con el esperado. Se realizó la estimación de una ecuación para la predicción del rendimiento del queso blanco basada en los parámetros composicionales de la leche y de variables fisicoquímicas del producto terminado (queso) la cual se ajustó a los rendimientos reales de producción. También se realizó una comparación de la vida útil del queso blanco producido a partir de leche bactofugada y el producido a partir de leche pasteurizada, dando como resultado un leve aumento de la vida útil del queso cuando se utilizó el proceso de bactofugación.

INTRODUCCIÓN

Las empresas del sector lácteo continuamente buscan la implementación de tecnologías que no solo contribuyan a optimizar los procesos de transformación de la materia prima (leche cruda) con el fin de obtener la mayor cantidad posible de producto terminado; sino que además buscan que estas tecnologías puedan lograr aumentar el tiempo de vida útil del producto terminado, todo esto con el fin de garantizar una mayor competitividad en el mercado comercial frente a otras empresas.

Sin embargo no todas las tecnologías disponibles actualmente permiten conseguir este objetivo conjunto de aumentar la producción y también aumentar la calidad microbiológica del producto final, ya que en muchos casos se logra aumentar la calidad microbiológica de la leche en proceso, pero como consecuencia se presentan pérdidas composicionales en la leche, las cuales afectan de manera negativa los rendimientos de producción.

Por lo tanto en toda empresa dedicada al sector lácteo en donde ya se tengan establecidos los procesos de producción y en donde se pretenda implementar una tecnología como lo es la bacto-fugación, se debe realizar un estudio en el cual se evalúe la influencia de esta tecnología en cada uno de los aspectos que determinan el proceso de producción de un derivado lácteo, para así establecer la viabilidad económica y operativa de adquirir esta tecnología.

La Cooperativa Colanta realizará la implementación de la tecnología de bacto-fugación complementada con el proceso de pasteurización con el fin de poder lograr una mayor remoción de microorganismos presentes en la leche cruda. Todo con el fin de poder garantizar una mejor calidad microbiológica de la leche para el proceso de elaboración de diferentes productos entre ellos el de queso blanco, y de esta manera poder tener un producto final con una proyección de un tiempo de vida útil mayor.

Por tal razón en el presente estudio se busca la evaluación de la tecnología de la bacto-fugación en relación a los cumplimientos de los porcentajes de remoción de microorganismos presentes en la leche cruda y la estimación de la pérdida de proteína y como esta pérdida pueden afectar los rendimientos de producción de queso blanco. De igual manera determinar como el aumento de la calidad microbiológica influenciara en el tiempo de vida útil del queso blanco.

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro de la Cooperativa Colanta se adquirió una bactofugadora en condiciones de préstamo y con posible compra a la empresa GEA Andina, con el fin de evaluar la veracidad y cumplimiento de las características y condiciones especificadas del equipo en cuanto a la remoción de bacterias y esporas de leche cruda. Y determinar si el aumento en la calidad microbiológica de la leche cruda destinada para la producción de queso blanco influye directamente en el aumento de la vida útil de este, en comparación con el proceso de producción normal. De igual manera se hace necesario evaluar las condiciones de la bactofugadora en términos de la pérdida de proteína en la leche cruda y de esta manera determinar si la pérdida de proteína afectado significativamente el rendimiento de la producción del queso blanco.

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

- ¿Cómo el proceso de bactofugación influenciara el proceso de producción de queso blanco, en relación a la calidad microbiológica de la leche, los rendimientos de producción y la vida útil del producto final?

2. JUSTIFICACION

La implementación de tecnologías no muy comunes en la mayoría de industrias lácteas trae consigo la realización de estudios que permitan establecer la influencia de dicha tecnología en el proceso de producción ya establecido, todo esto con el fin de determinar si esta tecnología influye de manera positiva o negativa o no presenta ningún tipo de influencia.

La bactofugación es una tecnología que al igual que la pasteurización permite aumentar la calidad microbiológica de la leche cruda, principalmente debido a la remoción de bacterias y esporas de la leche cruda. Esta tecnología utiliza el principio de la centrifugación de la leche a alta velocidad y alta temperatura, para lograr separar los microorganismos presentes en la leche cruda. Sin embargo, las altas velocidades de centrifugación pueden causar cambios en la composición de la leche, principalmente relacionados a los contenidos de grasa y proteína, este último el de mayor importancia ya que es el que tiene mayor influencia en todos los aspectos relacionados con los rendimientos de producción.

Por tal razón se debe garantizar que la tecnología de bactofugación cumpla con los porcentajes de remoción de bacterias y esporas establecidos por el proveedor y que además no represente pérdidas significativas en los porcentajes de proteína de la leche cruda.

La proteína es en la producción de queso blanco el parámetro composicional de la leche que mayor importancia tiene a la hora de determinar la cantidad de queso producido, ya que esta es la encargada de encapsular los demás componentes de la leche para formar los coágulos que permiten la formación del queso.

Lograr determinar la influencia del proceso de bactofugación en la producción de queso Blanco no solo permitirá establecer la viabilidad económica y operativa de la implementación de esta tecnología por parte de la Cooperativa Colanta, sino que además poder realizar a futuro estudios de optimización en procesos adicionales al del queso blanco, como lo son en la producción de quesos hilados y quesos para untar.

3. OBJETIVOS

3.1. OBJETIVO GENERAL

Evaluar la influencia del proceso de bactofugación en cada uno de los aspectos de la producción de queso blanco en la Planta de Derivados Lácteos de la Cooperativa Colanta.

3.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Caracterizar microbiológica y fisicoquímicamente la leche cruda en silo
- Evaluar la eficiencia de la bactofugadora en término de las remoción de bacterias de la leche cruda
- Determinar el porcentaje de pérdida de proteína de la leche cruda debida al proceso de bactofugación
- Estimar una ecuación para la predicción del rendimiento del queso blanco en términos de parámetros composicionales de la leche y propiedades físicas del queso
- Determinar la influencia de la pérdida de proteína debida al proceso de bactofugación en el rendimiento de elaboración de queso blanco.
- Comparar la vida útil de un queso blanco producido a partir leche bactofugada y no bactofugada (solo pasteurizada)

4. MARCO REFERENCIAL

4.1. MARCO LEGAL

4.1.1. Decreto 616 de 2006 del Ministerio de Protección Social

Por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase transporte comercializa, expendia, importe o exporte en el país.

4.1.2. Decreto 2838 de 2006 del Ministerio de Protección Social

Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 616 de 2006 y se dictan otras disposiciones

4.1.3. Norma Técnica Colombiana 399 de 2002. Productos Lácteos. Leche Cruda

Esta norma establece los requisitos que debe cumplir la leche cruda como materia prima para su industrialización.

4.1.4. Norma Técnica Colombiana 506 de 2002. Productos Lácteos. Leche pasteurizada

Esta norma establece los requisitos y los métodos de ensayo que debe cumplir la leche pasteurizada

4.1.5. Norma Técnica Colombiana 750 de 2000. Productos Lácteos. Queso

Esta norma establece las definiciones, clasificación y los requisitos que deben cumplir los quesos destinados para consumo directo o para elaboración posterior, incluyendo queso rallado y queso en polvo.

4.1.6. Resolución 02310 de 1986 del Ministerio de Salud

Por la cual se reglamenta parcialmente el Título V de la Ley 09 de 1979, en lo referente a procesamiento, composición, requisitos, transporte y comercialización de los Derivados lácteos.

4.1.7. Resolución 01804 de 1989 del Ministerio de Salud

Por la cual se modifica la Resolución No 02310 de 1986, (24 de Febrero) que reglamenta parcialmente el título V de la Ley 09

4.2. ANTECEDENTES

La bactofugación es una operación que consiste en eliminar las bacterias y sus esporas mediante la centrifugación de la leche a alta velocidad, unas 7000-9000 rpm y a temperatura alta entre 60 y 65°C, en centrifugas especiales que se llaman bactofugadoras.

Tanto en Colombia como en América Latina la bactofugación es una tecnología completamente nueva, a pesar de ser desarrollada en los años sesenta, siendo solo Estados Unidos el pionero en el desarrollo e implementación de esta tecnología de remoción de bacterias, esto se ha dado principalmente por problemas operacionales de esta tecnología ya que aumentaba la calidad de la leche pero presentando una pérdida significativa del contenido de proteína, sin embargo el desarrollo y optimización de la bactofugación por la GEA Group, compañía estadounidense consolidada en 2014 como líder en equipamiento y soluciones en el sector de alimentos principalmente en el sector lácteo.

La compañía GEA Group ofrece variedad de soluciones para la preparación de lácteos, ofreciendo principalmente una línea de equipos denominados GEA Westfalia Separator, que están destinados a aportar soluciones a empresas lecheras para el desnatado de la leche y suero, remoción de bacterias de la leche, procesos centrífugos, al igual que equipos específicos para distintos procesos lácteos. (GEAGroup, s.f)

La Cooperativa Colanta continuamente ha realizado la investigación de tecnologías que ayuden a lograr optimizar sus procesos de producción; como ha sido el caso en el año 2012, donde buscaban la implementación de una planta de ultrafiltración para la estandarización de los contenidos de proteína de la leche.

4.3. MARCO TEORICO

4.3.1. Definición de leche

Según la definición dada en el Decreto 616 de 2006 del Ministerio de Protección Social, la leche se define como el producto de la secreción mamaria normal de animales bovinos, bufalinos y caprinos lecheros sanos, obtenida mediante uno o más ordeños completos, sin ningún tipo de adición, destinada al consumo en forma de leche líquida o a elaboración posterior.(Social, 2006)

La leche es un líquido blanco, opaco, dos veces más denso que el agua, de sabor ligeramente azucarado y de olor poco acentuado. Constituye un sistema químico y fisicoquímico muy complejo y, de modo esquemático, se puede considerar como una emulsión de materia grasa en una solución acuosa que contiene numerosos elementos, unos en disolución y otros en estado coloidal. (Veisseyre, 1988)

4.3.2. Composición de la leche

La leche es una compleja mezcla de distintas sustancias, presentes en suspensión o emulsión y otras en forma de solución, presentando sustancias definidas: agua, grasa, proteína, lactosa, vitaminas, minerales; a las cuales se les denomina extracto seco o sólidos totales. A continuación se presenta una tabla la cual representa los factores composicionales típicos de la leche de vaca.

Tabla 1. Composición típica de la leche de vaca

Parámetro	Porcentaje
Proteínas	3,10%
Grasas	3,40%
Lactosa	4,70%
Minerales	0,90%
Sólidos Totales	12,10%

Fuente: (Inda Cunningham, 2000)

Se debe considerar que los valores dados en la Tabla 1 no son valores estándar, ya que la composición de la leche pueden presentar variaciones estacionales y de muchos otros tipos que van relacionadas con la raza de la vaca, el tipo de alimentación, el medio ambiente y hasta el estado sanitario de las vacas entre otros.

Los sólidos totales representan aproximadamente el 12% de la masa de la leche, siendo el 88% restante solamente agua y la cual se convierte en la fase dispersante, en la cual los glóbulos grasos y demás componentes de mayor tamaño se encuentran emulsionados o suspendidos. Las proteínas se encuentran formando un sistema coloidal, mientras que la lactosa y los minerales se hallan en solución. (Agudelo G. & Bedoya M., 2005)

La grasa o la materia grasa se encuentra en la leche en forma de partículas emulsionadas o suspendidas en pequeños glóbulos microscópicos, cuyos diámetros pueden variar de 0,1 a 0,22 micrones que se encuentran rodeados de una capa de fosfolípidos que evita que la grasa se aglutine y pueda separarse de la parte acuosa.

Los minerales de la leche están conformados por sodio, potasio, magnesio, calcio, manganeso, hierro, cobalto, cobre, fósforo, fluoruros, yoduros. En la membrana de los glóbulos grasos se encuentra la mayor concentración de calcio, cobre, hierro, magnesio, fósforo y zinc.

La proteína contenida en la leche de vaca varía entre un rango de 2,9 % al 3,4 % y constituye una mezcla de numerosas fracciones diferentes y de pesos moleculares distintos.

4.3.2.1. Proteínas de la leche

Las proteínas de la leche se dividen en dos grandes grupos: las caseínas y las proteínas lactoséricas. Las primeras constituyen cerca del 80% del total de las proteínas de la leche y presentan un nivel muy bajo de estructura terciaria y por consiguiente no son susceptibles de ser desnaturalizadas a las temperaturas de pasteurización. (Klostermeyer & Reimerdes, 1977)

Las caseínas en su estado natural existen en forma de micelas, partículas con diámetro dentro del rango de los 50 nm a 250 nm, consistentes en un complejo de las caseínas con fosfato de calcio. (Dalglish, 1997)

Las proteínas lactoséricas son proteínas altamente estructuradas, y que por lo tanto son susceptibles a ser desnaturalizadas.

En general las estructuras de las proteínas de la leche es dinámica, ya que tienen la capacidad de responder a cambios en su ambiente, como: pH, temperatura, velocidad de calentamiento, concentración de ciertos iones.

4.3.3. Valor monetario de la leche

Ya teniendo en cuenta la composición de la leche, se puede determinar el valor monetario de cada uno de los componentes de la leche, teniendo en cuenta que este valor monetario se debe principalmente a los sólidos totales, y a pesar de que el agua constituye cerca del 88% de la masa de la leche, esta representa un valor monetario esencialmente despreciable. Ya que esta es la base de los sistemas de pago de la leche en la mayoría de las industrias lácteas, incluyendo la Cooperativa Colanta.

Si se toman en cuenta cada uno de los componentes que constituyen los sólidos totales de la leche por separado y considerando su valor monetario, se pueden describir los valores de cada uno de los componentes como a continuación sigue:

- La lactosa es un azúcar con poca funcionalidad y baja demanda comercial, constituyendo un valor comercial de cerca del 50% del valor de la sacarosa o azúcar de mesa.
- Las sales y minerales representa un valor similar al de la lactosa.
- La grasa y la proteína constituyen los dos factores con mayor valor monetario de la leche, pero teniendo la proteína entre dos y tres veces el valor de la grasa.

Si además se consideran por separado las caseínas y las proteínas lactoséricas, las caseínas representan cerca del doble del valor de la proteínas lactoséricas, ya que estas son las que contribuyen en su totalidad en el rendimiento de procesos como el de elaboración de queso, en lo que solo se relaciona a proteínas.

Por lo tanto los componentes de la leche que realmente son importantes para la elaboración de queso, son las proteínas y la grasa, ya que pueden representar entre un 90 a un 94% del valor monetario de la leche y que además constituyen cerca del 6,5 % de la masa de la leche. (Inda Cunningham, 2000)

Por lo tanto en la inclusión de nuevos equipos que permitan la optimización de procesos lácteos, se debe buscar el énfasis en lograr obtener la mínima pérdida de estos dos componentes, desde el ordeño de la vaca hasta el final de la producción de queso.

Sin embargo los sistemas de pago actuales también consideran la calidad de la leche, la cual encierra factores tanto microbiológicos, sensoriales (organolépticos), ausencia de inhibidores, como conteo de células somáticas. Esto se debe es debido a que a medida que la calidad de la leche es mayor, también se tendrá una mayor calidad de los productos terminados, al igual que un aumento en la eficiencia de los procesos de producción de queso. Y todo esto también afectando al aumento del valor monetario del queso.

4.3.4. Potencial de la leche en la fabricación de queso

El potencial de la leche para la fabricación de quesos está determinado principalmente por tres factores:

1. El contenido de proteínas coagulables (caseínas)
2. El contenido de materia grasa
3. La calidad sanitaria y microbiológica de la leche

El principal factor en la elaboración de queso es el contenido de caseínas, ya que estas mediante la acción del cuajo y la acidez, logran retener prácticamente toda la humedad del queso. Las caseínas constituyen cerca del 80% del total de la proteína del queso, y son principalmente las únicas que contribuyen al rendimiento, sin embargo en los proceso de cuajado de la leche cerca del 4% de estas proteínas se transfieren al suero, lo que en general se puede resumir que el 96% de las caseínas son las que se transfieren al queso.

La materia grasa representa un porcentaje de recuperación del queso del rango del 88% al 92%.

La calidad sanitaria y microbiológica de la leche es muy importante porque, la mala calidad de la leche tiene como consecuencia la degradación parcial de las grasas u proteínas, lo cual termina manifestándose en la disminución del rendimiento del queso.

4.3.5. Queso Blanco

El queso blanco es un queso fresco, elaborado a partir de leche pasteurizada y la adición de cuajo, cloruro de calcio y sal, que es uno de los productos más comunes tanto en Colombia como en toda América Latina, sus principales características fisicoquímicas están en que tiene un pH entre 6,2 a 6,5, debido a que a que no se usan cultivos o fermentos lácticos; con un alto contenido de humedad entre el rango del 50 al 56 %, esto lo hace un producto altamente perecedero, si su calidad microbiológica es baja. Por lo general tienen un contenido de sal, entre el 3 al 5%.

En este queso o como en cualquier otro queso, solamente las proteínas están involucradas en la formación de la estructura básica del queso. Ya que la firmeza del queso aumenta en proporción con la relación de la humedad/proteína y el pH determinara la elasticidad de la textura del queso.

4.3.5.1. El queso blanco en la Cooperativa Colanta

La línea de producción del queso Blanco de la Cooperativa Colanta es una línea certificada en la norma ISO 9001:2008 de ICONTEC, y que cuenta con la implementación del Sistema de Análisis de Peligros y de Puntos Críticos de Control (HACCP).

El queso blanco se define como un queso fresco, semiduro y graso, para lo cual las propiedades que definen el producto están presentadas en la siguiente tabla:

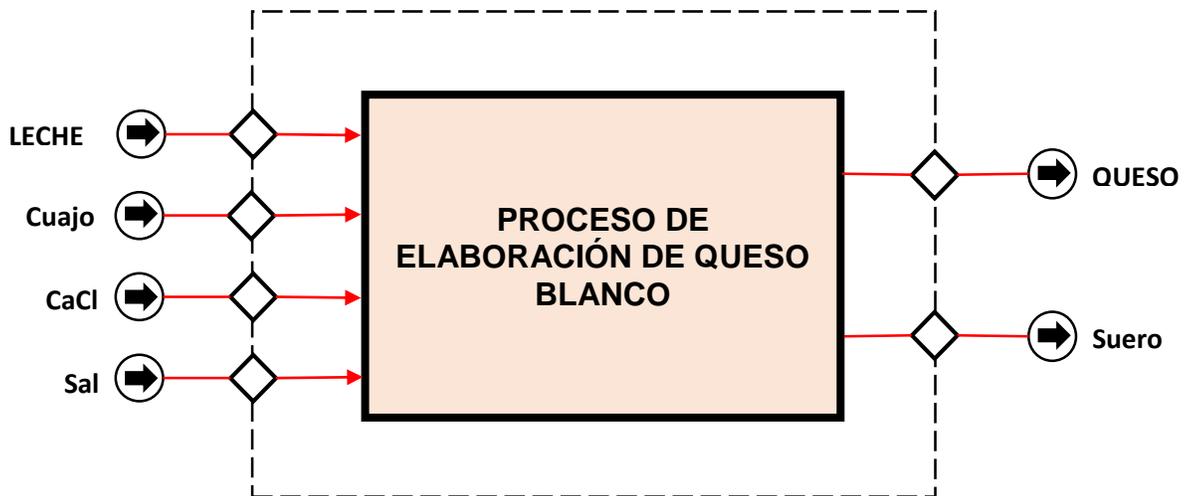
Tabla 2. Valores de los parámetros del queso blanco de la Cooperativa Colanta

Parámetro	Valores
pH	Min 6,30
Grasa	Min 20,0%
Grasa Extracto Seco	Min 45,0%
Humedad	Max. 55,0%
Cloruros	1,0 - 2,0%
Sensorial	4 - 5

Figura 1. Presentación del queso blanco de la Cooperativa Colanta



Figura 2. Bosquejo del proceso de elaboración del queso blanco



4.3.6. Rendimiento en los procesos queseros

Los rendimientos en quesería constituyen principalmente el establecimiento en la relación entre humedad/proteína en los quesos o en algunos casos dado en la relación de la grasa/proteína. Pero se debe partir como base de comparación en la relación de la grasa/proteína desde la leche.

El rendimiento quesero en general en la mayoría de industrias lácteas de los países de América Latina, se es dado en la relación entre los kilogramos de queso producido, sobre la cantidad de la leche utilizada, en litros, o en sentido inverso, la cantidad de litros de leche sobre el total de kilogramos de queso producido.

Aunque las definiciones son sencillas y fáciles de comprender no permiten relacionar los valores composicionales de la leche, ni las propiedades del queso como producto final. Es por eso que se hace necesario relacionar los rendimientos en términos mucho más composicionales en los cuales se vea más claro la influencia de los diferentes parámetros.

4.3.6.1. Predicción del rendimiento quesero

Tomando en cuenta la composición de la leche y la composición del queso, no se puede establecer una única y correcta manera para lograr predecir el rendimiento quesero, ya que son muchas las propiedades y factores que afectan los rendimientos de queso, pero que principalmente relacionan los contenidos de grasa y proteína, y que en algunos casos se consideran el porcentaje de sólidos totales de la leche, aunque este parámetro es casi despreciable a la hora de calcular los rendimientos.

Las propiedades del queso como producto terminado pueden involucrar también el contenido de proteína del queso, el contenido de grasa, la humedad e incluso considerar la cantidad o la concentración de cloruros en el queso.

Por tal razón lograr establecer la importancia de cada uno de los parámetros de la leche y como estos afectan el rendimiento de la elaboración de queso, es primordial para poder llevar cabo procesos de optimización. De igual manera verificar que propiedades del producto final afectan los rendimientos durante el proceso de elaboración de queso, o durante el proceso de la transformación de la leche en queso.

4.3.7. Bactofugación

La bactofugación es un proceso en donde se hace pasar la leche por una centrífuga de alta velocidad con el fin de eliminar las bacterias y esporas de la leche, considerando la diferencia de densidad de tanto las bacterias y esporas con respecto a los componentes de la leche, por lo cual se pueden lograr remoción de esporas de hasta el 95%. (Waes & Heddeghem, 1990)

Sin embargo los procesos de bactofugación no son suficientes para lograr eliminar el total de la bacteria y las esporas de la leche, y su utilización se debe dar solo cuando se va seguido de otro tratamiento (pasteurización) que destruya los microorganismos esporulados. (Ballester, 1994)

5. METODOLOGIA

5.1. CARACTERIZACIÓN DE LA LECHE CRUDA EN SILO

5.1.1. Recolección de muestras

Para la recolección de las muestras de leche en los puntos de muestreo de los diferentes silos de producción se hizo uso de bolsas estériles Whirlpak y frascos estériles para muestras de leche. El procedimiento de para la recolección de las muestras se describe a continuación:

- Se marcaron 2 bolsas y 2 frascos estériles con la letra “C” y el número de muestra, otra bolsa y un frasco con se marcaron con la codificación CT destinada para el control de temperatura.
- Se abrió una bolsa estéril con desinfectante, previamente preparada para tal uso. Se introdujo la boquilla de la llave del muestreador y se aplicó presión a la bolsa para inyectar el desinfectante en forma de bombeo por un tiempo de contacto de 40 segundos. Se repitió el proceso por 2 veces más.
- Se realizó una purga del punto de muestreo abriendo la llave del muestreador dejando fluir aproximadamente 2 litros de leche en el recipiente destinado (jarra).
- Se abrió la bolsa estéril, se llevó hacia el muestreador y se introdujo la boquilla, se abrió la llave y se tomaron aproximadamente 150 ml de leche.
- El mismo procedimiento se realizó con los frascos estériles tomando una cantidad de aproximadamente 50 mL de leche, la cual se evidenciaba por medio de la una marca que presenta en frasco.
- Se sellaron las bolsas dando de tres a cuatro vueltas procurando que quedaran con poco aire y los frascos se taparon.
- Se almacenaron la muestra en una cava con hielo provisionalmente mientras se lleva al laboratorio.

El procedimiento de la toma de muestra se realizó por el personal capacitado del laboratorio de microbiología, y durante esta etapa de caracterización se realizó el procedimiento por triplicado por cada muestreo realizado.

Una vez se realiza la recolección de las muestras de la leche cruda, se procedió a realizar los diferentes análisis microbiológicos y fisicoquímicos, los cuales fueron realizados en laboratorios diferentes.

5.1.2. Análisis realizados para la caracterización microbiológica y fisicoquímica de la leche cruda en silo

Los análisis realizados para realizar la caracterización de leche cruda en silo fueron determinados en relación a los parámetros establecidos por el proveedor de la bactofugadora y respecto a las condiciones de remoción que esta establecía.

A continuación se presenta la variable que se analizaron, el método o equipo de medición y el personal encargado del análisis.

Tabla 3. Variables, métodos o equipos y personal encargado de realizar el análisis microbiológico y fisicoquímico de las muestras de leche.

Variable	Método o Equipo	Personal Encargado
Recuento de Bacterias Aerobias Mesófilas	Recuento en Caja Petri con Agar Plate Count	Bacterióloga (Lab. Microbiología)
Recuento de Esporas aerobias	Recuento en Caja Petri con Agar Plate Count	Bacterióloga (Lab. Microbiología)
Recuento de Esporas anaerobias	Recuento en tubo con Agar SPS	Bacterióloga (Lab. Microbiología)
Recuento de Células Somáticas	Fossomatic	Auxiliar Control Calidad (Lab. Central de Pagos)
Grasa y Proteína	Milkoscan FT 6000	Auxiliar Control Calidad (Lab. Central de Pagos)

5.1.3. Análisis estadístico de los resultados de caracterización de leche cruda en silo

Para la realización de los análisis estadísticos se hizo uso de la herramienta de Microsoft Office Excel, y con el fin de facilitar el manejo de los datos de los parámetros microbiológicos estos se transformaron en logaritmo base 10 (Log10). Con estos datos se realizó un análisis de estadístico descriptivo, con el fin de cuantificar la presencia de estos microorganismos en la leche cruda.

Para el caso de los parámetros fisicoquímicos (Grasa y proteína) se realizó también un análisis de estadística descriptiva.

5.2. EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LA BACTOFUGACIÓN

La recolección de las muestras de leche se realizó según el mismo procedimiento descrito en la caracterización de leche cruda en silo, pero adicional se tomaron dos nuevos puntos de muestreo y solo se realizó una sola toma de muestra por punto de muestreo. Las muestras se tomaron de los siguientes puntos:

- Silo de producción, el cual contiene leche cruda
- Antes del proceso de bactofugación (muestreador)
- Después del proceso de bactofugación (muestreador)

Para la evaluación de la eficiencia de la bactofugación se tuvieron en cuenta dos factores diferentes, se determinó la eficiencia en términos de los porcentajes de remoción de bacterias de la leche cruda y también en relación a las pérdidas de proteína.

5.2.1. Evaluación de la remoción de bacterias de la leche cruda

Con base en los resultados del análisis de los datos obtenidos en caracterización de la leche cruda en silo se determinaron las variables microbiológicas a evaluar para determinar la eficiencia de remoción de bacterias y esporas de la leche.

Como factor de comparación de la eficiencia se comparó los resultados obtenidos de remoción con los establecidos por el proveedor de la bactofugadora.

Los análisis realizados a las muestras de leche recolectados, fueron los mismos realizados durante la caracterización de la leche cruda en silo, tal como se describe en la Tabla 3. Sin embargo no se tuvieron en cuenta los procedimientos para la determinación de esporas aerobias y anaerobias.

Se realizó inicialmente nueve ensayos para evaluar la eficiencia de la bactofugadora pero posteriormente se realizaron dos ensayos adicionales, después de que el personal de mantenimiento de la Cooperativa Colanta y GEA Andina proveedor de la bactofugadora, realizara ciertas modificaciones a las condiciones operacionales de la bactofugadora

En total se realizaron once ensayos con el fin de evaluar la eficiencia de la bactofugadora, y de esta manera determinar la viabilidad en términos de los porcentajes de remoción de bacterias y esporas de la leche cruda.

Para el análisis de los datos se realizó la determinación de los porcentajes de remoción de bacterias en cada uno de los ensayos, de igual manera se realizó un análisis estadístico de t-student para muestras relacionadas con el fin de establecer si se presenta una diferencia significativa en el recuento de bacterias en la leche antes y después del proceso de bactofugación. Se utilizó Microsoft Office Excel como herramienta estadística.

5.2.2. Evaluación de la pérdida de proteína en la leche cruda

Para la evaluación de la pérdida de proteína se realizó la determinación del contenido de proteína antes y después del proceso de bactofugación. Con estos datos se determinó la diferencia entre los porcentajes de proteína.

También se realizó un análisis estadístico de t-student para muestras relacionadas, con el fin de establecer si se presenta una diferencia significativa entre los puntos de muestreos antes y después del proceso de bactofugación.

5.3. DETERMINACION DE UNA ECUACION PARA PREDICCIÓN DE RENDIMIENTO DEL QUESO BLANCO

Para la determinación una ecuación que pueda predecir el rendimiento de la producción del queso blanco, se realizó una búsqueda bibliográfica de ecuaciones de predicción del rendimiento en quesería que se ajustaran a los análisis internos realizados en la planta de Derivados Lácteos de la Cooperativa Colanta.

5.3.1. Búsqueda bibliografía de una ecuación para predicción del rendimiento quesero.

Se realizó una búsqueda bibliográfica de ecuaciones que hayan sido desarrolladas para la predicción del rendimiento quesero, y que consideren los parámetros composicionales de la leche y las propiedades físicas del queso blanco.

Se estableció una ecuación que relacione parámetros composicionales de la leche que puedan ser determinados mediante los instrumentos o equipos disponibles y los métodos establecidos en la empresa y que sean determinados de manera sencilla y rápida, los cuales puedan ser realizados en el laboratorio Físicoquímico y en el laboratorio de Derivados lácteos.

Con base a los equipos y métodos disponibles que son de más fácil manejo e implementación se establecieron los siguientes parámetros, para la ecuación de predicción del rendimiento del queso blanco:

- Porcentaje de proteína de la leche
- Porcentaje de Grasa de la leche
- Contenido de humedad de queso (producto final)

Se estableció una ecuación que se ajustara a los parámetros establecidos anteriormente, la cual fue analizada y aprobada por el Jefe de Plata.

5.3.2. Determinación de la ecuación para la predicción del rendimiento de la producción de queso blanco

Una vez establecida la ecuación para la determinación del rendimiento de la producción de queso blanco, se procedió a determinar los coeficientes de la ecuación (valores constantes) y ajustar las variables a los parámetros composicionales de la leche y propiedades físicas del queso.

Para la determinación de estos coeficientes se tomaron en cuenta conceptos teóricos y experimentales, estos últimos determinados en base a los estadísticos históricos de propiedades composicionales de la leche y de las propiedades físicas del queso blanco (producto final)

5.3.3. Análisis estadístico de los rendimientos históricos reales de los rendimientos del queso blanco

Con el fin de evaluar la ecuación obtenida para la predicción del rendimiento del queso blanco, también se realizó un análisis estadístico al histórico de los rendimientos obtenidos en la producción de queso blanco durante el segundo trimestre del año 2015, y de esta manera poder realizar un histograma de frecuencia para determinar los rendimientos típicos en la producción de queso blanco.

5.3.4. Comparación de los rendimientos históricos reales con los rendimientos teóricos dados por la ecuación desarrollada para el rendimiento en queso blanco.

Con la información obtenida se realizó una comparación entre los rendimientos obtenidos por la ecuación de predicción del rendimiento de queso blanco, y los rendimientos reales del segundo trimestre de 2015.

Para realizar esta comparación se hizo un análisis estadístico de t-student para muestras de varianzas desiguales, con el fin de comparar si hay una diferencia significativa en los rendimientos reales y los dados por la ecuación para la predicción del rendimiento del queso blanco.

También se realizó un histograma de frecuencia de los rendimientos obtenidos por la ecuación desarrollada para predecir el rendimiento de la producción del queso blanco, y de esta manera comparar con el obtenido de los rendimientos históricos reales y así definir la precisión de los resultados de la ecuación.

5.4. SEGUIMIENTO DEL CONTENIDO DE PROTEINA EN EL PROCESO DE PRODUCCION DEL QUESO BLANCO

Se realizó un análisis del contenido de proteína en cada una de las principales etapas del proceso de producción del queso blanco, para observar en cuales se afecta el contenido de proteína.

A continuación se presentan los puntos de muestreo y en tipo de muestra en los cuales se determinó el contenido de proteína:

- Silo (leche cruda)
- Antes de la bactofugación (leche)

- Después de la bactofugación (leche)
- Salida del pasteurizador (leche)
- Tina de cuajado (leche)
- Producto terminado (Queso Blanco)

La determinación del contenido de proteína de las muestras que constituyen leche, se realizó por medio del equipo Milkoscan FT 120, dispuesto en el Laboratorio de Análisis Físicoquímico y de Derivados. En los anexos se describe el procedimiento para el análisis de las muestras de la leche.

La determinación del contenido de proteína en el producto terminado, el queso blanco ya empacada se realizara por medio del método de Kjeldahl, en cual es realizado en los equipos Fossomatic Kjeltac 8000 series y Fossomatic Tecator Line, dispuesto en el Laboratorio Central de Pagos. El procedimiento detallado para llevar a cabo la determinación del contenido de proteína se describe en los anexos).

De esta manera se pudo establecer las etapas del proceso en donde más se pierde proteína y como el proceso de bactofugación involucra un nuevo factor de pérdida, y determinar el que porcentaje de pérdida se relaciona respecto a los otros procesos.

5.5. COMPARACION DE LOS RENDIMIENTOS DE QUESO BLANCO ELABORADO CON LECHE BACTOFUGADA Y NO BACTOFUGADA

Para realizar la comparación de los rendimientos de la producción de queso blanco producido a partir de leche bactofugada y a partir de leche no bactofugada, se realizó la corrida de dos lotes de producción de queso blanco.

En el primer lote se pasó leche del silo, por la bactofugadora, después se pasó por el pasteurizador y después se pasó a la tina, en la tina por seguimiento al proceso se tomó una muestra de leche para analizar la efectividad del proceso de pasteurización y se analizar las propiedades composicionales de la leche en tina. De esta etapa se obtienen los valores composicionales de la leche para la ecuación de la producción del rendimiento. Después del el proceso de elaboración se tomó una muestra de queso ya empacada y que ha pasado por el proceso de refrigeración, la cual se analiza para determinar si las propiedades físicoquímicas se cumplen en el producto final. De este procedimiento se obtuvieron los resultados relacionados con las propiedades físicas del queso final.

Después de pasar el primer lote de queso el cual ha sido producido a partir de leche bactofugadora, se pasa a otra tina una corrida de queso en la cual se omitió el proceso de bactofugación, es decir la leche pasa directamente del silo al proceso de pasteurización y después pasa a la tina.

De esta manera se obtuvieron dos lotes de queso blanco por ensayo realizado, uno en el cual la leche fue bactofugadora adicionalmente la proceso de producción y otro en el cual la leche recorrió el proceso normal de producción.

Se realizaron un total de tres ensayos, en los cuales a cada uno de los lotes se determinó los parámetros composicionales de la leche en tina y las propiedades físicas del producto final (queso blanco).

De los datos obtenidos de estos procesos y la ecuación obtenida para la predicción del rendimiento de producción del queso blanco, se estimaron los rendimientos teóricos y se compararon con los rendimientos reales obtenidos.

5.6. COMPARACION DE LA VIDA UTIL DEL QUESO PRODUCIDO A PARTIR DE LECHE BACTOFUGADA Y DE LECHE NO BACTOFUGADA

Para realizar el análisis de la vida útil del queso blanco solo se tuvieron en cuenta dos lotes de queso blanco, el primero producido a partir de leche bactofugada y el otro a partir de leche que no fue bactofugada.

5.6.1. Selección y almacenamiento de las muestras de queso blanco

Para la selección de la muestras para analizar la vida útil del queso, se tomaron de cada lote producido, tanto de leche bactofugada como no bactofugada, un total de 80 muestras de queso terminado por lote, las cuales estaban en presentación de 250 g. de las cuales se dividieron en dos para el proceso de almacenamiento. Veinte muestras se almacenaron a una temperatura de 4 a 6°C, y veinte a una temperatura de 8 a 10°C. Las muestras se almacenaron en las cavas de Producto de Exportación y el Container de Queso Holandés respectivamente.

5.6.2. Análisis para la determinación de la vida útil del queso blanco

Para el análisis de la muestras de queso blanco se estableció respecto a cada temperatura de almacenamiento, tiempos diferentes de análisis; las muestras almacenadas a una temperatura de 4 a 6°C se analizaron cada 7 días, mientras que la muestras almacenadas de 8 a 10 °C se analizaron cada 5 días.

Los análisis que se le realizaron a cada uno de los quesos, la técnica o equipo y el personal encargado de realizarlo se presentan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 4. Variables, método o equipos, y personal encargado para el análisis de vida útil del queso Blanco

Variable	Método o Equipo	Personal Encargado
Recuento de Bacterias Aerobias Mesófilas	Recuento en Caja de Petri con Agar Plate Count	Bacterióloga (Lab. Microbiología)
Recuento de Coliformes Totales y fecales	Recuento en Caja de Petri con Agar Chromocult.	Bacterióloga (Lab. Microbiología)
Recuento de Mohos y levaduras	Recuento en Caja de Petri con Agar YGC	Bacterióloga (Lab. Microbiología)
pH	pH-metro	Auxiliar Control Calidad (Lab. de Derivados)
Sensorial	Descriptorios de aroma, color, sabor y consistencia	Auxiliar Control Calidad (Lab. de Derivados)

Los análisis del queso blanco a cada una de las temperaturas se realizaran hasta que se presente un parámetro de fallo y seguido al siguiente análisis se confirme el fallo.

6. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividad	Sem 1	Sem 2	Sem 3	Sem 4	Sem 5	Sem 6	Sem 7	Sem 8	Sem 9	Sem 10	Sem 11	Sem 12	Sem 13	Sem 14
Caracterización de leche cruda en silo	X	X	X											
Análisis de datos de caracterización de leche cruda			X	X										
Evaluar de la eficiencia de la bactofugación					X	X	X	X						
Estimación de ecuación de rendimiento quesero			X	X	X									
Análisis del histórico de los Rendimientos reales	X	X	X	X	X									
Seguimiento de la proteína en el proceso					X	X	X							
Análisis de la vida útil el queso Blanco							X	X	X	X	X	X		

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. CARACTERIZACION DE LECHE CRUDA EN SILO

A continuación se presentan los resultados de los recuentos de los parámetros microbiológicos obtenidos en la caracterización de leche cruda en silo

Tabla 5. Recuentos de los microorganismos de la leche cruda en silo

SEMANA	MUESTREO	SILO	Recuento de Aerobios Mesófilos UFC/ml	Recuento de esporas aerobias UFC/ml	Recuento de esporas anaerobias NMP	Células Somáticas
Semana 1	Muestreo 1	12	160000	<10	<3	329
			170000	<10	<3	317
			170000	<10	<3	322
Semana 2	Muestreo 2	8	870000	<10	<3	319
			820000	<10	<3	320
			780000	<10	<3	311
	Muestreo 3	8	160000	<10	<3	294
			180000	<10	<3	315
			180000	<10	<3	312
	Muestreo 4	11	240000	<10	<3	345
			280000	<10	<3	326
			280000	<10	<3	339
Semana 3	Muestreo 5	7	180000	<10	<3	317
			180000	<10	<3	336
			200000	<10	<3	321
	Muestreo 6	7	70000	<10	<3	333
			64000	<10	<3	295
			57000	<10	<3	324

Con base a los resultados presentados en la tabla 5, se evidenció que solo los microorganismos aerobios mesófilos y células somáticas presentan recuentos significativos, propios de la leche cruda; mientras que los recuentos de las esporas aerobias y las esporas anaerobias están por debajo de los límites de recuento de las técnicas utilizadas para su determinación; por tanto se puede establecer que las esporas tanto aerobias como anaerobias, no son aptas para ser evaluadas en la evaluación de la eficiencia de la bactofugadora, ya que no van a representar información significativa debido a que el recuento de estas está por debajo de lo mínimo establecido.

Para el caso de los microorganismos Aerobios Mesófilos y las células somáticas se hizo necesario realizar un análisis estadístico descriptivo. Para realizar este análisis se transformaron los recuentos en log₁₀ y de esta manera poder manejar mucho mejor los datos obtenidos.

A continuación se presentan los valores de recuentos de aerobios mesófilos y células somáticas transformados en logaritmo base 10.

Tabla 6. Recuentos en log₁₀ de Aerobios Mesófilos y Células Somáticas

SEMANA	MUESTREO	SILO	Log 10 (Aerobios Mesófilos)	Log 10 (Células Somáticas)
Semana 1	Muestreo 1	12	5,20412	2,51720
			5,23045	2,50106
			5,23045	2,50786
Semana 2	Muestreo 2	8	5,93952	2,50311
			5,91381	2,50447
			5,89209	2,49206
	Muestreo 3	8	5,20412	2,46835
			5,25527	2,49831
			5,25527	2,49346
	Muestreo 4	11	5,38021	2,53782
5,44716			2,51255	
5,44716			2,53020	
Semana 3	Muestreo 5	7	5,25527	2,50037
			5,25527	2,52569
			5,30103	2,50651
	Muestreo 6	7	4,84510	2,52244
			4,80618	2,46982
			4,75587	2,51055

Con base a los resultados de la tabla 6, se realiza un análisis estadístico de la desviación estándar y el coeficiente de varianza entre cada uno de los muestreos realizados tanto para los aerobios mesófilos como para las células somáticas.

Tabla 7. Análisis de varianza del log₁₀ de los recuento de Aerobios Mesófilos

Muestreo	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coeficiente de Variación
1	3	5,22167	0,01520	0,291%
2	3	5,91514	0,02374	0,401%
3	3	5,23822	0,02953	0,564%
4	3	5,42484	0,03865	0,712%
5	3	5,27053	0,02642	0,501%
6	3	4,80238	0,04473	0,931%
Total	18	5,31213	0,34010	6,402%

Para el caso de los recuentos de aerobios mesófilos se presentan los promedios realizados por muestreo, y se presentan las desviaciones estándar de los datos y el coeficiente de variación de estos. Se observó que la desviación estándar y el coeficiente de variación por muestreo realizado son inferiores a 0,038 y 0,931% respectivamente, mientras en el caso de que se comparen en conjunto todos los

recuentos de los datos realizados se observa una mayor desviación y un mayor coeficiente de variación lo cual se debe a que a la leche cruda puede variar significativamente de un día a otro en relación a los parámetros microbiológicos.

Tabla 8. Análisis de varianza del log10 de los recuentos de células somáticas

Muestreo	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
1	3	2,50870	0,00810	0,323%
2	3	2,49988	0,00681	0,272%
3	3	2,48671	0,01608	0,647%
4	3	2,52686	0,01296	0,513%
5	3	2,51086	0,01321	0,526%
6	3	2,50094	0,02760	1,103%
Total	18	2,50566	0,01823	0,728%

De igual manera se observó que para el caso de las células somáticas las desviaciones estándar y los coeficientes de variación son muy diferentes cuando se hacen comparaciones respecto a cada muestreo realizado, pero que al comparar los datos en conjunto esta desviación estándar y el coeficiente de variación suele ser menor en comparación con el que se presenta en algunos muestreos. De esta manera se puede establecer que el recuento de células somáticas presenta una menor variación en la leche cruda en los silos de producción.

A continuación se presenta una tabla que resumen los datos presentados en las tablas 7 y 8.

Tabla 9. Resumen estadístico de los log10 del recuento de aerobios mesófilos y células somáticas

Parámetros estadístico	Aerobios Mesófilos	Células somáticas
Recuento	18	18
Promedio	5,31213	2,50566
Desviación Estándar	0,34009983	0,01823188
Coefficiente de Variación	6,40%	0,73%
Mínimo	4,75587	2,46835
Máximo	5,93952	2,53782
Rango	1,18364	0,06947

A continuación se presentan los resultados de la determinación de los parámetros fisicoquímicos (Grasa y Proteína) realizados en la caracterización de la leche cruda en silo.

Tabla 10. Resultados de los contenidos de grasa y proteína de leche cruda en silo

SEMANA	Muestreo	SILO	Contenido de Grasa	Contenido de Proteína
Semana 1	Muestreo 1	12	3,75	3,10
			3,75	3,10
			3,74	3,10
Semana 2	Muestreo 2	8	3,63	3,11
			3,64	3,11
			3,64	3,11
	Muestreo 3	8	3,54	3,10
			3,54	3,10
			3,53	3,10
Muestreo 4	11	3,81	3,09	
		3,79	3,09	
		3,80	3,09	
Semana 3	Muestreo 5	7	3,69	3,09
			3,70	3,09
			3,68	3,09
	Muestreo 6	7	3,72	3,09
			3,61	3,10
			3,72	3,10

Según los datos de la tabla 10 se pueden establecer los valores promedio de los contenidos de la grasa y proteína de la leche cruda contenida en silo. A continuación se presenta el análisis de varianza para cada uno de los factores fisicoquímicos analizados.

Tabla 11. Análisis de varianza para el contenido de grasa de leche cruda en silo

Ensayo	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
1	3	3,74667	0,00577	0,154%
2	3	3,63667	0,00577	0,159%
3	3	3,53667	0,00577	0,163%
4	3	3,80000	0,01000	0,263%
5	3	3,69000	0,01000	0,271%
6	3	3,68333	0,06351	1,724%
Total	18	3,68222	0,08835	2,399%

Según la tabla 11 se puede establecer que el contenido de grasa de la leche cruda en silo de producción está entre el rango de 3,53 al 3,80%, siendo el promedio y el valor más constante para el contenido de grasa del 3,68%, el coeficiente de variación es del 2,399% en relación al total de mediciones realizadas.

La grasa es un factor composicional de la leche que puede variar mucho, principalmente respecto a las condiciones de almacenamiento de la leche. Ya que cuando la leche se almacena en un contenedor, sin un correcto sistema de agitación esta tiende subir a la superficie del contenedor, debido a que los glóbulos de grasa de la leche son más ligeros que los demás componentes de la leche. Es por esto que la medición del contenido de grasa puede variar respecto de un muestreo a otro.

Tabla 12. Análisis de varianza del contenido de proteína de la leche cruda en silo

Ensayo	Recuento	Promedio	Desviación Estándar	Coefficiente de Variación
1	3	3,10000	0,00000	0,000%
2	3	3,11000	0,00000	0,000%
3	3	3,10000	0,00000	0,000%
4	3	3,09000	0,00000	0,000%
5	3	3,09000	0,00000	0,000%
6	3	3,09667	0,00577	0,186%
Total	18	3,09778	0,00732	0,236%

Para el caso del contenido de la proteína los datos de la tabla 12, muestran que la variación del contenido de proteína es menor por lo tanto los valores son mucho más constantes, siendo el valor de 3,10% el promedio de todos los recuentos realizados.

7.2. EVALUACION DE LA EFICIENCIA DE LA BACTOFUGADORA

7.2.1. Condiciones operacionales de los ensayos para la evaluación de la eficiencia de la bactofugadora

Las condiciones operacionales de la bactofugadora establecidas por el proveedor del equipo para la realización de los ensayos se presentan a continuación:

- La bactofugadora se encuentra instalada en la línea de proceso de pasteurización de 30000 L/h
- La temperatura de entrada de la leche cruda a la bactofugadora debían ser de mínimo de 52°C y máxima de 55°C.

Durante la realización de los ensayos no se cumplieron las especificaciones relacionadas con las temperaturas de operación, ya que estas excedieron el valor máximo establecido anteriormente. Sin embargo estas condiciones fueron aprobadas por el personal de Mantenimiento de la Cooperativa y el personal encargado de la bactofugadora de GEA Andina.

Otro de los factores operacionales que estableció el personal de mantenimiento y de GEA Andina, fue el relacionado con el número de revoluciones por minuto (rpm)

de la bactofugadora, ya que en los primeros ensayos se realizó a 5470 rpm y en los dos últimos ensayos realizados el número de revoluciones aumento a 5850 rpm en promedio.

Respecto a las condiciones de temperatura durante los primeros nueve ensayos la temperatura de entrada a la bactofugadora estaba en el rango de los 63 a 66°C, ya en los dos últimos ensayos realizados la temperatura de entrada se disminuyó a los 55°C y en el último ensayo se disminuyó a 52°C.

7.2.2. Evaluación de eficiencia de la bactofugadora en la remoción de bacterias de la leche cruda.

Según los análisis realizados en la caracterización de la leche cruda en silo, se estableció solo como parámetros microbiológicos para la evaluación de la eficiencia de remoción de la bactofugadora los recuentos de bacterias aerobias mesófilas y los recuentos de células somáticas.

A continuación se presentan los resultados obtenidos para el conteo los aerobios mesófilos en cada uno de los puntos de muestreo, en silo, antes y después del proceso de bactofugación.

Tabla 13. Recuentos de Aerobios Mesófilos en los puntos de muestreo de la evaluación de la eficiencia de la bactofugadora

SEMANA	ENSAYO	Proceso	Silo	Antes	Después
Semana 1	Ensayo 1	Leche Past.	190000	42000	750
	Ensayo 2	Leche Past.	140000	53000	7100
Semana 2	Ensayo 3	Queso Blanco	82000	2300	1100
	Ensayo 4	Queso Blanco	130000	2100	1400
	Ensayo 5	Leche Past.	110000	2500	800
Semana 3	Ensayo 6	Leche Past.	59000	1600	570
	Ensayo 7	Leche Past.	160000	4400	690
	Ensayo 8	Queso Blanco	530000	110000	16000
Semana 4	Ensayo 9	Leche Past.	250000	7300	2500
Semana 5	Ensayo 10	Leche Past.	200000	63000	34000
Semana 6	Ensayo 11	Leche Past.	52000	28000	12000

Los datos que se presentan en la Tabla 13, muestran como fue el comportamiento de los aerobios mesófilos en cada uno de los ensayos realizados. Y como a través de los diferentes procesos este fue disminuyendo.

Para analizar mejor los datos presentados en la tabla 13, se estimaron los porcentajes de remoción de los aerobios mesófilos en cada uno de los ensayos.

Tabla 14. Porcentajes de remoción de aerobios mesófilos durante los ensayos realizados

SEMANA	ENSAYO	Proceso	% Remoción por termizado	%Remoción por Bactofugación	% Remoción proceso total
Semana 1	Ensayo 1	Leche Past.	77,9	98,2	99,6
	Ensayo 2	Leche Past.	62,1	86,6	94,9
Semana 2	Ensayo 3	Queso Blanco	97,2	52,2	98,7
	Ensayo 4	Queso Blanco	98,4	33,3	98,9
	Ensayo 5	Leche Past.	97,7	68,0	99,3
Semana 3	Ensayo 6	Leche Past.	97,3	64,4	99,0
	Ensayo 7	Leche Past.	97,3	84,3	99,6
	Ensayo 8	Queso Blanco	79,2	85,5	97,0
Semana 4	Ensayo 9	Leche Past.	97,1	65,8	99,0
Semana 5	Ensayo 10	Leche Past.	68,5	46,0	83,0
Semana 6	Ensayo 11	Leche Past.	46,2	57,1	76,9
Promedio			83,5	67,4	95,1

En la Tabla 14 se presenta los porcentajes de remoción en función de tres parámetros, el primero establece el porcentaje de remoción por termizado el cual relaciona el recuento de aerobios mesófilos en la leche cruda en silo, hasta el punto de muestreo de la leche antes de la bactofugadora. En esta etapa del proceso se evidencia un promedio de los porcentajes de remoción del 83,5% este porcentaje se da principalmente al proceso térmico realizado, ya que para establecer las condiciones de temperatura a la entrada de la bactofugadora se debe someter la leche cruda contenida en el silo a una temperatura de 2 a 6 °C, a un calentamiento el cual es realizado por un intercambiador de calor de placas, el cual logra incrementar la temperatura hasta los 65°C, debido a este incremento de temperatura, se presenta una disminución en los recuentos de aerobios mesófilos de la leche cruda del silo hasta antes de ser bactofugada.

Durante este proceso de termizado en algunos ensayos se lograr eliminar aproximadamente el 97% de los aerobios mesófilas, significando que a pesar de ser un proceso de solo calentamiento es muy efectivo para la remoción de estos microorganismos.

Para el caso del proceso de bactofugación se presenta en promedio un porcentaje de remoción del aerobios mesófilos del 67,4%, este porcentaje no cumple con las especificaciones establecidas por el proveedor de la bactofugadora ya que establece que deben estar entre el 70 al 90% de remoción. De los once ensayos realizados solo cuatro cumplieron con las especificaciones de la bactofugadora.

Para analizar de una mejor manera y poder tener otro criterio de evaluación se realizó un análisis estadístico de t-student para muestras emparejadas; este tipo de análisis permite establecer si se presenta una diferencia significativa entre dos muestras, en las cuales la primera muestra antes de la bacteriostática, vendría a representar un control, mientras que la muestra después de la bacteriostática reflejaría los cambios que se han presentado en el recuento de aerobios mesófilos debidos al proceso de bacteriostatación.

Tabla 15. Análisis de t-student para el log10 del recuento de aerobios mesófilos

Parámetro Estadístico	Antes	Después
Media	4,0389272	3,420398
Varianza	0,4828227	0,403252
Observaciones	11	11
Grados de libertad	10	
Estadístico t	4,631903562	
P(T<=t)	0,000933458	
Valor crítico de t	2,228138852	

Considerando un nivel de confianza de los datos del 95%, se establece que se presenta una diferencia significativa entre las medias cuando el valor de P (0,0009) es menor a 0,05, o cuando el valor del t estadístico (4,63) es mayor o igual que al valor de t crítico (2,228).

Según lo anterior y la Tabla 15, se puede establecer que a pesar de que el promedio de los porcentajes de remoción son del 67,4%, se evidencia una diferencia significativa entre el recuento antes y después de aerobios mesófilos.

Pero considerando que no se cumplen las especificaciones en términos de la remoción de bacterias aerobias mesófilas, la bacteriostática no representa un factor determinante en la calidad microbiológica de la leche en lo que respecta al recuento de aerobios mesófilos.

A continuación se presentan los resultados de los recuentos de células somáticas, realizados en la evaluación de la eficiencia de la bacteriostática.

Tabla 16. Recuentos de las Células Somáticas en los puntos de muestreo de la evaluación de la eficiencia de la bactofugadora

SEMANA	ENSAYO	Proceso	Silo	Antes	Después
Semana 1	Ensayo 1	Leche Past.	297	284	69
	Ensayo 2	Leche Past.	258	288	149
Semana 2	Ensayo 3	Queso Blanco	296	303	101
	Ensayo 4	Queso Blanco	316	325	151
	Ensayo 5	Leche Past.	247	242	86
Semana 3	Ensayo 6	Leche Past.	326	312	84
	Ensayo 7	Leche Past.	272	273	60
	Ensayo 8	Queso Blanco	335	323	91
Semana 4	Ensayo 9	Leche Past.	300	313	90
Semana 5	Ensayo 10	Leche Past.	379	327	91
Semana 6	Ensayo 11	Leche Past.	375	339	84

En la tabla 16 se presentan los resultados obtenidos para la evaluación de la eficiencia de la bactofugadora en termino al recuento de células somáticas, estos recuentos en tanto la leche cruda son mucho menores a los estipulados en la ley.

A continuación se presentan los porcentajes de remoción de la bactofugación para el recuento de células somáticas.

Tabla 17. Porcentajes de remoción de células somáticas por el proceso de bactofugación

SEMANA	ENSAYO	Proceso	% Remoción por termizado	%Remoción por Bactofugación	% Remoción proceso total
Semana 1	Ensayo 1	Leche Past.	4,4	75,7	76,8
	Ensayo 2	Leche Past.	-11,6	48,3	42,2
Semana 2	Ensayo 3	Queso Blanco	-2,4	66,7	65,9
	Ensayo 4	Queso Blanco	-2,8	53,5	52,2
	Ensayo 5	Leche Past.	2,0	64,5	65,2
Semana 3	Ensayo 6	Leche Past.	4,3	73,1	74,2
	Ensayo 7	Leche Past.	-0,4	78,0	77,9
	Ensayo 8	Queso Blanco	3,6	71,8	72,8
Semana 4	Ensayo 6	Leche Past.	-4,3	71,2	70,0
Semana 5	Ensayo 7	Leche Past.	13,7	72,2	76,0
Semana 6	Ensayo 8	Leche Past.	9,6	75,2	77,6
Promedio			1,5	68,2	68,3

Para el caso del proceso de termizado en la cual se calienta la leche del silo a la condiciones de entrada de la bactofugadora, se puede evidenciar que para el caso de las células somáticas hay ensayos en los cuales el recuento aumento de la

muestra tomada en silo y a la entrada de la bactofugadora, esto se debe principalmente a que la eliminación de estas células somáticas solo se da a las temperaturas de pasteurización.

Para el caso de los porcentajes de remoción de las células somáticas antes y después de la bactofugación en todos los ensayos se determinó un promedio de 68,2%, valor que comparado con lo establecido por el proveedor es muy bajo, ya que el valor de remoción de células somáticas es del 90% dado por el proceso de bactofugación. Además en ninguno de los ensayos se alcanza a cumplir el porcentaje de remoción estipulado, siendo el máximo porcentaje al cual se llega es del 78,0%.

Tabla 18. Análisis de T-student para el log10 de los recuentos de células sonáticas

Parámetro Estadístico	Antes	Después
Media	2,47906	1,966261
Varianza	0,001833	0,014592
Observaciones	11	11
Grados de libertad	10	
Estadístico t	14,56287678	
P(T<=t)	4,64399E-08	
Valor crítico de t	2,228138852	

Con un nivel de confianza del 95% se establece que de igual manera para el caso de los recuentos de las células somáticas se presenta una diferencia significativa entre el antes y el después del proceso de bactofugación, ya que el valor de P (4,64e-08) es menor que 0,05 y además el valor del t estadístico (14,56) es mayor al t crítico (2,228).

Pero de igual manera a pesar de que hay una diferencia muy significativa, no se cumplen los porcentajes de remoción de células somáticas debidas al proceso de bactofugación.

Los condiciones de remoción de bacterias entre ellas de aerobios mesófilos y células somáticas, la bactofugadora no cumplió ninguno de los porcentajes establecidos por el proveedor, respecto a los cumplimientos que esta podía lograr.

7.2.3. Evaluación en la pérdida de proteína en la leche cruda

A continuación se presentan los resultados del contenido de proteína en los rendimientos dados en la evaluación de la eficiencia de la bactofugadora.

Tabla 19. Contenidos de proteína en los puntos de muestreo para evaluación de la eficiencia de la bactofugadora

SEMANA	ENSAYO	Proceso	Silo	Antes	Despues
Semana 1	Ensayo 1	Leche Past.	3,11	3,11	3,09
	Ensayo 2	Leche Past.	3,1	3,09	3,08
Semana 2	Ensayo 3	Queso Blanco	3,12	3,12	3,04
	Ensayo 4	Queso Blanco	3,13	3,13	3,11
	Ensayo 5	Leche Past.	3,14	3,14	3,13
Semana 3	Ensayo 6	Leche Past.	3,15	3,15	3,14
	Ensayo 7	Leche Past.	3,15	3,14	3,12
	Ensayo 8	Queso Blanco	3,12	3,12	3,12
Semana 4	Ensayo 9	Leche Past.	3,16	3,15	3,13
Semana 5	Ensayo 10	Leche Past.	3,18	3,17	3,17
Semana 6	Ensayo 11	Leche Past.	3,16	3,16	3,15

Los datos presentados en la tabla 19 reflejan el comportamiento del contenido de proteína a través del proceso de termizado, el cual es realizado para calentar la leche a la temperatura de entrada a la bactofugadora, y también se presentan los datos debidos al proceso de bactofugación.

Para poder analizar de una mejor forma estos comportamientos se determinan los cambios en el contenido de proteína entre cada punto de muestreo, los resultados se presentan a continuación:

Tabla 20. Porcentajes de pérdidas de proteína en el proceso de bactofugación

SEMANA	ENSAYO	Proceso	% Pérdida por termizado	%Pérdida por Bactofugación	% Pérdida del proceso total
Semana 1	Ensayo 1	Leche Past.	0,00	0,02	0,02
	Ensayo 2	Leche Past.	0,01	0,01	0,02
Semana 2	Ensayo 3	Queso Blanco	0,00	0,08	0,08
	Ensayo 4	Queso Blanco	0,00	0,02	0,02
	Ensayo 5	Leche Past.	0,00	0,01	0,01
Semana 3	Ensayo 6	Leche Past.	0,00	0,01	0,01
	Ensayo 7	Leche Past.	0,01	0,02	0,03
	Ensayo 8	Queso Blanco	0,00	0,00	0,00
Semana 4	Ensayo 9	Leche Past.	0,01	0,02	0,03
Semana 5	Ensayo 10	Leche Past.	0,01	0,00	0,01
Semana 6	Ensayo 11	Leche Past.	0,00	0,01	0,01
Promedio			0,004	0,018	0,022

Los datos que se presentan en la tabla 20, permiten establecer como fueron las pérdidas de proteínas, en cada una de las etapas que relacionan los procesos de

termizado y de bactofugación y también las que relacionan todo el conjunto desde el silo de leche cruda hasta después de ser bactofugada.

Para el caso del proceso de termizado se evidencia que el promedio de la pérdida de proteína es del 0,004%, lo cual representa una pérdida muy pequeña y que además esta pérdida no se presentó en todos los ensayos analizados, ya que de once ensayos realizados solo cuatro presentaron una pérdida de proteína de 0,01%. Para el caso de la pérdida de proteína por el proceso de bactofugación el promedio de los ensayos fue del 0,018%, siendo la pérdida más grande por ensayo individual de 0,08%.

Basado en los anteriores resultados se establece que la eficiencia de la bactofugadora en términos de la pérdida de proteína se cumple totalmente, ya que es menor al 0,1% que establecía el proveedor de la Bactofugadora.

A continuación se presenta el análisis de t –student para muestras emparejadas, el cual se realiza para poder establecer si se presenta una pérdida significativa del contenido de proteína entre las muestras de antes y después de proceso de bactofugación.

Tabla 21. Análisis estadístico de t-student para el contenido de proteína en el proceso de bactofugación

Parámetro Estadístico	Antes	Después
Media	3,134545	3,116364
Varianza	0,000547	0,001285
Observaciones	11	11
Grados de libertad	10	
Estadístico t	2,76289482	
P(T<=t)	0,020030042	
Valor crítico de t	2,228138852	

A pesar de que la pérdida de proteína es en promedio de 0,018%, se presenta una pérdida significativa en el contenido de proteína, ya que considerando la tabla 21, y que se establece un nivel de confianza del 95%, el valor de P (0,02) es menor que 0,05, y también el valor del t estadístico (2,762) es mayor al valor crítico de t (2,228), por lo cual se concluye que hay una diferencia significativa entre los contenidos de proteína de la leche en el antes y el después del proceso de bactofugación

7.3. DETERMINACION DE UNA ECUACION PARA PREDICCIÓN DE RENDIMIENTO DEL QUESO BLANCO

Para determinar la ecuación para la predicción del rendimiento quesero se hizo necesario la realizar un proceso de recopilación de información con el fin de unificar, los datos para poder realizar los análisis respectivos.

7.3.1. Ecuación para predecir el rendimiento quesero

En la búsqueda de una ecuación del rendimiento quesero que se ajustara a las propiedades físicas del queso blanco y los parámetros composicionales de la leche, se encontró la ecuación desarrollada por Van Skyle en 1979. (Van Skyle *et al*, 1979)

La ecuación que desarrollo Van Skyle, la cual expresa el rendimiento quesero en términos de kilogramos de queso por cada 100 kilogramos de leche.

La ecuación se presenta a continuacion:

$$\text{Rend. Quesero} = \frac{[(RG \times \%Grasa_{leche}) + (RC \times \%Caseinas_{leche})] \times RS}{1 - \frac{\%Humedad_{queso}}{100}}$$

En la ecuación para el rendimiento los parámetros que relacionan son los siguientes:

- RG = Coeficiente de recuperación de la Grasa
- RC = Coeficiente de recuperación de la Caseína
- RS = Coeficiente de recuperación de otros Solidos Totales

Las propiedades que se tienen en cuenta son el porcentaje de grasa de la leche y el porcentaje de humedad del queso como producto terminado. La otra variable que se tiene en cuenta es el porcentaje de caseínas en la leche, para la determinación de este porcentaje de la leche se establece de la siguiente manera:

$$\%Caseina_{leche} = \%Proteina_{leche} \times 0,79$$

Las caseínas son cerca del 0,79% de las proteínas de la leche.

7.3.2. Determinación de la ecuación para la predicción del rendimiento de la producción de queso blanco

Ya con la ecuación de predicción del rendimiento se procedió a determinar coeficientes de recuperación de cada uno los parámetros establecidos para lo cual se utilizaron los valores reales obtenidos de los lotes de queso blanco producidos durante el segundo trimestre de 2015.

Para la determinación de los coeficientes se utilizaron las siguientes ecuaciones:

$$RG = \frac{(\%Grasa_{queso} \times Peso_{queso})}{(\%Grasa_{leche} \times Peso_{leche})}$$

$$RS = \frac{RF \times \%Grasa_{leche}}{[(RG \times \%Grasa_{leche}) + (RC \times \%Caseinas_{leche})] \times GES}$$

El término GES hace referencia al porcentaje de grasa en extracto seco, y se define como:

$$GES = \frac{\%Grasa_{queso}}{100 - \%Humedad_{queso}} \times 100$$

Para lograr realizar la determinación de estos coeficientes de recuperación se hizo el cálculo utilizando la información del histórico de las propiedades de la leche en tina, para la producción de queso blanco, las cuales fueron analizadas por el Auxiliar de Control Calidad del Laboratorio de Análisis Físicoquímico. La información con la que se tenía disponibilidad era la siguiente:

- Porcentajes de Materia Grasa en la leche
- Porcentajes de Proteína en la leche
- Densidad de la leche en tina

Para saber la cantidad de litros de leche que se pasaron a cada tina se analizaron los balances del Analista de Producción, la cual tiene toda la información relacionada con los consumos de leche, por cada proceso de producción de queso blanco, al igual que las cantidades en kilogramos del queso total producido a partir de la leche en tina.

Respecto a las propiedades del queso blanco se utilizó la información del histórico del laboratorio de Derivados Lácteos, del cual se tenía la información relacionada con:

- Porcentaje de grasa en el queso blanco
- Porcentaje de Humedad en el queso blanco

Con la información recolectada se determinaron los coeficientes de recuperación. La información utilizada relacionaba 380 lotes que se encontraban comprendidos entre el periodo del segundo trimestre de 2015.

Los resultados de los valores de los coeficientes se presentan a continuación:

Tabla 22. Coeficientes de recuperación calculados para predecir el rendimiento quesero

RG	Coeficiente de recuperación de grasa	0,8808
RS	Coeficiente de Recuperación de Sólidos	1,097
RC	Coeficiente de Recuperación de Caseína	0,96

El valor del coeficiente de Recuperación de Caseína se tomó el valor de 0,96, se recomienda para cuando se trabaja con queso duros o semiduros. (Jaeggi et Al, 2004)

Luego de realizar los cálculos pertinentes la ecuación desarrollada para la predicción del rendimiento quesero en la producción de queso blanco es la siguiente:

$$\text{Rend. Queso} = \frac{[(0,8808 \times \%Grasa_{\text{leche}}) + (0,96 \times 0,79 \times \%Proteína_{\text{leche}})] \times 1,097}{1 - \frac{\%Humedad_{\text{queso}}}{100}}$$

7.3.3. Análisis estadístico de los rendimientos históricos reales de los rendimientos del queso blanco

Con base a la información de los rendimientos obtenidos durante el segundo trimestre de 2015 se realizó un análisis estadístico para establecer el comportamiento histórico de los rendimientos en la producción de queso blanco.

A continuación se presenta el análisis estadístico de los 380 lotes de queso blanco analizados, los rendimientos están presentados en los kilogramos de queso producido por cada cien kilogramos de leche utilizado.

Tabla 23. Análisis estadístico de los rendimientos reales de la producción del queso blanco

Parámetro Estadístico	Valor
Media	12,148086
Error típico	0,0374786
Mediana	12,269143
Moda	12,5399
Desviación estándar	0,7305929
Varianza de la muestra	0,5337659
Rango	6,7520517
Mínimo	8,1698488
Máximo	14,9219
Cuenta	380

Los datos que se presentan en la tabla 23, muestran que el promedio de los rendimientos es del 12,148 kg Queso/ 100 Kg leche, valor muy similar a la moda que es de 12,69 kg queso/ 100 kg de Leche el cual representa el valor con mayor incidencia en los rendimientos de queso blanco.

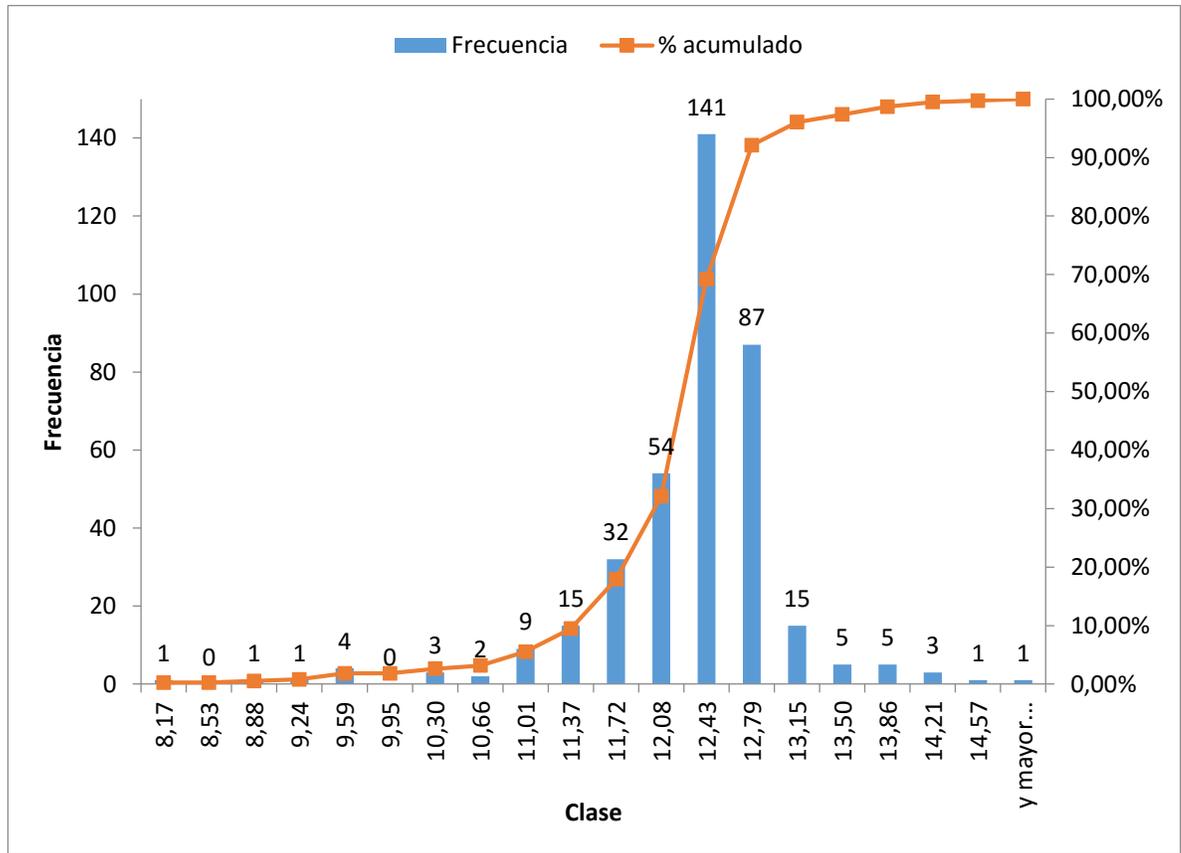
Para analizar los datos obtenidos de mejor manera, se realizó un histograma de frecuencia la cual se presenta a continuación:

Tabla 24. Datos obtenidos para el histograma de frecuencia de los rendimientos reales de la producción de queso Blanco

Clase	Frecuencia	% acumulado
8,17	1	0,26%
8,53	0	0,26%
8,88	1	0,53%
9,24	1	0,79%
9,59	4	1,84%
9,95	0	1,84%
10,30	3	2,63%
10,66	2	3,16%
11,01	9	5,53%
11,37	15	9,47%
11,72	32	17,89%
12,08	54	32,11%
12,43	141	69,21%
12,79	87	92,11%
13,15	15	96,05%
13,50	5	97,37%
13,86	5	98,68%
14,21	3	99,47%
14,57	1	99,74%
y mayor...	1	100,00%

A continuación se presentan el histograma de frecuencia realizada a partir de los datos descritos en la tabla 24

Gráfica 1 . Histograma de Frecuencia para los Rendimientos Reales de la producción de queso Blanco



Analizando los datos obtenidos de la tabla 23 y de la gráfica, que observa que los rendimientos de la producción de queso blanco están entre un rango de 8,17 a 14,9 kg de queso/ 100 kg de Leche. Sin embargo los valores máximo y mínimo de los rendimientos se pueden presentar como valores ajenos a los rendimientos típicos debido a que solo se presentaron una vez durante todos los 380 lotes producidos.

El valor con mayor frecuencia a través del tiempo para el análisis de los rendimientos de queso blanco, es el de 12,43 kg de queso/ 100 kg de leche, presentando una incidencia de 141 repeticiones sobre las 380 tomadas para el análisis, representando cerca del 37% de los lotes analizados.

Los rendimientos comprendidos entre 11,72 a 12,79 kg de queso/ 100 kg de leche, son los que representa mayor frecuencia a lo largo del tiempo ya que tienen valores por encima de 32 repeticiones. De esta manera se puede establecer que para realizar una mejor comparación con los rendimientos que se puedan dar por medio de la ecuación para la predicción del rendimiento quesero, se tenga en cuenta este

rango de comparación de comparación, ya que los rendimientos comprendidos representan el 82,63% de todos los lotes analizados.

7.3.4. Comparación de los rendimientos históricos reales con los rendimientos teóricos dados por la ecuación desarrollada para el rendimiento en queso blanco.

Para poder evaluar la ecuación para la predicción del rendimiento ajustada a los parámetros del queso blanco y la leche, se realizó un análisis estadístico descriptivo y un histograma de frecuencia para determinar cómo se ajusta la ecuación desarrollada.

A continuación se presenta el análisis estadístico descriptivo realizado a los rendimientos teóricos de la producción de queso blanco.

Tabla 25. Análisis estadístico de los rendimientos teóricos del queso blanco

Parámetro Estadístico	Valor
Media	12,141865
Error típico	0,0192627
Mediana	12,138001
Moda	#N/A
Desviación estándar	0,3754992
Varianza de la muestra	0,1409997
Rango	2,4262367
Mínimo	10,894561
Máximo	13,320797
Cuenta	380

La ecuación desarrollada para predecir el rendimiento quesero muestra una mayor precisión ya que acerca los valores máximos y mínimos presentados en la tabla 25, y así que disminuye el rango de los valores a cerca de 2,5 unidades de diferencia.

No se presenta moda en los datos, es decir no se presenta un valor que se repita con mayor frecuencia. Al igual que presenta una desviación estándar y una variación mucho menor que la de los rendimientos teóricos.

Para poder complementar la información antes descrita se presenta a continuación los datos para el histograma de frecuencia, en el cual el cálculo del rendimiento teórico se basa en las propiedades composicionales y físicas de la leche y el queso con el cual se produjeron los lotes analizados en el histórico de rendimientos reales de la producción de queso blanco.

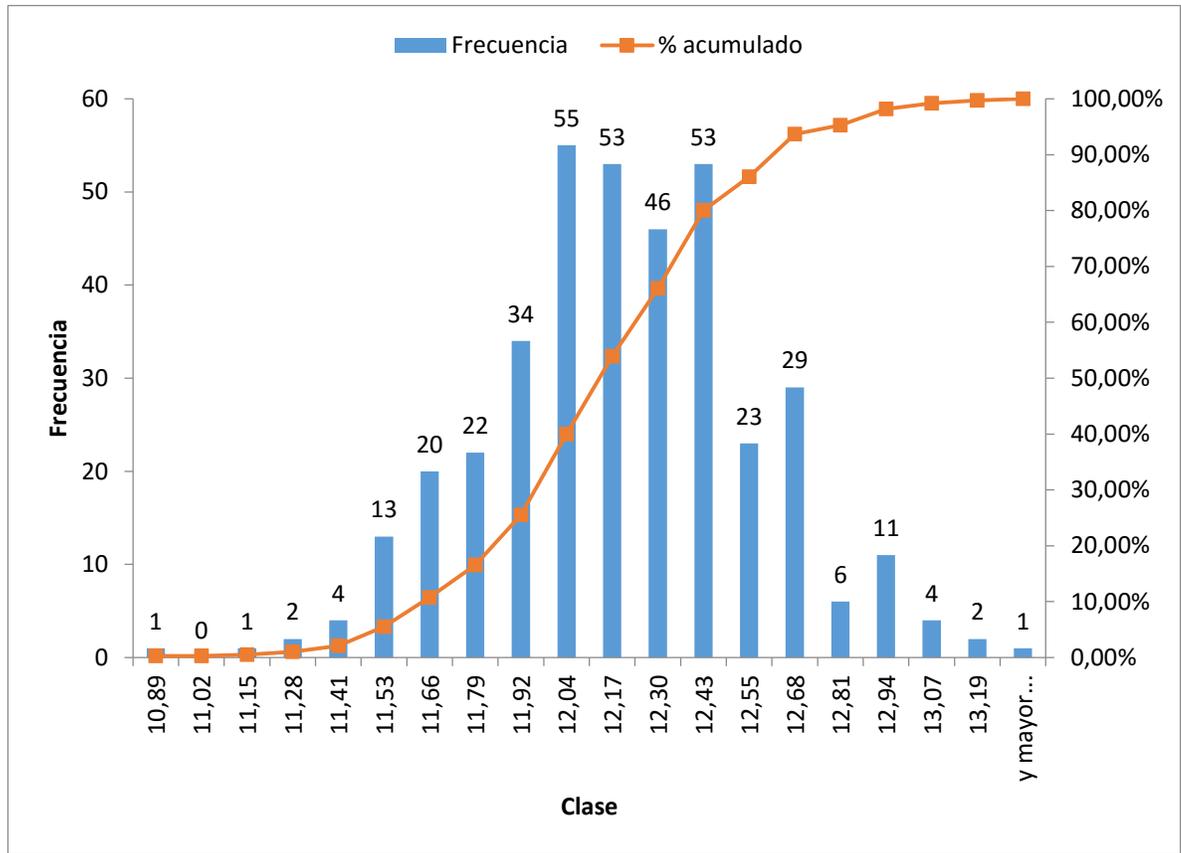
Tabla 26. Datos obtenidos para el histograma de frecuencia de los rendimientos teóricos de queso blanco predichos por medio de la ecuación desarrollada

Clase	Frecuencia	% acumulado
10,89	1	0,26%
11,02	0	0,26%
11,15	1	0,53%
11,28	2	1,05%
11,41	4	2,11%
11,53	13	5,53%
11,66	20	10,79%
11,79	22	16,58%
11,92	34	25,53%
12,04	55	40,00%
12,17	53	53,95%
12,30	46	66,05%
12,43	53	80,00%
12,55	23	86,05%
12,68	29	93,68%
12,81	6	95,26%
12,94	11	98,16%
13,07	4	99,21%
13,19	2	99,74%
y mayor...	1	100,00%

Según la 25, los rangos en los cuales se presenta una mayor frecuencia de los rendimientos son las que comprenden los rendimientos entre 11.60 a 12,68 kg de queso/ kg de Leche, y representan el 88,17% de los lotes analizados. Por lo tanto la ecuación desarrollada se ajusta en los mismos intervalos a presentar el mayor número de lotes con rendimientos entre ese rango.

A continuación se presenta el histograma de frecuencia obtenidos a partir de los datos de la tabla 26.

Gráfica 2. Histograma de frecuencia de los rendimientos teóricos para la producción de queso blanco



La Gráfica 2 que presenta el histograma de frecuencia de los rendimientos teóricos del rendimiento de la producción del queso blanco, calculados a partir de la ecuación desarrollada.

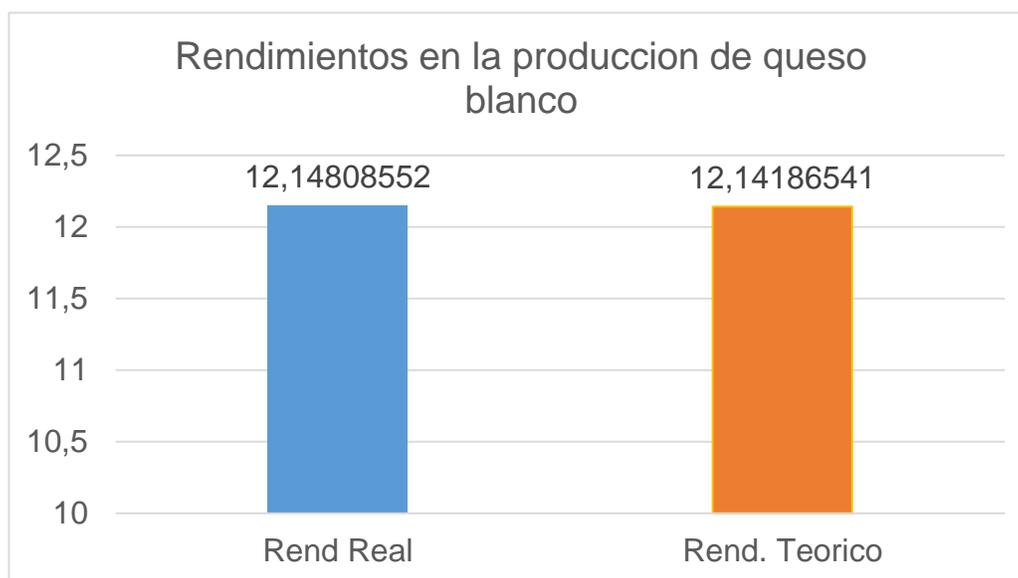
Se puede observar que aunque no se presenta un único valor con la mayor frecuencia el intervalo de valores tiende a estar ajustado al rango de rendimientos reales.

A continuación se presenta los resultados del análisis estadístico de t-student para muestras de varianzas desiguales, realizado para comparar si se presenta alguna diferencia entre los resultados de los rendimientos.

Tabla 27. Análisis de t-student de los rendimientos reales y teóricos de la producción de queso blanco

Parámetro Estadístico	Rend Real	Rend. Teórico
Media	12,148086	12,14186541
Varianza	0,5337659	0,140999651
Observaciones	380	380
Grados de libertad	566	
Estadístico t	0,14760898	
P(T<=t)	0,882703934	
Valor crítico de t	1,964164101	

Gráfica 3. Comparación de medias de los rendimientos reales y teóricos en la producción de queso blanco



Según la información de la tabla 27 y la gráfica 3, se puede observar que no hay una diferencia significativa entre los datos de los rendimientos reales con los teóricos los cuales son calculados con la ecuación desarrollada anteriormente, ya que considerando un nivel de confianza del 95%, el valor de P (0,8827) es mayor que 0,05, y que el valor del t estadístico (0,1476) es menor al valor t crítico de 1,964, se establece que no existe una diferencia significativa entre los rendimientos calculados a partir de los consumos de leche y queso y de los calculados con la ecuación para predicción del rendimiento quesero.

7.4. SEGUIMIENTO DEL CONTENIDO DE PROTEÍNA EN EL PROCESO DE PRODUCCION DEL QUESO BLANCO

A continuación se presentan los contenidos de proteína registrados durante el proceso de producción del queso blanco.

Tabla 28. Seguimientos a los contenidos de proteína en la producción del queso blanco

Punto de Muestreo	Ensayo 1		Ensayo 2		Ensayo 3	
	Bactof.	No bactof.	Bactof.	No bactof.	Bactof.	No bactof.
Leche en silo	3,12	3,11	3,12	3,12	3,13	3,13
Antes de Bactofugar	3,12	-----	3,11	-----	3,12	-----
Después de Bactofugar	3,09	-----	3,07	-----	3,08	-----
Salida Pasteurizador	3,06	3,08	3,06	3,1	3,07	3,1
Leche en tina	3,06	3,08	3,06	3,1	3,06	3,1
Queso Blanco	18,68	19,5	19,34	18,39	18,45	18,51

Los datos presentados en la tabla 28, representan los comportamientos del contenido de proteína por medio de cada una de las etapas de producción que son analizadas y a las cuales se les hace seguimiento continuo.

Pero los datos de la tabla 28, a pesar de que realizaron con técnicas analíticas no son tan significativas, ya que el número de ensayos es muy pequeño para determinar que siempre el proceso puede comportarse de la manera descrita.

Para poder corroborar la información relacionada de la tabla 28, se analizaron los históricos de los de los análisis fisicoquímicos que se le realizan cotidianamente al proceso de producción, los cuales involucran los siguientes puntos de control.

- Leche en silo
- Leche a la salida del pasteurizador
- Leche en la tina de queso

Con base a estos datos se estableció que la pérdida de proteína en la etapa que comprende el proceso desde el silo de leche hasta la leche en tina presenta una pérdida de proteína promedio del 0,05%, la leche a la salida del pasteurizador

presenta el mismo porcentaje de proteína que la leche en tina ya que esta sale del pasteurizador y entra a la tina de leche.

Respecto a los análisis del contenido de proteína en el queso como producto terminado, los resultados establecen el rango de 18,45 a 19,50. Estos porcentajes se encuentran se relacionan al porcentaje de proteína en la leche, para lo cual se puede ver la equivalencia ya que a mayor sea el contenido de proteína en la leche mayor será el contenido de proteína en el queso.

7.5. COMPARACION DE LOS RENDIMIENTOS DE QUESO BLANCO ELABORADO CON LECHE BACTOFUGADA Y NO BACTOFUGADA

Ya teniendo en cuenta la ecuación desarrollada para el rendimiento de la producción del queso blanco, y los datos de producción de los consumos realizados de cada uno de los lotes correspondientes a cada ensayo realizado, se procede a calcular los rendimientos reales y teórico para determinar si el proceso de bactofugación influye en los rendimientos de producción de queso blanco.

A continuación se presenta la información recolectada respecto a consumos y variables de los lotes de queso blanco.

Tabla 29. Datos de la leche en tina para el proceso de producción de queso blanco

Ensayo	Proceso	LECHE EN TINA			
		Litros	Kilogramos	Materia Grasa	Proteína
Ensayo 1	Bactofugado	17220	17767,6	3,68	3,11
	Sin Bactofugar	17045	17583,6	3,68	3,10
Ensayo 2	Bactofugado	17045	17583,6	3,74	3,11
	Sin Bactofugar	17069	17608,4	3,75	3,13
Ensayo 3	Bactofugado	17025	17564,7	3,85	3,11
	Sin Bactofugar	17058	17598,7	3,85	3,13

Tabla 30. Datos del queso blanco terminado

Ensayo	Proceso	PRODUCTO TERMINADO (QUESO)		
		Kilogramos	Humedad	Proteína
Ensayo 1	Bactofugado	1793	47,92	18,68
	Sin Bactofugar	2171	47,64	19,5
Ensayo 2	Bactofugado	2201	50,95	18,34
	Sin Bactofugar	1947	48,06	18,39
Ensayo 3	Bactofugado	2148	49,31	18,45
	Sin Bactofugar	2260	49,25	18,51

Con base a la información de las tablas 29 y 30 se presenta y haciendo uso de la ecuación de la ecuación desarrollada para la producción del rendimiento quesero, se calcularon los rendimientos de producción para los ensayos realizados.

Los datos de los rendimientos se presentan a continuación:

Tabla 31. Rendimientos teóricos y reales para la producción de queso blanco

Ensayo	Proceso	Rend. Real	Rend. Teórico
Ensayo 1	Bactofugado	10,091	11,796
	Sin Bactofugar	12,347	11,717
Ensayo 2	Bactofugado	12,517	12,642
	Sin Bactofugar	11,057	11,990
Ensayo 3	Bactofugado	12,229	12,443
	Sin Bactofugar	12,842	12,461

La tabla 31 muestra los rendimientos calculados en base a los consumos de leche y queso blanco producido y los calculados por la ecuación desarrollada para predecir el rendimiento de queso blanco.

Se puede observar que en los rendimientos de producción de queso blanco en donde se llevó a cabo el proceso de bactofugación se presentan menores rendimientos en comparación con el proceso normal (sin bactofugación), sin embargo los contenidos de proteína en la leche de tina son mayores para unos casos particulares, lo que permite establecer que no se puede determinar una tendencia que relacione la cantidad de proteína con el queso blanco producido.

Respecto a los rendimientos calculados o teóricos se presenta igual situación, ya que no se observa un comportamiento respecto al comportamiento de la proteína.

A pesar de que el rendimiento en el queso es influenciado de gran manera por el contenido de proteína, el rendimiento también es influenciado por otros parámetros composicionales de la leche, también por los aditivos que son adicionados como es el caso de cloruro de calcio, el cual permite darle la estabilidad proteica a la leche, después de que ha sido sometida al proceso de pasteurización, que es un proceso en el cual debido a las temperaturas de pasteurización las proteínas lactoséricas de la leche suelen desnaturalizarse, por lo tanto la adición del cloruro de calcio también afecta el rendimiento de la producción del queso.(Ahmed, 2011)

El cuajo también es otro de los factores que afecta el rendimiento del queso, ya que dependiendo de la marca del cuajo, se puede obtener rendimientos que pueden

diferir uno de otros, o que en muchos de los lo se busca que se tengan mucho más rendimientos sino que a través del tiempo los rendimientos sean constantes.

Adicionalmente los resultados obtenidos son el producto de ensayos a nivel industrial, en donde a pesar de que se trate de controlar al máximo los parámetros y variables se pueden presentar muchos inconvenientes, como los relacionados con las cantidades exactas de leche utilizada, ya que en varias ocasiones se puede desviar hasta 200 litros de leche por encima de la capacidad optima de la tina, o casos en los cuales la adición del cloruro de sodio se pase de los parámetros de peso ya que este es un procedimiento automatizado.

Para lograr establecer el comportamiento o la incidencia de parámetros composicionales de la leche de una manera eficiente, se deben controlar al máximo las variables que no se relacionen directamente con la variable de estudio, para lo cual la manera más óptima es realizar estudios a escala piloto o a una escala en donde el control de variables adicionales sea más estricto, y se puedan manejar rangos más pequeños en relación a las cantidades de leche utilizadas.

Otro factor que adicionalmente afecta el proceso son las mediciones de parámetros, ya que cuando se trabajan grandes cantidades de volúmenes de leche, una muestra de apenas unos 150 mL no representa la total uniformidad de las propiedades de la leche.

7.6. COMPARACION DE LA VIDA UTIL DEL QUESO PRODUCIDO A PARTIR DE LECHE BACTOFUGADA Y DE LECHE NO BACTOFUGADA

A continuación se presentan los resultados de la comparación de la vida útil del queso blanco,

Tabla 32. Comparación de la vida útil del queso blanco almacenado de 4 a 6°C

Ensayo	BACTOFUGADO		NO BACTOFUGADO	
	Días vida útil	Causa de Fallo	Días vida útil	Causa de Fallo
1	42	Sensorial	28	Mohos y Levaduras
2	42	Sensorial	42	Sensorial
3	42	Sensorial	42	Mohos y Levaduras

La vida útil de queso blanco producido en la Cooperativa Colanta tiene un total de 38 días esta está definida en función del comportamiento de parámetros microbiológicos, fisicoquímicos y sensoriales.

El principal parámetro microbiológico que se tuvo en cuenta es el recuento de mohos y levaduras, ya que este parámetro afecta tanto las propiedades

fisicoquímicas, y las sensoriales principalmente estas últimas relacionadas al aspecto, olor y sabor del queso.

Además de estar regulado para quesos por el decreto 01804 de 1989 y la NTC 750, para evaluar la vida útil se tuvo en cuenta la especificación dada por la NTC 750 en la cual se establece un máximo de recuento de mohos y levaduras de 5000 UFC/g mL.

El recuento de aerobios mesófilos permite controlar el cumplimiento de las condiciones de almacenamiento y temperaturas de refrigeración, al igual que permite determinar la calidad microbiana el producto a través del tiempo. (ANMAT, sf)

Respecto a los datos presentados en la tabla 33, el principal parámetro de fallo fue en análisis sensorial, en el cual el sabor del queso presentaba ya sabor rancio, con textura muy babosa.

Tabla 33. Comparación de la vida útil del queso almacenado de 8 a 10°C

Lote	BACTOFUGADO		NO BACTOFUGADO	
	Días vida útil	Causa de Fallo	Días vida útil	Causa de Fallo
230	35	Sensorial	30	Mohos y Levaduras
231	36	Sensorial	36	Sensorial
240	35	Sensorial	30	Mohos y Levaduras

Los resultados de la vida útil para el queso almacenado de 8 a 10°C presentaron fallo por Mohos y levaduras y por fallo del sensorial, en este caso el sensorial presento descriptores de sabor muy rancio, aspecto muy grumoso, resequedad y olor a suero.

A continuación se presentan el resumen de vida útil del queso blanco:

Tabla 34. Resumen de la vida útil del queso blanco

Ensayo	Refrigeración (4°C)		Temperatura Crítica (8°C)	
	Bactofugado	No Bactofugado	Bactofugado	No Bactofugado
1	42	28	35	30
1	42	42	36	36
3	42	42	35	30

La comparación de la vida útil del queso blanco por cada uno de los procesos tanto el producido a partir de leche bactofugada como el producido a partir de leche no

bactofugada presentan valores en comparación con el día de vida útil establecido ya por la Cooperativa Colanta, para el caso de los quesos almacenados de 4 a 6 °C presenta un total de 42 días de vida, cuatro días más en comparación con el parámetro establecido. Sin embargo un queso que fue producido a partir de leche no bactofugada presento un lote que solo alcanzo 28 días de vida útil, 10 días menos que los establecido, fallando por el parámetro de Mohos y levaduras, esto se pudo dar por las condiciones de almacenamiento ya que la muestra analizada se encontraba en condiciones de la pérdida de vacío.

Los otros dos ensayos a la misma temperatura de 4 a 6°C no presentaron diferencia en la vida útil ya que fallaron en el mismo por sensorial.

Esto puede establecer que no hubo mucha influencia en el proceso de bactofugación en el aumento de la vida útil, y que la conservación de las cadenas de frío ayuda a establecer el tiempo de vida útil de los quesos.

Para el caso de los quesos almacenados a temperaturas de 8 a 10°C, se evidencia que la vida útil disminuye en comparación a la establecida por la empresa. Para el caso del queso producido con leche bactofugada la disminución de la vida útil fue de 2 a 3 días. Mientras que en el caso del queso producido con leche no bactofugada se presentó una disminución de 2 días para un lote y de 8 días para los dos lotes restantes.

Según los datos obtenidos de la vida útil del queso blanco para la temperatura de almacenamiento de 8 a 10 °C, el proceso de bactofugación tiende a aumentar a conservar el queso el mayor tiempo posible de su vida útil sin exceder el máximo de días de vida útil establecidos internamente, ya que los lotes de queso que se produjeron a partir de leche no bactofugada presentaron fallo microbiológico, dando a entender que a una menor carga microbiana que se tenga en el proceso de producción menor será el crecimiento de microorganismo a través del tiempo, siempre y cuando se conserven las condiciones de temperatura ideales.

CONCLUSIONES

- ✓ Microbiológicamente la leche cruda en silo presenta una incidencia significativa en el recuento de los microorganismos de Aerobios Mesófilos y Células Somáticas, mientras que las esporas de aerobios mesófilos y esporas anaerobias presentan valores por debajo de mínimo permitido y fisicoquímicamente la leche presenta valores constantes en los contenidos de grasa y proteína.
- ✓ La bacterofugación no cumple con las especificaciones de porcentajes de remoción de microorganismos establecidos por la empresa GEA Andina, mientras que la pérdida de proteína presenta total cumplimiento.
- ✓ El proceso de bacterofugación presenta una pérdida de proteína del 0,08%, la cual solo representa una pequeña pérdida respecto al proceso de producción de queso blanco.
- ✓ La ecuación para la predicción del rendimiento de la producción de queso blanco se logró basar en parámetros internos analizables y se ajustó a los rendimientos reales.
- ✓ La pérdida de proteína de la leche cruda por el proceso de bacterofugación no permitió establecer una incidencia en el rendimiento de producción de queso blanco, debido a que hay factores adicionales que influyen directamente en el rendimiento y los cuales no pueden ser controlados.
- ✓ La bacterofugación no representa una incidencia significativa en la vida útil del queso blanco, mientras este se almacene a las condiciones óptimas de almacenamiento (4 a 6°C), mientras que a condiciones de almacenamiento críticas (8 a 10°C) no extiende la vida útil aunque lograr una mayor vida útil en comparación con el proceso normal

RECOMENDACIONES

Se recomienda que para posteriores ensayos se tenga en cuenta el factor de las rpm de bactofugadora para evaluar los porcentajes de remoción de las bacterias y la pérdida de proteína.

Se recomienda para el estudio de la vida útil poder disponer de un lugar en el cual solo se almacene las muestras del ensayo o en el cual estas no estén constantemente expuestas a ser movidas o transportadas a otro lugar.

BIBIOGRAFIA

Agudelo G., D. A., & Bedoya M., O. (2005). Composición nutricional de la leche de ganado vacuno. Corporación Universitaria Lasallista.

Ahmed, N. S. (2011). Cheese yield as affected by some parameters. Review. Acta Scientiarum Polonorum. Technologia Alimentaria, 10(2).

ANMAT "Administración Nacional de Medicamentos Alimentos y Tecnología Médica, (sf), Guía de interpretación de resultados microbiológicos en alimentos. Instituto Nacional de Alimentos. Brasil. Disponible online: http://www.anmat.gov.ar/alimentos/Guia_de_interpretacion_resultados_microbiologicos.pdf

Ballester, J. R. (1994). La microfiltración, un medio eficaz de reducción de bacterias y esporas en la leche. Revista Española de Lechería.

Colombia, Ministerio de Protección Social. (2006) "Decreto 2838 de 2006 Por el cual se modifica parcialmente el Decreto 616 de 2006 y se dictan otras disposiciones". En Diario Oficial. 24 de febrero de 2006. Bogotá D.C.

Colombia, Ministerio de Protección Social. (2006) "Decreto 616 de 2006 Por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendia, importe o exporte en el país". En Diario Oficial. 28 de febrero de 2006. Bogotá D.C.

Colombia, Ministerio de Salud. (2006) "Resolución número 01804 de 1989 Por la cual se modifica la Resolución No 02310 de 1986, (24 de Febrero) que reglamenta parcialmente el título V de la Ley 09 de 1979". En Diario Oficial. 3 de febrero de 1986. Bogotá D.C.

Colombia, Ministerio de Salud. (2006) "Resolución número 02310 de 1986 Por la cual se reglamenta parcialmente el Título V de la Ley 09 de 1979, en lo referente a procesamiento, composición, requisitos, transporte y comercialización de los Derivados lácteos.". En Diario Oficial. 24 de febrero de 1986. Bogotá D.C.

Dalgleish, D. G. (1997). Structure-function relationships of caseins. Food science and technology-new york-marcel dekker-, 199-224.

GEAGroup. (s.f). Separations solutions for dairy products. Recuperado el: 15 de Agosto de 2015 de <http://ptdocz.com/doc/170966/solu%C3%A7%C3%B5es-em-separa%C3%A7%C3%A3o-para-latic%C3%ADnios-pdf--2.4-mb>.

Inda Cunningham, A. (2000). Optimización de rendimiento y aseguramiento de inocuidad en la industria de quesería: una guía para la pequeña y mediana empresa: OEA, México (México).

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2000). "Norma Técnica Colombiana 750 Productos Lácteos. Queso". Bogota D.C.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2002). "Norma Técnica Colombiana 399 Productos Lácteos. Leche cruda". Bogota D.C.

Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2002). "Norma Técnica Colombiana 506 Productos Lácteos. Leche Pasterizada". Bogota D.C.

Jaeggi, J. J., Wendorff, W. L., Johnson, M. E., Romero, J., & Berger, Y. (2004). Milk composition and cheese yield from hard and soft cheese manufactured from sheep milk. 51th Biennial Spooner Sheep Day, August, 28, 2004.

Klostermeyer, H., & Reimerdes, E. H. (1977). Heat induced crosslinks in milk proteins and consequences for the milk system Protein Crosslinking (pp. 263-275): Springer.

Van Slyke, L.L., & Price, W.V. Cheese. Ridgeview Publ. Co., Atascadero, CA (1979)

Veisseyre, R. (1988). Lactología técnica 2da edición. Ed. Acribia. Zaragoza España, 690.

Waes, G., & Heddeghem, A. v. (1990). Prevention of butyric acid fermentation by bacterial centrifugation of the cheese milk. Bulletin of the International Dairy Federation (251), 47-50.