

1.1 ANTECEDENTES

La leche de vaca es un alimento de alta calidad nutritiva, de buena digestibilidad y palatabilidad y de costo relativamente bajo (FAO/OMS, 2015)

El queso es una de las formas más antiguas de conservar los principales elementos nutritivos de la leche. Está compuesto de proteínas, grasa, agua sales minerales, vitaminas y otros componentes (FAO/OMS, 2015)

El queso es uno de los principales productos agrícolas del mundo. Hasta donde alcanzan los hallazgos arqueológicos solo se pueden ofrecer suposiciones sobre la cuestión de cómo y cuándo surgió el queso. Sin embargo es prácticamente seguro que los primeros quesos aparecieron una vez iniciada la domesticación de los animales en el Neolítico, hace 10.000-12.000 años. La cabra y la oveja fueron los primeros en domesticarse y 2.000 años después la vaca (FAO/OMS, 2015)

Ha adquirido una gran importancia en la industria alimentaria en países en vías de desarrollo promoviendo e incentivando una mayor producción del mismo (FAO/OMS, 2015)

En Bolivia, como país en desarrollo y en constante crecimiento, se observó los últimos años un incremento en el consumo per cápita de leche, de 25 a 60 litros en los últimos nueve años, por las políticas que impulsa el gobierno para incentivar el consumo de ese lácteo. Sin embargo los datos no son los deseados estando en quinto lugar en la tabla a nivel de sud américa, es por esto que al ofrecer al mercado consumidor productos con alto valor energético derivados de la leche se logre incrementar las cifras y por ende incentivar a la población a consumir productos ricos en nutrientes que favorecen al crecimiento y buen desarrollo físico (INE, 2015).

Tomando en cuenta los atributos nutricionales del queso: sabor agradable con un contenido proteico-energético y considerando la realidad de las poblaciones sociales subalimentadas,

se llega a la conclusión de que el queso es una buena alternativa alimenticia para la población.

El presente trabajo de investigación plantea la inclusión de un nuevo producto a la planta industrializadora de lácteos más reconocida del departamento de Tarija como es PIL TARIJA S.A.

El proceso consiste en la elaboración de “queso Danbo” de alta calidad que sea apto para el consumo humano, con características particulares y partiendo de materia prima rigurosamente controlada tanto en el aspecto físico-químico como microbiológico.

El Danbo es un queso semiduro de elaboración artesanal e industrial, tradicional. Uno de los quesos daneses más populares, también se denomina King Christian o Christian IX, nombres por los cuales es conocido en Estados Unidos (Vicenti, 2008).

Entre las características principales de esta variedad se encuentra las diversas formas de su consumo tales, como en las combinaciones de bocaditos con otros acompañamientos, como relleno en empanadas, tartas, etc., como fetas para la preparación de sándwiches, para fundir en pizzas entre otros (Vicenti, 2008).

1.2 JUSTIFICACIÓN

- ✓ Siendo ser el queso la modalidad más antigua de transformación industrial de la leche, y a su vez presentar más de 1000 variedades en el mundo, solo son concretas probablemente algunas decenas de quesos distintivos en el medio, los que se diferencian por su lugar de origen, proceso de elaboración, etc., siendo el queso Danbo uno de ellos.
- ✓ Con el presente trabajo se desea incluir a los procesos productivos de la planta procesadora de lácteos PIL TARIJA S.A., la elaboración de queso Danbo por ser uno de los más requeridos por el consumidor en los fiambres, mercados y supermercados del departamento.
- ✓ Además, con el fin evitar la masiva importación de productos, sobre todo alimenticios se desea con el presente trabajo ofrecer al mercado consumidor un producto que satisfaga

sus necesidades y a la vez se logre disminuir el nivel de importación ofreciendo un queso de características particulares al queso Danbo y a un precio asequible.

- ✓ El tipo de queso que se investiga en el presente trabajo es un producto nuevo no tradicional en el departamento de Tarija, con la finalidad de diversificar la producción de quesos en el mismo generando más opciones en la canasta familiar.
- ✓ Debido al gran valor nutritivo del queso, su proteína de alto valor biológico posee una buena digestibilidad, lo que unido a la casi ausencia de lactosa lo convierte en un alimento de fácil digestión, puesto que la maduración del mismo conduce a una especie de pre-digestión. Sin embargo, no hay que olvidar evaluar siempre la respuesta individual en función del grado de intolerancia. Debido a esto la pirámide de alimentación recomienda que se consuman diariamente 2 ó 3 porciones del grupo de los Productos Lácteos; es decir, leche, yogur o queso. Una porción es equivalente a 50-60 gramos de queso.
- ✓ El queso Danbo es un derivado lácteo que presenta un abanico de posibilidades cuanto a maneras de preparar y consumir, satisfaciendo así con los gustos y preferencias de los paladares más exigentes.
- ✓ Además que, con la investigación, se sentará algunas bases para realizar en el medio, trabajos futuros sobre productos de interés comercial, además se pretende proporcionar información referente al proceso que luego pueda ser utilizada en proyectos de pre factibilidad.

1.3 OBJETIVOS

Los objetivos en el presente trabajo de investigación son:

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

Elaborar queso Danbo de consistencia semidura y de características organolépticas deseado, obtenido a través de la acción de fermentos lácticos, con el fin de diversificar la producción de quesos en los procesos productivos de la planta procesadora de lácteos PIL Tarija S.A.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Determinar las propiedades fisicoquímicas y microbiológicas de la materia prima para conocer la composición del producto final.
- ✓ Definir el proceso de elaboración del queso con la finalidad de obtener un producto de características sensoriales aceptables para el consumidor.
- ✓ Determinar la muestra patrón de queso Danbo con el fin de obtener un producto con propiedades organolépticas similares al seleccionado,
- ✓ Obtener un producto que satisfaga las expectativas del mercado consumidor para fomentar al consumo de productos elaborados en la región
- ✓ Realizar el diseño factorial, con el fin de establecer las variables del proceso de elaboración de queso Danbo.
- ✓ Realizar el balance de materia y energía en el proceso de elaboración, con la finalidad de identificar las corrientes de entrada y de salida.
- ✓ Determinar la composición fisicoquímica microbiológica y organoléptica del producto final.
- ✓ Definir el tipo envase apropiado para el producto con la finalidad de evitar su contaminación y prolongar su conservación.

1.4 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

¿Se podrá elaborar queso Danbo de consistencia semidura y de características organolépticas deseado, obtenido a través de la acción de fermentos lácticos, con el fin de incluir el producto a los procesos productivos de la planta procesadora de lácteos PIL Tarija S.A.?

1.5 HIPÓTESIS

Es posible elaborar queso Danbo con la calidad organoléptica deseada para incluir el proceso de producción en la empresa de mayor renombre del departamento de Tarija, como es PIL TARIJA S.A., producto que logra satisfacer las necesidades del consumidor, siendo un alimento que presenta un abanico de posibilidades de consumo aportando además una gran fuente de nutrientes.

2.1 DEFINICIÓN DEL QUESO

El queso es el producto maduro obtenido por separación del suero después de la coagulación de la leche natural, nata, suero de mantequilla o la mezcla de estas. Su valor nutritivo depende de la elaboración, de la materia prima y del proceso de maduración (Sánchez, 2005).

De acuerdo al *Codex Alimentarius* de la FAO/OMS (2008), el queso es el producto sólido o semisólido, madurado o fresco, en el que el valor de la relación suero proteínas /caseína no supera al de la leche, y que es obtenido por coagulación (total o parcial) de la leche por medio de la acción del cuajo o de otros agentes coagulantes adecuados, con un escurrido parcial del lactosuero (Scott, 1986).

Desde el punto de vista fisicoquímico el queso se define como un sistema tridimensional tipo gel, formado básicamente por la caseína integrada en un complejo caseinato fosfato cálcico, el cual por la coagulación, engloba glóbulos de grasa, agua, lactosa, albuminas, globulinas, minerales, vitaminas y otras sustancias menores de la leche, las cuales permanecen adsorbidas en el sistema o se mantiene en la fase acuosa retenida (Sánchez, 2005).

2.1.1 HISTORIA DEL QUESO

La elaboración del queso seguramente fue descubierta por diversas comunidades al mismo tiempo. Las ovejas fueron domesticadas hace 12.000 años y en antiguo Egipto se cuidaban vacas y se les ordeñaban para tener la leche por lo que es lógico pensar que también harían quesos. La leche se conservaba en recipientes de piel, cerámica porosa o madera, pero como era difícil mantenerlos limpios, la leche fermentaba con rapidez. El siguiente paso fue el de extraer el suero de la cuajada para elaborar algún tipo de queso fresco, sin cuajo, de sabor fuerte y ácido. Cuenta la leyenda que un pastor árabe volvía a su morada con la leche de las ovejas dentro de una bolsa hecha con la tripa de uno de sus corderos y que después de caminar a pleno sol, al abrir la bolsa la leche estaba cuajada, sólida, hecha queso (González, 2002).

Los romanos lo incluían en su dieta condimentándolo con tomillo, pimienta, piñones y otros frutos secos, cuando sus soldados se asentaban en un campamento, elaboraban queso. Toda la antigüedad estaba plagada de alusiones al queso fresco, cuajado. En la antigua Grecia no se comía sólo sino mezclado con harina, miel, aceite, pasas y almendras y se encuentra en recetas antiguas de platos y postres muy preciados (Arroyo, 1996).

El nombre del producto proviene de la palabra griega *formos* así se llamaba el cesto para los quesos y de ella derivan el *Formage francés*, *Formage catalán* y el *Formaggio italiano*, y la palabra latina *caseus* de donde proviene el queso español, el *cheese* anglosajón y la caseína principal albuminoide de la leche y del queso (Arroyo, 1996).

En la Edad Media, la órdenes religiosas se convirtieron en importantes zonas de actividad agrícola y el queso adquirió importancia durante los muchos días de ayuno en los que se prohibía comer carne, por lo que se crearon diferentes tipos de queso, así aportaban variedad a su limitada dieta (Arroyo, 1996).

Con el auge del comercio y el aumento de la población urbana, el queso se convirtió en producto importante para la economía, empezó a comercializarse con queso, fuera de las zonas de producción y más allá de las fronteras y cuando se colonizó el nuevo mundo, se llevaron sus tradiciones queseras (Ortega, 1987).

Al principio se utilizaba leche cruda, pero en la década de 1850 el microbiólogo Louis Pasteur descubrió la pasteurización, que cambió el proceso de elaboración del queso. Empezó a mezclarse leche de distinta procedencia y distintos rebaños para obtener un producto homogéneo y disminuyó considerablemente el riesgo de aparición de organismos que pudieran estropear el proceso (Ortega, 1987).

En España comenzó la obtención del queso con la leche de oveja y de cabra, más tarde con la vaca, pero en otros países se utiliza también el reno y búfalo como ejemplo está la mozzarella (Ortega, 1987).

Según datos de USDA/FAS & EuroStat del año 2007, el consumo de queso por países lo encabeza Grecia con 37,4 kg por persona y año, le siguen los franceses con 23,6 kg luego los malteses con 22,5 kg después los alemanes con 20,6 kg los austríacos con 18 kg

chipriotas con 16,6 kg estadounidenses 14,9 kg argentinos 11,1 kg australianos 10,4 kg y para terminar la lista de los diez primeros están los habitantes del Reino Unido con 10,1 kg. Estos datos pueden variar rápidamente, pues hay países donde el consumo se mantiene estable desde hace muchos años, mientras que otros como los Estados Unidos, el consumo se está incrementando rápidamente, habiéndose triplicado prácticamente en los últimos 30 años (Vicenti, 2008).

2.1.2 IMPORTANCIA DEL QUESO

El queso es la forma más primitiva de conservación de un alimento perecedero tan utilizado como es la leche. Hasta hace 40 años era común la operación de queserías caseras en inmensas haciendas ganaderas de propiedad de un reducido número de familias (Arroyo, 1996).

Posteriormente, factores como la reforma agraria y la parcelación de tierras convirtieron las grandes haciendas en productores de leche cruda y queso fresco.

Sin embargo, el desarrollo más notable del sector de los quesos se evidencia a raíz de las políticas agropecuarias que establecieron el control del precio de la leche en 1980. Esta situación desmotivó la producción de leche fresca pasteurizada (y por ende la de leche cruda), al tiempo que impulsó el crecimiento de las empresas artesanales y sobre todo industriales del queso (González, 2002).

2.1.3 TIPOS DE QUESOS

El gran número de variedades de queso que existen en la actualidad comparte una tecnología básica de elaboración, en la que mayoritariamente los cultivos iniciadores constituidos por bacterias lácticas juegan un papel fundamental. Son los pequeños cambios introducidos en los distintos procesos de elaboración los que van a dar lugar a importantes diferencias en el producto final (Scott, 1986).

La tecnología de elaboración de queso agrupa a un conjunto de etapas que permiten transformar la leche en queso, e incluye procesos físicos, químicos, bioquímicos y biológicos. Así, un proceso biológico como la fermentación de la lactosa provoca cambios

químicos (expulsión de agua y de lactosa residual y solubilización de fosfato cálcico). Esto a su vez va influir en procesos biológicos al limitar la disponibilidad de lactosa y la capacidad tamponantes el queso, lo que afecta a su vez a propiedades físicas como son la firmeza y la fragilidad. Las reacciones enzimáticas juegan un importante papel puesto que numerosos enzimas están implicados en la conversión de la lactosa en componentes que dan lugar al sabor, textura y aroma del queso madurado (Arroyo, 1996).

Según (Arroyo, 1996), la elaboración de queso constituye una forma de conservación de la leche basada en dos principios:

- Descenso de la actividad de agua (a_w) como consecuencia de la concentración parcial del extracto seco de la leche y del salado del queso; esto limita el crecimiento de la mayoría de las bacterias y da lugar a un substrato muy selectivo que limita la proliferación de mohos y levaduras.
- Descenso de pH como consecuencia de la acidificación del medio que inhibe a un gran número de bacterias alterantes y limita el de levaduras y mohos.

2.1.3.1 CLASIFICACIÓN DE LOS QUESOS

Según (Olson, 1995), existen varias clasificaciones de queso que se basan en diferentes criterios:

- Contenido de humedad
- Métodos de coagulación
- Microorganismos utilizados en la maduración
- Textura

Otra de las clasificaciones según según (Olson, 1995), en función de la variación de pH, a_w y humedad, los quesos se clasifican en cuatro grandes categorías:

Queso de pasta fresca

Las características principales del queso de pasta fresca, son:

pH: 4,3 – 4,5; a_w : 0,980 – 0,995; humedad: 60 – 80%.

La capacidad de conservación de estos quesos se debe al bajo pH. El periodo de conservación es corto (algunas horas a temperatura ambiente), siendo necesario utilizar temperaturas de refrigeración ($<5^{\circ}\text{C}$) para aumentar el periodo de vida útil.

(Madrid, 1999), señala que los quesos frescos tienen un alto contenido de humedad y no han sufrido un proceso de maduración, por lo que generalmente tiene un sabor a leche fresca o leche acidificada, su consistencia suele ser pastosa, su color blanco de corteza muy fina o simplemente no la posee.

Queso de pasta blanda

Las características principales del queso de pasta blanda, según (Olson, 1995) son:

pH: 4,5 – 4,8; a_w : 0,970 – 0,990; humedad: 55 – 57%.

La capacidad de conservación de estos quesos se debe en parte al bajo pH, pero la a_w ejerce también un efecto selectivo frente al crecimiento bacteriano. El periodo de vida útil es de varias semanas cuando se utilizan temperaturas de $7 - 13^{\circ}\text{C}$ (Olson, 1995).

Queso de pasta prensada

Las características principales del queso de pasta prensada, según (Olson, 1995) son:

pH: 4,8 – 5,2; a_w : 0,940 – 0,970; humedad: 42 – 55%.

El pH y la a_w ejercen el efecto protector al cincuenta por ciento. El periodo de conservación se extiende entre algunas semanas a varios meses, siendo facilitado también por la refrigeración (Olson, 1995).

Queso de pasta dura

Las características principales del queso de pasta dura, según (Olson, 1995) son:

pH: 5,0 – 5,5; a_w : 0,8850 – 0,905; humedad: 20 – 40%.

En este caso el factor protector más importante es la a_w puede conservarse meses y años sin necesidad de refrigeración.

Según (Madrid, 1999), existen otras clasificaciones de quesos, basadas en la composición (contenido en grasa; porcentaje de extracto seco magro).

- Magros: menos del 25% de grasa.
- Semi magros: si tienen entre un 25% y un 45%
- Grasos: si tiene entre un 45% y no más de 60%
- Extra grasos: si tienen un 60% o más

Según su corteza:

- Sin corteza
- Corteza seca
- Corteza enmohecida
- Corteza artificial

Por la textura de su pasta:

- Con agujeros redondos
- De textura granular
- De textura cerrada

Otra clasificación más simplificada es la que distingue entre quesos naturales que son aquellos elaborados por coagulación ácida o enzimática de la leche, y quesos procesados elaborados a partir de quesos naturales (Olson, 1995).

2.2 CONSUMO Y USOS DEL QUESO

El queso es uno de los alimentos más consumidos en todo el mundo y aunque hay de diversos tipos, muchas veces no se consumen de la manera más apropiada o como se supone que debe hacerse y con los acompañamientos que deben hacerse. Lo que sí hay que tener en cuenta, es que así sea con **comida dulce o salada**, el queso será uno de los alimentos preferidos por las personas, pues generan todo tipo de sensaciones en su paladar y sentido del gusto (Vicenti, 2008).

El uso puede llegar a ser variado, y hay que entender que el origen también varía, por ejemplo, hay quesos de vaca, de cabra o de oveja, así que **la composición y el sabor suele variar**. Dependiendo del gusto de cada persona, se escoge el que más se ajuste. Precisamente por la variedad de sabores y características que presentan todos los tipos de quesos, pueden llegar a ser un gran atractivo en una reunión o búsqueda de placeres gastronómicos (Vicenti, 2008).

El consumo del queso puede estar presente en todas las etapas de la vida del ser humano a partir de los 12 meses de edad, sin embargo hay ciertas etapas en las cuales se recomienda un consumo más elevado de lácticos, entre ellos de quesos (García, 2006).

Las etapas donde los requerimientos son más altos para asegurar y cubrir las necesidades son las siguientes:

- Embarazo
- Lactancia
- Niñez
- La adolescencia
- La menopausia en caso de ser mujer
- El envejecimiento en general, y sobre todo, a partir de los 65 años

A medida que envejecemos, es conveniente aumentar la ingesta de productos lácteos para mantener nuestros huesos en buen estado (García, 2006).

2.2.1 BENEFICIOS DEL CONSUMO DEL QUESO

El queso es un alimento nutricionalmente destacado por su alto contenido en proteínas, calcio, selenio, vitamina A, vitamina K y vitaminas del complejo B, entre las que destaca la vitamina B₁₂ (exclusiva de los alimentos de origen animal) (García, 2006).

Los quesos deben sus beneficios nutricionales a su materia prima, es decir la leche de la que provienen. Su proteína de alto valor biológico posee una buena digestibilidad, lo que unido a la casi ausencia de lactosa lo convierte en un alimento de fácil digestión. Su elevado contenido en calcio y vitamina D lo convierten en el gran aliado en la prevención y tratamiento dietético de la osteoporosis (García, 2006).

Los quesos también son una fuente dietética importante de colesterol y de sal (sodio), que deben tener en cuenta y moderar su consumo todas aquellas personas con hipertensión o problemas de corazón (Vicenti, 2008).

Por otro lado, se sabe desde hace tiempo que el queso puede ayudar a prevenir la aparición de caries, aunque aún no está claro el motivo. Parece ser que el calcio y fósforo del queso ayudan a combatir el ácido creado por las bacterias después de comer. Quizás el hábito de algunas culturas de comer una pequeña porción de queso en el postre tenga una razón que vaya más allá de lo puramente gastronómico (García, 2006).

Según (García, 2006), el queso resulta adecuado en niños y adolescentes. Ayuda a desarrollar sus huesos, hacerlos más fuertes y recuperarlos en caso de roturas. Se recomienda entre (2 - 4) raciones de lácticos al día, para conseguir cubrir las necesidades de 1000 mg de calcio al día. Estas raciones variarán en función del tipo de queso que se consuma, por ejemplo:

- 40 – 60 g de queso curado son 2 – 3 fetas o lonjas.
- 80 – 125 g de queso fresco es una porción individual.

2.3 QUESO DANBO

El Dambo (Danbo) es un queso firme/semiduro madurado. El cuerpo presenta un color que varía de casi blanco a amarillo claro o amarillo y tiene una textura firme (al presionarse con

el pulgar) que se puede cortar, con pocos a abundantes agujeros ocasionados por el gas redondos y suaves, del tamaño de arvejas (guisantes) (con un diámetro máximo de 10 mm) uniformemente distribuidos, aunque se aceptan algunas pocas aberturas o grietas. Tiene una forma cuadrada o de paralelepípedo. El queso se elabora y vende con o sin una corteza dura ligeramente húmeda, madurada con un ligero desarrollo graso, y puede tener un revestimiento (Vicenti, 2008).

En las primeras décadas del siglo XX los emigrantes daneses asentados en el sur del estado brasileño de Minas Gerais descubrieron un nuevo tipo de queso al elaborar el Danbo tradicional con leche brasileña. Este queso se denomina *Queijo Minas Padrão* (Vicenti, 2008).

El Danbo también se denomina *King Christian* o *Christian IX*, nombres por los cuales es conocido en Estados Unidos (Battistotti, 1985).

En el caso del Danbo listo para el consumo, el procedimiento de maduración para desarrollar las características de sabor y cuerpo es, usualmente, de no menos de 3 semanas a 12 a 20 °C, según el nivel de madurez requerido. Puede utilizarse distintas condiciones de maduración (incluida la adición de enzimas para intensificar el proceso) siempre que el queso muestre propiedades físicas, bioquímicas y sensoriales similares a las conseguidas mediante el procedimiento de maduración previamente citado. El Danbo destinado a posterior procesamiento no necesita presentar el mismo nivel de maduración cuando esto se justifique debido a necesidades de tipos técnicos o comerciales. En cuanto al contenido de materia grasa está en un rango de 15 a 45% (NB 22024, 2010).

En ocasiones especiales donde se requiere una cuidadosa presentación, son ideales para realizar variadas combinaciones en la preparación de bocaditos de queso con acompañamientos dulces, con cerezas al marrasquino, ananá, frutas frescas, picantes, con jamón crudo, aceitunas, hierbas recién cortadas, siendo también apetecibles en el relleno de tartas, empanadas y en variedad de ensaladas. Además resulta ideal para consumo en sándwiches fríos y calientes o combinado con diversos fiambres (Battistotti, 1985).

2.3.1 CARACTERÍSTICAS NUTRICIONALES

En la tabla 2.1 se muestran las características nutricionales del queso Danbo Argentino SanCor, según la porción adecuada de 30 g.

Tabla 2.1: Características nutricionales de queso Danbo

Información nutricional		
	Cantidad por porción	% VD (*)
Valor energético	104 kcal	5%
Carbohidratos	* *	* *
Proteínas	7 g	9%
Grasas totales	8 g	15%
- Grasas saturadas	5 g	23%
- Grasas trans	0 g	-
Fibra alimentaria	0 g	-
Sodio	120 mg	5%
Calcio	144 mg	6%
(*) Valores diarios referidos a una dieta de 2000 kcal u 8400 kJ. (* *) Cantidades no significativas		

Fuente: Comunidad virtual - Vademecum Nutrinfo, 2011.

El queso Danbo debe cumplir con los requisitos fisicoquímicos, según el Instituto Boliviano de Normalización y Calidad (IBNORCA), establecidos en la tabla 2.2.

Tabla 2.2: Requisitos fisicoquímicos de queso Danbo

Constituyente lácteo	Contenido mínimo (m/m)	Contenido máximo (m/m)	Nivel de referencia (m/m)
Grasa láctea en el extracto seco	20%	No restringido	45 a 55%
Extracto seco:	Según el contenido de grasa en el extracto seco, de acuerdo a la tabla siguiente		
	Contenido de grasa en el extracto seco (m/m)	Contenido de extracto seco mínimo correspondiente (m/m)	
	Igual o superior al 20% pero inferior al 30%	41%	
	Igual o superior al 30% pero inferior al 40%	44%	
	Igual o superior al 40% pero inferior al 45%	50%	
	Igual o superior al 45% pero inferior al 45%	52%	
	Igual o superior al 55%	57%	

Fuente: IBNORCA, 2010.

2.4 MATERIA PRIMA

La materia prima utilizada en el proceso de elaboración de queso Danbo es descrita a continuación.

2.4.1 LA LECHE COMO MATERIA PRIMA

La leche se define como la secreción láctea magra, fresca y limpia, que se obtiene del ordeño de una o más vacas de hatos sanos y bien alimentados, estrictamente controlados para ofrecer un producto de excelente calidad (González, 2002).

Una de las definiciones más comúnmente usadas para definir leche es la siguiente: “leche es la secreción láctea, libre de calostro, obtenida por el ordeño completo de una o más vacas sanas”. Asumiendo, que esta leche y su valor nutritivo se deben a la grasa y a los sólidos no grasos, estos últimos incluyen azúcar (lactosa), proteínas (caseína) y a minerales principalmente calcio y fosforo (Marroquin, 2003).

La leche debe contener no menos de un 3,0% de grasa y no menos de 8,25% en sólidos no grasos. Como alimento, la leche proporciona no solo calorías, sino también sales minerales, proteínas, carbohidratos y Vitaminas. Las sales minerales, principalmente el calcio y el fósforo, juegan un papel importante en la vida de los niños, pues los huesos se forman a partir de estos nutrientes (Lerche, 2000).

Según (Lerche, 2000), la leche es la secreción de la glándula mamaria de los mamíferos que sirve para la alimentación de los recién nacidos que en las primeras semanas de vida que son incapaces de nutrirse por sí solos a expensas del medio que los rodea.

La leche es uno de los productos de origen animal más importantes para el consumo humano, por lo que la exigencia para los productores es producir una leche de alta calidad (González, 2002).

Cada día se reconocen más las cualidades de este producto en la alimentación de niños, adultos y personas de la tercera edad. Pero para que la leche cumpla con esas expectativas nutricionales debe reunir una serie de requisitos que definen su calidad. Después que la leche sale de la vaca ya no se puede cambiar su composición fisicoquímica a no ser en algunos ajustes permitidos para mejorar su aspecto (homogenizar), disminuir algunos de sus componentes para hacerla más atractiva para algún consumidor especial (deslactosar, desgrasar), todo ello mediante tecnologías permitidas y declaradas. Pero en la cadena de producción de este preciado producto desde la finca lechera hasta la planta procesadora es necesario cuidar todos aquellos factores que si no se manejan adecuadamente van a provocar deterioro del mismo con pérdidas para el productor y disminución de volúmenes hábiles para la industria. La leche por ser un producto altamente perecedero debe ser manejado correctamente desde su obtención (Vargas, 2003).

2.4.2 COMPOSICIÓN NUTRITIVA DE LA LECHE

La humanidad conoce la leche desde los más remotos tiempos, pero su conocimiento de las características físicas y composición química de la misma es aún, en algunos aspectos, deficiente. La leche es uno de los alimentos más valiosos por contener proteínas de muy alto valor biológico, por la digestibilidad de su grasa, por su riqueza en calcio y fósforo y

por aportar grandes cantidades de vitaminas A y B₂. También ejerce una influencia reguladora sobre la flora bacteriana del tracto intestinal. El aporte nutritivo de un litro de leche se reporta en la siguiente tabla 2.3 (Lerche, 2000).

Tabla 2.3: Aporte nutritivo de un litro de leche

Principio alimenticio	Medida	Contenido
Proteína	g	35
Grasa	g	35-40
Sales cálcicas	g	1,2
Calorías	kcal	690
Vitamina A	U.I.	1500
Aneurina	mg	0,34
Lactoflavina	mg	1,70
Ácido ascórbico	mg	14,40

Fuente: Lerche, 2000.

La cantidad exacta de cada constituyente de la leche varía ligeramente con las diferentes razas y líneas genealógicas de ganado lechero, que existe. Los constituyentes lácteos son afectados por la genética en un 60% lo cual significa que el programa de cría, particularmente la selección de los sementales del hato, a la larga pueden tener un impacto importante en la composición de la leche producida por un determinado rebaño (Marroquin, 2003).

En la tabla 2.4 se muestra la composición media de los diferentes tipos de leche según (Alais, 1985). En el caso de las proteínas, grasas, hidratos y agua se representa en calorías por cada 100 gramos, en porcentaje para las sales y en miligramos por cada 100 gramos para las Vitaminas.

Tabla 2.4: Composición de la leche de diferentes especies

Componentes	Especies			
	Mujer	Vaca	Oveja	Cabra
Calorías	76,00	68,00	140,00	75,00
Proteínas	1,10	3,30	5,50	3,80
Grasas	4,50	3,60	7,00	4,30
Hidratos	7,60	4,80	4,30	4,60
Agua	87,00	87,00	82,40	86,30
Cloro	39,00	109,00	122,00	132,00
Calcio	35,00	140,00	207,00	138
Fosforo	15,00	9,00	140,00	100,00
Potasio	50,00	140,00	185,00	160,00
Vitamina A	0,70	0,03	0,06	0,04
Vitamina B1	0,01	0,04	0,06	0,05
Vitamina C	5,00	1,00	3,00	2,00

Fuente: Alais, 1985.

2.4.3 PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA LECHE

La composición de la leche de vaca varía dentro de ciertos límites como se muestra en la tabla 2.5.

Tabla 2.5: Propiedades químicas de la leche

Componentes	Contenido medio (%)	Rango (%)
Agua	87,40	83,00 – 89,00
Extracto seco	12,60	10,00 – 17,00
Grasa	3,90	2,70 – 6,00
Proteínas	3,30	2,50 – 4,50
• Caseína	2,70	2,20 – 4,00
• Albuminas	0,40	0,20 – 0,60
• Globulina y otras	0,12	0,05 – 0,20
Lactosa	4,70	4,00 – 5,60
Sales (cenizas)	0,70	0,60 – 0,85

Fuente: Dilanjan, 1976.

En la tabla 2.5 se indican los límites entre los que pueden variar los porcentajes de los distintos componentes, que dependen de muchos factores (Dilanjan, 1976):

- Raza de la vaca
- Tipo de alimentación
- Estado sanitario
- Época del año

2.4.3.1 AGUA

Según (Keating, 1999), el agua constituye la fase continua de la leche y es medio de soporte para sus componentes sólidos y gaseosos. Se encuentra en dos estados:

- **Agua libre (Intersticial).**- Representa la mayor parte del agua y en esta se mantiene en solución la lactosa y las sales.

- **Agua de enlace.**- Esta agua es el elemento de cohesión de los diversos componentes no solubles y es absorbida a la superficie de estos compuestos; no forman parte de la fase hídrica de la leche y es más difícil de eliminar que el agua libre.

2.4.3.2 EXTRACTO SECO

La materia seca está formada por los compuestos sólidos de la leche. Estos sólidos, que en la leche de vaca constituye un promedio de 12,6 pueden ser determinados directamente por la aplicación de calor para evaporar la fase acuosa de la leche (Keating, 1999).

Un método indirecto para calcular la materia seca se efectúa mediante la relación entre la densidad de la leche y su contenido de grasa. Las fórmulas aplicables para este método son:

- **Richmond:**

$$\% \text{ S.T.} = (0,25 \times d) + (1,21 \times \% \text{ G}) + 0,66 \quad (\text{ecuación 2.1})$$

Usar para d solo los valores milésimales como enteros. Si d = 1,132, usar 32.

- **Queensville:**

$$\text{gramos/litro S.T.} = (10,6 \times \% \text{ G}) + 2,75 (d - 100) \quad (\text{ecuación 2.2})$$

Usar para d el valor leído como entero. Si d = 1,132, usar 1132.

Dónde:

d = densidad

% G = porcentaje de materia grasa

2.4.3.3 GRASA

La grasa de la leche de vaca está formada por la combinación física de triglicéridos y estos a su vez son el resultado de la relación entre un alcohol (glicerol) y 14 o más ácidos grasos. De estos ácidos grasos la mayor parte del tiempo son saturado, sin embargo, es el oleico no saturado el que existe en mayor cantidad y la combinación de éste con el ácido linoleico, el butírico y el caproico es lo que influye en que sea bajo el punto de fusión de la grasa de leche (Keating, 1999).

Según (Revilla, 1996), en la grasa pueden distinguirse los siguientes grupos de compuestos:

□ **Los lípidos.-** Reúnen a triglicéridos, mono glicéridos, lecitinas, cefalinas, estinogomelina y cerebrosidos.

□ **Las grasas no saponificables.-** Reúnen a beta caroteno, no beta caroteno, xantofilas, colesterolos, dihidrocolesterolos, ergosterolos y las vitaminas liposolubles A, D, E y K.

La grasa de la leche contribuye al aroma, sabor y textura del queso ya que esta imparte suavidad, finura y agradable sensación.

2.4.3.4 PROTEÍNAS

Según (Keating, 1999, las sustancias nitrogenadas de la leche de vaca se encuentran en forma de micelas dispersas en suspensión coloidal y la mayor parte pertenece para prótidos divididos en dos grupos:

□ **Holo prótidos.-** Lacto albumina que representa menos de 0,05 % y cuya proporción puede aumentar en la leche de animales enfermos de mastitis y en las leches calostradas. La lacto albumina es rica en lisina y triptófano. Esta sustancia es muy importante en la alimentación de los niños. No coagula por acción del “cuajo” o de los ácidos pero lo hace por efecto del calor.

□ **Etero prótidos.-** El principal etero prótidos de la leche lo constituye la caseína y está compuesta a su vez de 20 aminoácidos. La caseína puede ser precipitada por la acción de una enzima. La quimosina o renina. En este fenómeno de enzima transforma el caseinato de calcio a para caseinato de calcio que es soluble y luego la expone a los iones de calcio que al irse fijando a este último, se insolubiliza y forma un gel.

Las proteínas desempeñan una gran variedad de funciones, que van desde la estructura hasta la reproducción de todo ser viviente. La proteína de leche juega el papel más importante en la elaboración de quesos, los cuales contienen aproximadamente 33% de proteínas. (Keating, 1999).

2.4.3.5 LACTOSA

En la composición de la leche entra a formar parte la lactosa con 37 – 54 g/l. A diferencia de la concentración de la grasa en la leche, la concentración de lactosa es similar en todas las razas lecheras y no puede alterarse fácilmente con prácticas de alimentación (Keating, 1999).

A pesar de que es un azúcar, la lactosa no se percibe fácilmente por el sabor dulce. Prácticamente la lactosa es el único azúcar de la leche, aunque en ella existan poliosidos libres y glúcidos combinados en pequeña proporción (Keating, 1999).

Existen dos formas químicas de la lactosa: Alfa lactosa 37% y Beta lactosa 63%. La cristalización ocurre cuando se sobrepasa el contenido de la beta lactosa transformándose la diferencia a alfa lactosa que es propiamente la que cristaliza. El calor afecta a la lactosa a temperaturas arriba de 100°C. A esta temperatura la lactosa hidratada (alfa lactosa) pierde su agua y se transforma en lactosa anhidra. A temperaturas superiores a los 130°C se produce su caramelización, pero tiende igualmente a combinarse con los compuestos nitrogenados de la leche, conociéndose este fenómeno como “reacción de Maillard”. Esta reacción produce un pardeamiento de la leche y puede observarse en leche esterilizadas (Keating, 1999).

2.4.3.6 SALES MINERALES

Las sales presentes en la leche se encuentran en disolución son; calcio, sodio, potasio, magnesio. En caso de enfermedades de la vaca el contenido de cloruro sódico aumenta, disminuyendo el resto de las sales (Alais, 1985).

Se encuentran en dispersión iónica y representan en la leche del 0,6 al 1%. Las más importantes de estas son (Alais, 2985):

□ Fosfato de potasio, calcio y magnesio.....	0,330 %
□ Cloruro de sodio y potasio	0,200 %
□ Citrato de sodio, potasio, calcio y magnesio.....	0,320%
□ Sulfato de potasio y sodio	0,018 %

□ Carbonatos de potasio y sodio..... 0,250%

Los minerales que existen en la leche son potasio, calcio, sodio, fosforo, cloro, rubidio, flúor, silicio, boro, zinc, cobre, hierro, molibdeno, litio, magnesio, manganeso, cobalto, iodo y níquel (Alais, 1985).

2.4.3.7 ENZIMAS

Según (Alais, 1985) la leche de vaca contiene numerosas enzimas relacionadas con el grupo de las albuminas, con las cuales generalmente precipitan. Algunas se encuentran concentradas en la membrana superficial de los glóbulos grasos y son arrastradas por la nata (reductasa, aldehídica, fosfatasa) otras precipitan con la caseína (proteasa, catalasa, etc.).

La catalasa se encuentra en gran parte con la caseína separada por precipitación mientras que queda muy poca en la caseína obtenida por ultra filtración.

Por otra parte en la leche se encuentran activadores e inactivadores de la enzima cuya acción depende de su concentración en la fracción considerada (Alais, 1985).

2.4.3.8 VITAMINAS

Según (Alais, 1985), las Vitaminas tienen una estrecha relación con las enzimas, pues la mayor parte de ellas actúan como coenzimas y están asociados a una apoenzima proteica en su actividad biocatalítica. La leche de vaca contiene casi todas las vitaminas pertenecientes en los dos grandes grupos:

- **Vitaminas liposolubles (A, D y E).**- Asociadas a la materia grasa por esta razón se encuentra en la nata y en la mantequilla tras el desnatado y no se hallan en la leche desnatada ni en el lacto suero. Su contenido obedece a la influencia de factores exógenos: alimentación y radiaciones solares; por lo tanto, es muy variable.
- **Vitaminas hidrosolubles (B₁, B₂, C, etc.).**- Se encuentran en la fase acuosa, la leche desnatada y el lacto suero. La riqueza de la leche de vaca en estas vitaminas depende poco de las influencias exteriores, por ello su contenido varía relativamente poco.

2.4.4 PROPIEDADES FÍSICAS DE LA LECHE

Las propiedades físicas de la leche se describen a continuación.

2.4.4.1 ASPECTO

La coloración de la leche de vaca es blanca, cuando es muy rica en grasa presenta una coloración ligeramente crema, debida en parte al caroteno en la grasa de la leche de vaca. La leche pobre en grasa o descremada es ligeramente de tono azulado (Keating, 1999).

2.4.4.2 OLOR

La leche fresca casi no tiene un olor característico, pero debido a la presencia de la grasa, la leche conserva con mucha facilidad los olores del ambiente o de los recipientes en los que se la guarda. La acidificación le da un olor especial a la leche (Keating, 1999).

2.4.4.3 SABOR

La leche fresca y limpia tiene un sabor ligeramente dulce debido a la lactosa que contiene y adquiere por contacto fácilmente sabores a ensilaje, hierbas, etc. (Keating, 1999).

2.4.4.4 GRAVEDAD ESPECÍFICA

La gravedad específica de la leche de vaca es igual al peso en kilogramo de un litro de leche a temperatura de 15°C. La gravedad específica generalmente se expresa en grados de densidad, fluctuando estos valores de 1,028 a 1,034, con promedio de 1,031 (Keating, 1999).

La densidad de la leche depende de la combinación de densidades entre sus diferentes componentes (Keating, 1999):

□ Agua	→	1,000
□ Grasa	→	0,931
□ Proteína	→	1,346
□ Lactosa	→	1,666
□ Minerales	→	5,500

De aquí que una leche entera tendría una densidad promedio de 1,032, mientras que una leche descremada 1,036.

2.4.4.5 CONCENTRACIÓN HIDROGENIÓNICA (pH)

Las variaciones del pH dependen generalmente del estado sanitario de la glándula mamaria, de la cantidad de CO₂ disuelto en la leche, del desarrollo de los microorganismos que, al desdoblar la lactosa, promueven la producción del ácido láctico (Keating, 1999).

2.4.4.6 ACIDEZ

Generalmente una leche fresca posee una acidez de 0,15 a 0,16 % (gramos de ácido láctico). Los valores menores de 0,15 pueden ser debidos a las leches mastíticas agudas o bien alterados con algún producto químico alcalinizante. Los porcentajes mayores de 0,16 son indicadores de contaminantes (Keating, 1999).

2.4.4.7 POTENCIAL DE OXIDACIÓN

El poder reductor de la leche se incrementa con la contaminación bacteriana; a medidas que las bacterias se multiplican, consumen oxígeno y producen sustancias reductoras bajando por lo tanto el cociente hasta valores negativos. Este hecho es aprovechado para seleccionar la leche según el tiempo en que el azul de metileno y la resazurina son reducidos (Keating, 1999).

2.4.4.8 VISCOSIDAD

La leche es un líquido más viscoso que el agua; esta viscosidad es debida a la materia grasa en emulsión y a las proteínas de la fase coloidal. La viscosidad varia en general entre 1,7 y 2,2 centipoises, la viscosidad de la leche completa a 20°C es de 2,2 y el de la leche descremada de 1,2 centipoises (Keating, 1999).

2.4.4.9 PUNTO DE CONGELACIÓN

Una de las características más constantes de la leche es el punto de congelación que en general, es de -0,539 °C como valores promedios.

Esta propiedad permite utilizarla para detectar la adición de agua ya que ésta, al congelarse a 0°C, influye para el valor del punto de congelación de la leche se aproxime al del agua (Keating, 1999).

2.4.4.10 CALOR ESPECÍFICO

Según (Keating, 1999), el calor específico de la leche es el número de calorías necesarias para elevar 1°C la temperatura de la unidad de peso de la leche. Este valor es más elevado que el del agua.

El calor específico de diferentes estados de la leche en kcal/kg°C se muestran a continuación (Keating, 1999):

- Leche entera..... 0,93 – 0,94
- Leche descremada..... 0,94 – 0,96
- Suero de queso..... 0,97
- Grasa..... 0,40 – 0,60

Estos valores varían de acuerdo al contenido de agua como se observa en la ecuación 2.3:

$$C_p = 0,20 + \frac{\%agua}{125} \quad (\text{ecuación 2.3})$$

Fuente: (Keating, 1999)

2.4.4.11 ÍNDICE DE REFRACCIÓN

El índice de refracción es el valor que expresa el ángulo de desviación de la luz al pasar del aire a la leche. Este valor fluctúa entre 1,3440 y 1,3485 es el resultante de la combinación de los índices de refracción de todos los componentes de la fase discontinua (solutos) y continua (agua) de la leche (Keating, 1999).

Cuando la proporción normal entre solutos y solventes se altera, por la adición del agua y solidos extraños, el índice de refracción disminuye o aumenta respectivamente (Keating, 1999).

“Es bueno destacar que no es posible recibir producto fuera de las especificaciones ya que el producto final es evaluado con esos mismos parámetros y el proceso, en caso de la leche líquida, sea pasteurización o esterilización, no justifica la alteración de ninguno de ellos. La industria láctea está consciente de que poco puede hacerse para cambiar la composición físico química y por ende el valor nutritivo de la leche, a no ser con el manejo adecuado de los hatos” (Requena, 1999).

2.4.5 PROCESOS EN LA TRANSFORMACIÓN DE LA LECHE EN QUESO

Según (Medina, 1990), la transformación de la leche en queso consta de fundamentalmente dos procesos; La obtención de la cuajada y su maduración.

Estos procesos a su vez se pueden dividir en tres fases esenciales (Medina, 1990):

- a) **La formación del gel de caseína.** Es el cuajado o coagulación de la leche
- b) **La deshidratación parcial de este gel por sinéresis,** es decir, por contracción de las micelas que la forman, conocido también como desuerado de la cuajada
- c) **La maduración enzimática del gel deshidratado.** Es el afinado o maduración de la cuajada, del que es responsable, la proliferación de determinados microorganismos.

En el caso del queso fresco, la fabricación termina con el desuerado (Medina, 1990).

2.5 INSUMOS O ADITIVOS ALIMENTARIOS

En un sentido amplio, un aditivo alimentario es cualquier sustancia que se agrega a los alimentos. En una acepción más precisa el Codex Alimentarius -una organización conjunta de la FAO y la OMS, que se encarga de desarrollar normas internacionales sobre seguridad alimentaria-, los define como “cualquier sustancia que normalmente no se consume como alimento por sí misma ni se usa como ingrediente de la comida, tenga o no valor nutricional y cuyo agregado intencional en los alimentos para un propósito tecnológico (incluyendo organoléptico) en la manufactura, procesamiento, preparación, tratamiento, empaque, transporte o almacenamiento resulta – o puede resultar (directa o indirectamente)- en su

incorporación (o la de algún derivado) como componente del alimento o afectar de algún modo las características de dicho alimento” (Medina, 1990).

El Codex Alimentarius establece que el uso de aditivos alimentarios es justificado si su uso ofrece ventajas, no presenta riesgos ni induce a error en los consumidores.

2.5.1 FUNCIONES Y CLASIFICACIÓN DE LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS

El hecho de que se los clasifique como *aditivos alimentarios* y se los regule como tal depende del propósito o fin con el que se aplican. Los aditivos alimentarios tienen un papel fundamental a la hora de mantener las cualidades y características de los alimentos que están sometidos a condiciones ambientales (temperatura, oxígeno, microorganismos) que pueden modificar su composición original.

Muchos aditivos alimentarios son sustancias naturales, e incluso nutrientes esenciales. Químicamente pertenecen a grupos funcionales muy diversos, entre ellos sales inorgánicas, aminoácidos, hidratos de carbono y enzimas. Los aditivos alimentarios se clasifican según su función. Un listado completo con casi cuarenta clases funcionales, lo proporciona la base de datos de la FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Medina, 1990).

Tabla 2.6: Clasificación de los aditivos alimentarios según su función

Función	Aditivo
Evitar el deterioro del alimento	Antioxidantes. Conservantes
Modificar la textura	Espesantes y gelificantes. Emulsionantes y

	estabilizantes.
Modificar el sabor y/o el aroma	Aromatizantes y Saborizantes. Resaltadores del sabor. Edulcorantes.
Modificar el color	Colorantes. Estabilizantes del color
Modificar otras propiedades (consistencia, textura, acidez)	Antiespumante. Antiaglutinante. Humectantes. Reguladores de la acidez. Acidulantes. Leudantes químicos.
Procesamiento de materias primas; iniciación de reacciones químicas en la producción del alimento	Enzimas
Suplemento nutricional	Calcio, vitaminas, sulfato ferroso, omega 3, yodo

Fuente: Medina, 1990

Además de estas funciones, se establece que los aditivos alimentarios deben proveer de ingredientes que cubran necesidades dietarias especiales, como es el caso de consumidores fenilcetonúricos, diabéticos, celíacos, o con otras afecciones. Por ejemplo, los edulcorantes aportan sabor dulce con bajas calorías pero además son imprescindibles para diabéticos que requieren una dieta baja en carbohidratos. También se exige que los aditivos sean empleados para realzar o mejorar el alimento sin enmascarar materia prima defectuosa o fallas en alguna etapa de elaboración (Zamora, 2014).

Para la elaboración de queso Danbo solamente pueden utilizarse las clases de aditivos de uso justificado numeradas en la tabla 2.7. Para cada clase de aditivo y según se permita en la tabla, solamente pueden utilizarse los aditivos alimentarios enumerados a continuación y únicamente dentro de las funciones y límites especificados. (IBNORCA, NB 22024, 2010).

Tabla 2.7: Aditivos alimentarios

Clase funcional de aditivos	Uso justificado	
	Pasta del queso	Tratamiento de la superficie
Colorantes	X ¹	-

Agentes blanqueadores	-	-
Ácidos	-	-
Reguladores de acidez	X	-
Estabilizadores	-	-
Espesantes	-	-
Emulsionantes	-	-
Antioxidantes	-	-
Conservantes	X	X
Agentes espumantes	-	-
Agentes antiglutinantes	-	X ²
1 Solo para obtener las características del color 2 Solo para la superficie del queso rebanado, cortado, desmenuzado o rallado X El uso de aditivos que pertenecen a la clase se justifica tecnológicamente - El uso de aditivos que pertenecen a la clase no se justifica tecnológicamente		

Fuente: IBNORCA, NB 22024, 2010

Los aditivos que se usaron para la elaboración de queso Danbo se exponen detalladamente a continuación.

2.5.2 CLORURO DE CALCIO

El cloruro cálcico o cloruro de calcio es un compuesto químico, inorgánico, mineral que reacciona como estabilizante sintético y potenciador del sabor (PPE, 2015).

Es un cristal incoloro, altamente higroscópico, reacciona fuertemente con el agua produciendo una reacción exotérmica (PPE, 2015).

En la Unión Europea (UE) tiene el código E509 y su papel y función depende del tipo de alimento o proceso de transformación al que se aplique (PPE, 2015).

2.5.2.1 USOS DEL CLORURO DE CALCIO

El cloruro de calcio se utiliza para corregir los problemas de coagulación que se presentan en la leche almacenada por largo tiempo en refrigeración y en la leche pasteurizada. Su uso permite disminuir las pérdidas de rendimiento en estos casos y permite obtener una cuajada más firme y coherente al reponer en la leche fresca los iones libres de calcio destruidos

durante su tratamiento térmico, a la vez que permite acortar el tiempo de coagulación. La dosis máxima a utilizar es del 0,02% (1 gramo por cada 5 litros de leche). Una dosis excesiva conduce a una cuajada dura y quebradiza y con sabor amargo. También es usado como estabilizante del pH en una solución (PPE, 2015).

El contenido de calcio en la leche depende de muchos factores, algunos de estos son la especie del animal, su alimentación, y los tratamientos a los cuales haya sido sometida. Se sabe por ejemplo que durante la pasteurización de la leche se pierde gran cantidad de calcio y por lo tanto se deben restituir esos iones de calcio en la cantidad apropiada para lograr una excelente coagulación (PPE, 2015).

2.5.2.2 IMPORTANCIA DEL CLORURO DE CALCIO

Según (PPE, 2015), el equilibrio salino en la producción de queso puede afectarse, alterando modificaciones del complejo caseína-fosfato: disminución de respuesta al cuajo.

En síntesis, los objetivos de su adición son, según (PPE, 2015):

- Reducir el tiempo de cuajado
- Facilitar la coagulación, produciendo una cuajada más firme y compacta.
- Facilitar el corte y la manipulación de la misma, mejorando el rendimiento, con mayor retención de la grasa

2.5.3 BACTERIAS LÁCTICAS (CULTIVO INICIADOR)

Según (Medina, 1990), los procesos de fermentación en los quesos elaborados con leche cruda dependen de la contaminación natural de la leche con bacterias lácticas. En los quesos de leche pasteurizada es necesario inocular bacterias lácticas seleccionadas, de características conocidas (Medina, 1990).

La función principal de estas bacterias es la producción de ácido láctico mediante la fermentación de la lactosa. El ácido láctico promueve la formación y desuerado de la cuajada, evita que crezcan en ésta microorganismos patógenos debido a que disminuye el pH a unos valores de 5,0-5,2 y le confiere un sabor ácido. Además estas bacterias dan lugar

a sustancias responsables del aroma y contribuyen a la maduración mediante la proteólisis (ruptura de las proteínas) y la lipólisis (ruptura de las grasas) (Medina, 1990).

Dichas bacterias lácticas añadidas se denominan fermentos.

Los fermentos se clasifican según (Medina, 1990), esencialmente por su temperatura óptima de crecimiento, en dos grupos:

- MESOFILOS: Con un óptimo de 20-30 °C, están formados por una o varias cepas de *Streptococcus lactis sub sp. diacetylactis* y *Leuconostoc spp.*
- TERMOFILOS: Con un óptimo de 37-45 °C, se utilizan cuando la temperatura de calentamiento de la cuajada es elevada (45-54 °C), y están formados por una o varias cepas de *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus* y *Lactobacillus lactis*.

El fermento debe producir la proporción de ácido requerida, no debe ocasionar sabores desagradables y debe conferir a la cuajada las condiciones necesarias para el desarrollo del sabor buscado (Medina, 1990).

La preparación tradicional de fermentos en la industria consiste en la resiembra diaria de los cultivos. Es siempre una operación delicada, debido fundamentalmente a los peligros de contaminación por otras bacterias y por bacteriófagos (virus que atacan a las bacterias). Estos inconvenientes se corrigen mediante el empleo de fermentos concentrados, congelados o liofilizados, que se inoculan con el fermentador o incluso directamente a la cuba (Medina, 1990).

2.5.4 ENZIMAS COAGULANTES

En la industria quesera se utilizan diferentes tipos de microorganismos solos o mezclados, según las características deseadas en los quesos. Su uso tiene especial aplicación en los quesos madurados pero también son aplicados en algunos quesos frescos (González, 2002).

El cuajo es una enzima proteolítico que actúa desestabilizando a la caseína, lo que da lugar a la formación del coágulo que engloba al suero y los glóbulos grasos en su interior.

Igualmente, su actividad proteolítica conduce a la formación de compuestos que serán utilizados por las bacterias del fermento para su multiplicación (González, 2002).

La adición del cuajo a la leche es un punto de considerable importancia en la fabricación de queso. En los quesos frescos, de coagulación fundamentalmente láctica, se utilizan pequeñas cantidades de cuajo y se opera a temperaturas bajas (15-20 °C) para evitar la actividad óptima de la enzima. En este caso, el cuajo se emplea más bien para facilitar el desuerado, que por su acción coagulante o por su capacidad proteolítica a lo largo de la maduración (González, 2002).

La leche deberá contener los fermentos lácticos necesarios para asegurar la acidificación. En los quesos de coagulación fundamentalmente enzimática (p.ej., *Gruyère*) se añaden cantidades de cuajo muy superiores y se coagula a temperatura más elevada (30-35 °C) para acelerar la formación de la cuajada. En estos quesos, los fermentos no deben desarrollarse de inmediato a fin de que no se acidifique la leche sensiblemente durante la coagulación y durante las operaciones del desuerado. Finalmente, en los quesos de coagulación mixta (p. ej., *Camembert*) se emplea una cantidad de cuajo considerable a una temperatura que permita el desarrollo óptimo de los fermentos lácticos (28-32°C) y que al mismo tiempo garantice al cuajo unas condiciones de acción bastante favorables.

La firmeza del cuajo y la textura de la cuajada formada dependerán, fundamentalmente, de la cantidad de cuajo utilizado, de la temperatura (velocidad de coagulación máxima a 40-42 °C) y de la acidez de la leche (González, 2002).

La coagulación consiste en una serie de modificaciones fisicoquímicas de la caseína (proteína de la leche), que conducen a la formación de un coágulo. Tiene lugar debido a la acción conjunta de la acidificación por las bacterias lácticas (coagulación láctica) y de la actividad del cuajo (coagulación enzimática) (González, 2002).

La coagulación láctica o ácida es realizada por las bacterias lácticas presentes en la leche cruda o procedente del fermento, que transforman la lactosa en ácido láctico haciendo descender el pH de la leche, lo que produce la alteración de la caseína hasta la formación de un coágulo (González, 2002).

Durante siglos se ha utilizado en quesería cuajo animal, es decir, el enzima renina extraída del cuarto estómago de los rumiantes lactantes. Las dificultades de aprovisionamiento a nivel mundial de cuajo, junto con el aumento de precio de las preparaciones comerciales del enzima, han favorecido el desarrollo de otros enzimas coagulantes, tanto de origen animal (pepsinas bovina y porcina), como de origen microbiano (*proteasas fúngicas*, etc.) o vegetal (*flores de Cynara cardunculus*, etc.) (Medina, 1990).

Debido al aumento en la demanda de cuajos se han desarrollado técnicas para la utilización de enzimas provenientes de microorganismos y vegetales (Medina, 1990).

Los cuajos microbianos son elaborados principalmente a partir de cultivos de mohos de la especie *Rhizomucor*. Actualmente se elabora quimosina producida por fermentación con microorganismos modificados genéticamente, con lo cual se obtiene un enzima bastante similar a la quimosina de origen animal; el extracto comercial contiene quimosina 100% a diferencia del producido por maceración del estómago el cual puede contener 90-95 % de quimosina y 10-15 % de pepsina (Medina, 1990).

Los cuajos vegetales pueden ser obtenidos de la piña (*bromelina*), lechosa (*papaina*) e higo (*ficina*). También se utiliza la extraída del Crdoon. Estos enzimas tienen una capacidad proteolítica menos específica por lo cual pueden causar sabores amargos en los quesos si no son bien utilizados. Su uso a nivel comercial es limitado, generalmente se utilizan en la elaboración artesanal de determinados tipos de quesos (Medina, 1990).

Los cuajos microbianos también tienen una acción más pronunciada que la quimosina a excepción de la quimosina obtenida por fermentación la cual se comporta igual a la quimosina animal (González, 2002).

La coagulación enzimática, puede dividirse en dos partes, una primaria (hidrólisis enzimática) y otra secundaria (agregación). Durante la etapa primaria, la k-caseína es “cortada” por la acción de la enzima, formando una porción hidrofóbica: para k-caseína y una hidrofílica: caseinmacropéptido. Como resultado de esta acción se produce la reducción de la carga negativa neta y de la repulsión estérica, de esa manera las micelas modificadas comienzan a ser susceptibles de agregarse. Entre las fuerzas atractivas durante la

agregación predominan los puentes-Ca, las fuerzas de Van der Waals, las interacciones hidrofóbicas y puentes hidrógeno (González, 2002).

Título o Fuerza del Cuajo: antes de utilizar cualquier enzima coagulante debe conocerse su fuerza lo cual permite utilizar las dosis necesarias sin caer en los errores que conlleva emplear dosis bajas o muy altas a las necesarias. El título o fuerza de cuajo se define como la cantidad de leche en mililitros, que cuaja a 35 °C en 40 minutos, cuando se le adiciona una un gramo o mililitro de cuajo. (Fernández, 1998)

2.5.5 CLORURO DE SODIO – SAL DE MESA

La sal se adiciona con el objetivo principal de darle sabor al queso, aunque además sirve para alargar la vida útil de los mismos al frenar el crecimiento microbiano al disminuir la actividad de agua. El porcentaje ideal depende del tipo de queso y del gusto del consumidor aunque se puede decir que puede estar entre el 2 y el 3% (Medina, 1990).

2.5.6 COLORANTES

En la elaboración de quesos amarillos se utiliza el achiote (*Bixia orellana*) y el β - caroteno para impartir al queso el color amarillo (Medina, 1990).

2.5.7 NITRATOS

Los nitratos de sodio o potasio, son utilizados en la elaboración de quesos madurados y su uso está regulado a una dosis máxima del 0,005% (1 gramo por cada 20 litros de leche). Su función es la de impedir la hinchazón precoz por bacterias coliformes y la hinchazón tardía por *Clostridium*, de los quesos. La hinchazón precoz ocurre en la primera semana de maduración y la tardía después de la segunda semana. Estos defectos se deben a la acumulación de gas provenientes de la fermentación producida por dichos microorganismos. Los nitratos al reducirse a nitrito permiten la formación de agua con el hidrógenos producido por los coliformes con lo cual se evita la acumulación de gas, mientras que los clostridios son inhibidos por ser sensibles a los nitritos y el gas producido también se convierte en agua con la reducción de los nitratos. El uso de nitratos debe ser

evitado siempre que se pueda, ya que los nitritos han sido señalados en la formación de nitrosaminas cancerígenas para el consumidor (González, 2002).

2.6 PROCESO DE ELABORACIÓN DE QUESO

Los pasos generalizados para una correcta elaboración de queso según (Medina, 1990) son:

1. Estandarización de la leche
2. Pasteurización. Variaciones según el tipo de queso
3. Adición de cultivos lácticos; pre maduración (opcional)
4. Adición de cloruro de calcio (CaCl_2)
5. Adición del cuajo. Variación de temperatura según tipo de queso
6. Corte de cuajada. Distintas técnicas, de acuerdo al producto final)
7. Calentamiento de la cuajada (para quesos duros y semiduros)
8. Separación de la cuajada y el suero (Desuerado)
9. Salado. Diversas técnicas de adición de sal
10. Moldeado de la masa
11. Desuerado en molde. Solo en algunos tipos de quesos
12. Prensado
13. Maduración

2.6.1 FACTORES INTERDEPENDIENTES QUE PARTICIPAN EN EL RESULTADO Y LA CARACTERIZACIÓN DEL QUESO

Según (Madrid, 1999), los factores interdependientes que participan en la caracterización del queso son varios y se los puede definir de la siguiente forma:

- a) La composición de la leche
- b) Factores microbianos (composición de la flora microbiana presente en la leche cruda o la añadida)
- c) Factores bioquímicos (concentración y propiedades de las enzimas presentes)
- d) Factores físico-químicos (temperatura, pH, presión atmosférica)
- e) Factores químicos (proporción de calcio en la cuajada, agua, sales minerales, etc.)
- f) Factores mecánicos (corte, removido y presión mecánica).

2.6.1.1 ESTANDARIZACIÓN DE LA LECHE

Para (González, 2002), la leche debe ser aceptada para su procesamiento cuando sea de animales que:

- No sufran de tuberculosis
- Estén libres e enfermedades contagiosas al ser humano a través de la leche
- No estén tratados con antibióticos u otras drogas veterinarias que sean transferidas a la leche

Una vez recibida la leche se debe someter a tratamientos para obtener un producto homogéneo y con parámetros óptimos para la obtención del queso que se fabricará (González, 2002).

Tratamientos:

- a) Filtrado
- b) Clarificación
- c) Desnatado o añadido de nata (obtener contenido graso óptimo)
- d) Homogenización

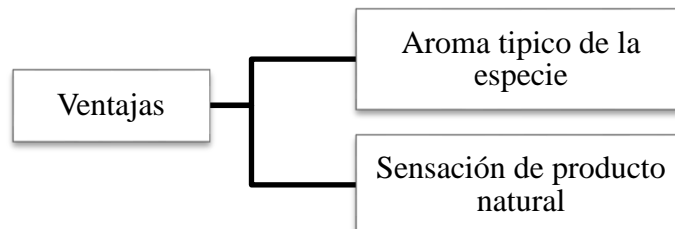
2.6.1.2 PASTEURIZACIÓN

El tratamiento térmico o calentamiento de la leche según (González, 2002), está relacionado con la calidad microbiológica de leche; dentro de la ubre es estéril pero luego del ordeño se contamina con:

FLORA BANAL: Dentro de estas se encuentran las bacterias lácticas buenas, cultivos iniciadores importantes en la elaboración de “Quesos y Yogur”.

FLORA PATÓGENA: *Coliformes, Escherichia coli, Clostridios*. Es decir son los microorganismos no deseables que alteran la calidad de los productos lácteos.

Se puede fabricar quesos con leche cruda es decir sin pasteurizar (González, 2002).



Para fabricar el queso la leche no debe calentarse a temperatura superior a 70 °C, porque puede alterar la separación del suero. La pasteurización debe ser lenta (González, 2002).

La pasteurización lenta:

- Es obligatoria en quesos con menos de 2 meses de maduración
- Elimina patógenos
- Mejora el crecimiento del fermento
- Aumenta el rendimiento quesero
- Hay una pérdida de calidad organoléptica

En tinas queseras: 63 °C - 30 minutos (González, 2002).

En pasteurizador a placas: 72 °C - 15 segundos (González, 2002).

Luego del calentamiento se debe enfriar lo más rápidamente posible para evitar que se produzcan efectos indeseables que se manifiesta luego durante el proceso de coagulación de la leche (González, 2002).

Según el tipo de queso enfriar hasta:

- 38 °C: Quesos blandos
- 36 °C: Quesos semiduros
- 32 °C: Quesos duros

2.6.1.3 ADICIÓN DE CULTIVOS LÁCTICOS

Los fermentos lácticos son el cultivo de una o más cepas de una o más especies de microorganismos útiles, empleados para inocular un producto natural pasteurizado con el objeto de iniciar una fermentación (Rivera, 2012).

Los fermentos lácticos actúan sobre la lactosa de la leche produciendo ácido láctico.

Según (Rivera, 2012), el ácido láctico favorece la coagulación durante la elaboración, produciendo compuestos responsables de aromas y sabores característicos durante la maduración. Entonces las funciones principales de los fermentos son:

- Producción de ácido
- Producción de aromas
- Descomposición de proteínas
- Descomposición de grasas

Los fermentos se pueden añadir a la leche de forma líquida, congelada, liofilizados o deshidratados (Rivera, 2012).

Para (Rivera, 2012), las bacterias lácticas esencialmente por su temperatura óptima de crecimiento se clasifican en dos grupos:

- ✓ Mesófilos: 20 – 30° C.
Cepas: *Streptococcus lactis*, *sbsp. Diacetylactis* y *Leuconostoc. spp.*
- ✓ Termófilos: 37 – 45 °C
Cepas: *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus elveticus*, *Lactobacillus lactis*.

Preparación tradicional de fermentos

Según (González, 2002), la preparación tradicional de cultivos lácticos en la elaboración de productos fermentados se lleva a cabo mediante:

- La siembra diaria de cultivos sin contaminación de bacterias o bacteriófagos (virus que atacan las bacterias)
- Fermentos concentrados, congelados o liofilizado

Para algunas variedades de queso en específico se inoculan otros microorganismos:

- Mohos: en quesos madurados superficialmente (*Penicillium camemberti*) y en los de pasta azul (*Penicillium roqueforti*).

- Bacterias propiónicas: productora de ácido propiónicas y CO₂, responsable de la formación de “ojos” en quesos como *Gruyère*.
- *Brevibacterium linens*, que constituyen los denominados en ocasiones *fermentos del rojo* por el color de sus colonias. Se utiliza en los quesos madurados superficialmente por bacterias.

2.6.1.4 ADICIÓN DE CLORURO DE CALCIO (CaCl₂)

Su uso en la fabricación de quesos permite disminuir las pérdidas de rendimiento y obtener una cuajada más firme y coherente al reponer en la leche fresca los iones libres de calcio destruidos durante su tratamiento térmico, a la vez que permite acortar el tiempo de coagulación. La dosis máxima a utilizar es del 0,02% (2 gramos de cloruro de calcio cada 10 litros de leche) (Rivera, 2012).

2.6.1.5 ADICIÓN DEL CUAJO

La coagulación consiste en una serie de modificaciones fisicoquímicas de la caseína (proteína de la leche), que conducen a la formación de un coágulo. Tiene lugar debido a la acción conjunta de la acidificación por las bacterias lácticas (coagulación láctica) y de la actividad del cuajo (coagulación enzimática) (González, 2002).

La adición del cuajo a la leche es un punto de considerable importancia en la fabricación de queso. En los quesos frescos, de coagulación fundamentalmente láctica, se utilizan pequeñas cantidades de cuajo y se opera a temperaturas bajas (15-20 °C) para evitar la actividad óptima de la enzima. En este caso, el cuajo se emplea más bien para facilitar el desuerado, que por su acción coagulante o por su capacidad proteolítica a lo largo de la maduración. La leche deberá contener los fermentos lácticos necesarios para asegurar la acidificación (Rivera, 2012).

En los quesos de coagulación fundamentalmente enzimática (p.ej., *Gruyère*) se añaden cantidades de cuajo muy superiores y se coagula a temperatura más elevada (30-35 °C) para acelerar la formación de la cuajada. En estos quesos, los fermentos no deben desarrollarse de inmediato a fin de que no se acidifique la leche sensiblemente durante la coagulación y durante las operaciones del desuerado. Finalmente, en los quesos de coagulación mixta (p.

ej., *Camembert*) se emplea una cantidad de cuajo considerable a una temperatura que permita el desarrollo óptimo de los fermentos lácticos (28-32 °C) y que al mismo tiempo garantice al cuajo unas condiciones de acción bastante favorables (Rivera, 2012).

La firmeza del cuajo y la textura de la cuajada formada dependerán, fundamentalmente, de la cantidad de cuajo utilizado, de la temperatura (velocidad de coagulación máxima a 40-42 °C) y de la acidez de la leche (Rivera, 2012).

2.6.1.6 CORTE DE CUAJADA

Consiste en la división del coágulo en porciones con objeto de aumentar la superficie de desuerado y, por tanto, de favorecer la evacuación del suero. Según el tipo de queso, el cortado es más o menos intenso, desde un simple cortado en los quesos de pasta blanda a un corte en pequeños cubos en los de pasta más dura. Por tanto, existe para cada tipo de queso una dimensión óptima del grano (González, 2002).

El cortado de la cuajada se efectúa utilizando unos instrumentos denominados liras, de las que existen distintos modelos manuales y mecánicos.

El cortado de la cuajada debe realizarse lentamente con el fin de no deshacer del coágulo, pues de lo contrario se formarían granos irregulares que desuerarían con dificultad (González, 2002).

Posteriormente se efectúa el removido que tiene por objeto acelerar el desuerado e impedir la adherencia de los granos, así como posibilitar un calentamiento uniforme. Se efectúa con ayuda de agitadores, que al igual que las liras, pueden ser manuales o mecánicos (Rivera, 2012).

2.6.1.7 CALENTAMIENTO DE LA CUAJADA

La elevación de la temperatura permite disminuir el grado de hidratación de los granos de la cuajada favoreciendo su contracción. La subida de la temperatura ha de ser lenta y progresiva, ya que si se produce de forma brusca se observa la formación de la superficie de los granos de una costra impermeable que detiene el desuerado. Las temperaturas de calentamiento bajas conducirán a cuajadas con mayor contenido de humedad y, por tanto,

con más lactosa, que será utilizada por las bacterias lácticas para producir ácido en las primeras fases del período de maduración. Las temperaturas altas de cocción conducen a una cuajada seca y dura, adecuada para una maduración lenta y prolongada. Así, por ejemplo, en quesos de tipo *Gruyère* la cuajada se somete a temperaturas de 52-55 °C (Rivera, 2012).

2.6.1.8 SEPARACIÓN DE LA CUAJADA Y EL SUERO (DESUERADO)

Consiste en la separación del suero que impregna el coágulo, obteniéndose entonces la parte sólida que constituye la cuajada. Para permitir la salida del suero retenido en el coágulo es preciso recurrir a acciones de tipo mecánico ya mencionados, como son el cortado y el removido, cuya acción se complementa mediante el calentamiento y la acidificación (González, 2002).

El cortado, la agitación e incluso el calentamiento por sí solos no permiten en la práctica la obtención de una cuajada adecuada a partir de un coágulo. Es necesaria la intervención de un proceso biológico, la acidificación. Las bacterias lácticas permanecen, en su mayoría, retenidas en los granos de cuajado, Su crecimiento y, por tanto, su actividad acidificante, favorece la expulsión de humedad de la cuajada. La acidificación influye de manera determinante en la composición química y en las características físicas de la cuajada (González, 2002).

El éxito de un proceso de fabricación de queso, depende de una combinación juiciosa de estos tres factores; acción mecánica, el calentamiento y la acidificación (González, 2002).

La fase final del desuerado en numerosos procedimientos de fabricación consiste en la realización de otras dos operaciones que, además de completar el desuerado, confieren al queso su forma definitiva. Dichas operaciones son: el moldeado y el prensado (Rivera, 2012).

2.6.1.9 SALADO

Es una operación que se efectúa en todos los quesos con el fin de regular el desarrollo microbiano, tanto suprimiendo bacterias indeseables como controlando el crecimiento de

los agentes de la maduración. El salado contribuye también en la pérdida de suero que continúa tras el desuerado y mejora el sabor del queso (González, 2002).

Puede realizarse en seco o por inmersión en un baño de salmuera. En el primer caso, lo más frecuente es extender sal sobre la superficie del queso, o bien puede incorporarse directamente a la cuajada mezclándola con ésta. El salado en salmuera es empleado en la fabricación de numerosos quesos. Los quesos se mantienen sumergidos en un baño de salmuera durante un período variable (de seis a setenta y dos horas en algunos tipos), dándose la vuelta a los quesos periódicamente (González, 2002).

2.6.1.10 MOLDEADO DE LA MASA

Moldeado o colocación de la cuajada en moldes, cuya forma y tamaño varían con cada tipo de queso (González s, 2002).

2.6.1.11 PRENSADO

Se efectúa en prensas de queserías, con las que se ejerce sobre la cuajada determinada presión que puede aumentar progresivamente durante el curso de la operación. Las condiciones del prensado son distintas para cada tipo de queso, variando la presión a aplicar, el desarrollo y duración de la operación, etc. (González, 2002).

Así, por ejemplo, en los quesos más intensamente desuerados (*Gruyère*) las presiones utilizadas alcanzan progresivamente 16 a 18 kg por kg de queso, con una duración de 24 horas como mínimo, mientras que en quesos menos desuerados, se aplican presiones inferiores durante una pocas horas (González, 2002).

2.6.1.12 MADURACIÓN

Es la última fase de la fabricación del queso. La cuajada, antes de iniciarse la maduración, presenta una capacidad, volumen y forma ya determinadas. Suele ser ácida en razón de la presencia de ácido láctico. En el caso de los quesos frescos la fabricación se interrumpe en esta fase. Los demás tipos de queso sufren una maduración más o menos pronunciada, que es un fenómeno complejo y más conocido (Rivera, 2012).

Según (Scott, 1986), la maduración comprende una serie de cambios de las propiedades físicas y químicas adquiriendo el queso su aspecto, textura y consistencia, así como su aroma y sabor característicos.

❖ **Los cambios químicos responsables de la maduración**

Los cambios que ocurren durante la maduración de los quesos según (Scott, 1986), son:

- **Fermentación o glucólisis:** la fermentación de la lactosa a ácido láctico, pequeñas cantidades de ácido acético y propiónico, CO₂ y diacetilo. Es realizada fundamentalmente por las bacterias lácticas.

Comienza durante la coagulación y el desuerado y se prolonga hasta la desaparición casi completa de la lactosa. El ácido láctico procedente de la degradación de la lactosa no se acumula en la cuajada sino que sufre distintas transformaciones de naturaleza diversa. En quesos blandos madurados por mohos, es metabolizado por éstos. En queso tipo *Gruyère* se transforma en propiónico, acético y CO₂.

- **Proteólisis:** es uno de los procesos más importantes de la maduración que no sólo interviene en el sabor, sino también en el aspecto y la textura. Como resultado de la proteólisis se acumulan una gran variedad de productos en el queso durante la maduración. Por otra parte, este proceso no es siempre uniforme en toda la masa del queso, pudiendo ser más intenso en la superficie que en el interior (por ejemplo, en quesos blandos madurados superficialmente).
- **Lipólisis:** o hidrólisis de las grasas afecta a una pequeña proporción de éstas. Sin embargo, los ácidos grasos liberados y sus productos de transformación, aunque aparecen en pequeñas cantidades, influyen decididamente en el aroma y sabor del queso.

3.1 DESARROLLO DE LA PARTE EXPERIMENTAL

El desarrollo del presente trabajo de investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Planta industrializadora de Leche PIL Tarija S.A., ubicada en la ciudad de Tarija provincia Cercado, kilómetro 2, carretera a Bermejo.

3.2 EQUIPOS Y MATERIAL DE LABORATORIO

Los equipos y materiales de laboratorio utilizados para el desarrollo experimental del presente trabajo, se detallan a continuación.

3.2.1 EQUIPOS DE PROCESO

A continuación se describen las funciones, utilidades y especificaciones de los equipos utilizados en el presente trabajo.

3.2.1.1 TINA DOBLE CAMISA

La tina utilizada cuenta con una doble camisa para el ingreso de agua fría y agua caliente, para controlar una distribución uniforme de la temperatura en la tina.

Se utilizó la tina para realizar la coagulación, y fermentación de la cuajada, con el fin de evitar cualquier tipo de contaminación en la mezcla por el contacto directo con el material interno, evitando al mismo tiempo algún tipo de corrosión por el ácido láctico que contiene el suero del queso, el material utilizado debe ser acero inoxidable.

Las principales especificaciones técnicas de la tina se detallan en el cuadro 3.1.

Cuadro 3.1: Especificaciones técnicas de la tina doble camisa

Especificación	Detalle
Industria	Boliviana
Volumen máximo	1000 litros
Forma	Rectangular
Material interno	AISI 304 Acero inoxidable
Materia externo	AISI 304 Acero inoxidable
Tipo	Doble camisa

Fuente: Elaboración propia

Ver Fotografía 5.7 de (Anexo 5).

3.2.1.2 PRENSA HIDRÁULICA VERTICAL

Se utilizó en la etapa de prensado del queso. Las especificaciones técnicas de la prensa vertical se detallan en el cuadro 3.2.

Cuadro 3.2: Especificaciones técnicas de la prensa hidráulica vertical

Especificación	Detalle
Industria	Boliviana
Capacidad	50 kg
Líneas de prensado	1
Material	Acero inoxidable

Fuente: Elaboración propia

Ver Fotografía 5.12 de (Anexo 5).

3.2.1.3 ENVASADORA AL VACÍO

La envasadora al vacío que se utilizó para el envasado del producto otorga una buena presentación del mismo y sobre todo asegura la conservación y tiempo de duración del queso eliminando el aire residual del envase mediante un vacío del 0,90 kg/cm², sellando las bolsas plásticas de Cryovac termo contraíbles.

Las principales características de la envasadora al vacío se detallan en el cuadro 3.3.

Cuadro 3.3: Especificaciones técnicas de la envasadora al vacío

Especificación	Detalle
Industria	Española
Marca	Ramón S.L.
Modelo	VP – 430
Motor de la envasadora	2500 rpm.
Voltaje	220 V
Potencia	0,75 Kw.
Frecuencia	50 Hz
Corriente	6 Amperios

Fuente: Elaboración propia

Ver Fotografía 5.14 de (Anexo 5).

3.2.1.4 TINA DE SELLADO

El material de la tina utilizada es de acero inoxidable en la que se retrae la bolsa de plástico Cryovac por acción del calor, para darle una mejor presentación al producto terminado, esta tina esta provista de una canasta de acero inoxidable, la misma que facilita el manejo del producto envasado al vacío para ser sometido a altas temperaturas.

La tina que se utilizó presenta conexiones con vapor y agua, para regular la temperatura del agua a utilizar para retraer la bolsa de envasado.

Las principales características de la tina se detallan en el cuadro 3.4.

Cuadro 3.4: Especificaciones técnicas de la tina de sellado

Especificación	Detalle
Industria	Boliviana
Forma	Rectangular
Material	Acero inoxidable

Fuente: Elaboración propia

Ver Fotografía 5.15 de (Anexo 5).

3.2.2 INSTRUMENTOS Y MATERIALES DE LABORATORIO

Los instrumentos y materiales de laboratorio necesarios para la ejecución de las pruebas experimentales del proceso de queso Danbo, son los que se detallan a continuación.

3.2.2.1 BALANZA MECÁNICA

La balanza mecánica se utilizó para pesar insumos durante la elaboración (sal común), como también para pesar el queso una vez extraído de la prensa. Las especificaciones técnicas se detallan en el cuadro 3.5.

Cuadro 3.5: Especificaciones técnicas de la balanza mecánica

Especificación	Detalle
Industria	Brasilera
Marca	Ohaus
Capacidad	Máximo 3000 g Mínimo 1 g

Fuente: Elaboración propia

Ver Fotografía 5.5 de (Anexo 5).

3.2.2.2 BALANZA ANALÍTICA

La balanza analítica se utilizó para pesar aditivos como ser nitrato de sodio, enzimas coagulantes, etc., para la elaboración de queso Danbo. Las especificaciones técnicas se detallan en el cuadro 3.6.

Cuadro 3.6: Especificaciones técnicas de la balanza analítica

Especificación	Detalle
Industria	Alemana
Marca	Sartorius
Capacidad	Máxima 200 g Mínima 0,001 g

Fuente: Elaboración propia

Ver Fotografía 5.5 de (Anexo 5).

3.2.2.3 CENTRÍFUGA

La centrífuga que se utilizó en el laboratorio de la empresa PIL TARIJA S.A. se utilizó para determinar la materia grasa tanto de la materia prima (leche pasteurizada) como del producto final (queso Danbo). Las especificaciones técnicas de este equipo de laboratorio se detallan en el cuadro 3.7.

Cuadro 3.7: Especificaciones técnicas de la centrífuga

Especificación	Detalle
Industria	Italiana
Marca	Funke Gerber
Capacidad	20 muestras

Fuente: Elaboración propia

Ver Fotografía 5.2 de (Anexo 5).

3.2.2.4 OTROS MATERIALES DE LABORATORIO

Para los distintos análisis y pruebas ejecutadas durante la elaboración de queso Danbo se utilizaron los materiales que se describen en el cuadro 3.8.

Cuadro 3.8: Material para análisis en laboratorio

Materiales	Capacidad	Tipo de material
Termómetro	Escala: -10 °C a 110 °C	Vidrio (bulbo de mercurio)
Agitador	Pequeño	Acero inoxidable
Probeta	1000 ml	Vidrio
Pipeta	▪ 10 ml ▪ 1 ml	Vidrio
Butirómetro para leche	Escala: 0 - 8%	Marca: Funke Gerber Industria: Italiana
Butirómetro para queso	Escala: 0 – 40 %	Marca: Funke Gerber Industria: Italiana
pH-metro	Escala: 0 – 14	Marca: HANNA Industria: Portugal
Lactómetro	Escala : 0 – 20 % Brix	Marca: Bertuzzi Industria: Italiana
Bureta de vidrio	Escala: 0 - 25 %	Marca: LMS Industria: Alemana
Vaso de precipitado	100 ml	Vidrio

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 MATERIALES COMPLEMENTARIOS

El material complementario empleado en el proceso de obtención de queso Danbo, se detallan en el cuadro 3.9.

Cuadro 3.9: Material complementario

Materiales	Cantidad	Capacidad/ Características	Tipo de material
Tacho	2	50 l	Aluminio
Agitador	1	Largo 140 cm Ancho de paleta 24 cm	Acero inoxidable
Jarra graduada	1	Plástico	1000 ml
Balde graduado	1	15 litros	Plástico
Agitador pequeño	1	Pequeño	Acero inoxidable
Cuchillo	1	Grande	Acero inoxidable
Liras	2	-lira vertical -lira horizontal	Acero inoxidable
Moldes	4	Rectangular (3,5 a 4 kg)	Plástico atoxico

Fuente: Elaboración propia

3.3 MATERIA PRIMA

La leche utilizada como materia prima fue de vaca, provista por el área de procesos de la planta procesadora de lácteos PIL TARIJA S.A., esta misma que es adquirida por la empresa de los productores del departamento de Tarija y sus distintos centros de acopio (Tarija Cancha Sud, Carachimayo, Oscar Alfaro, San Lorenzo, Erquis Sur, Sella Méndez, Rancho Norte, Rancho Sud, Bordo el Mollar, etc.). Misma leche que es estandarizada y pasteurizada según las necesidades del producto a elaborar.

3.4 INSUMOS

En el cuadro 3.10 se muestran los insumos que se utilizan en la elaboración de queso Danbo.

Cuadro 3.10: Insumos para la elaboración de queso Danbo

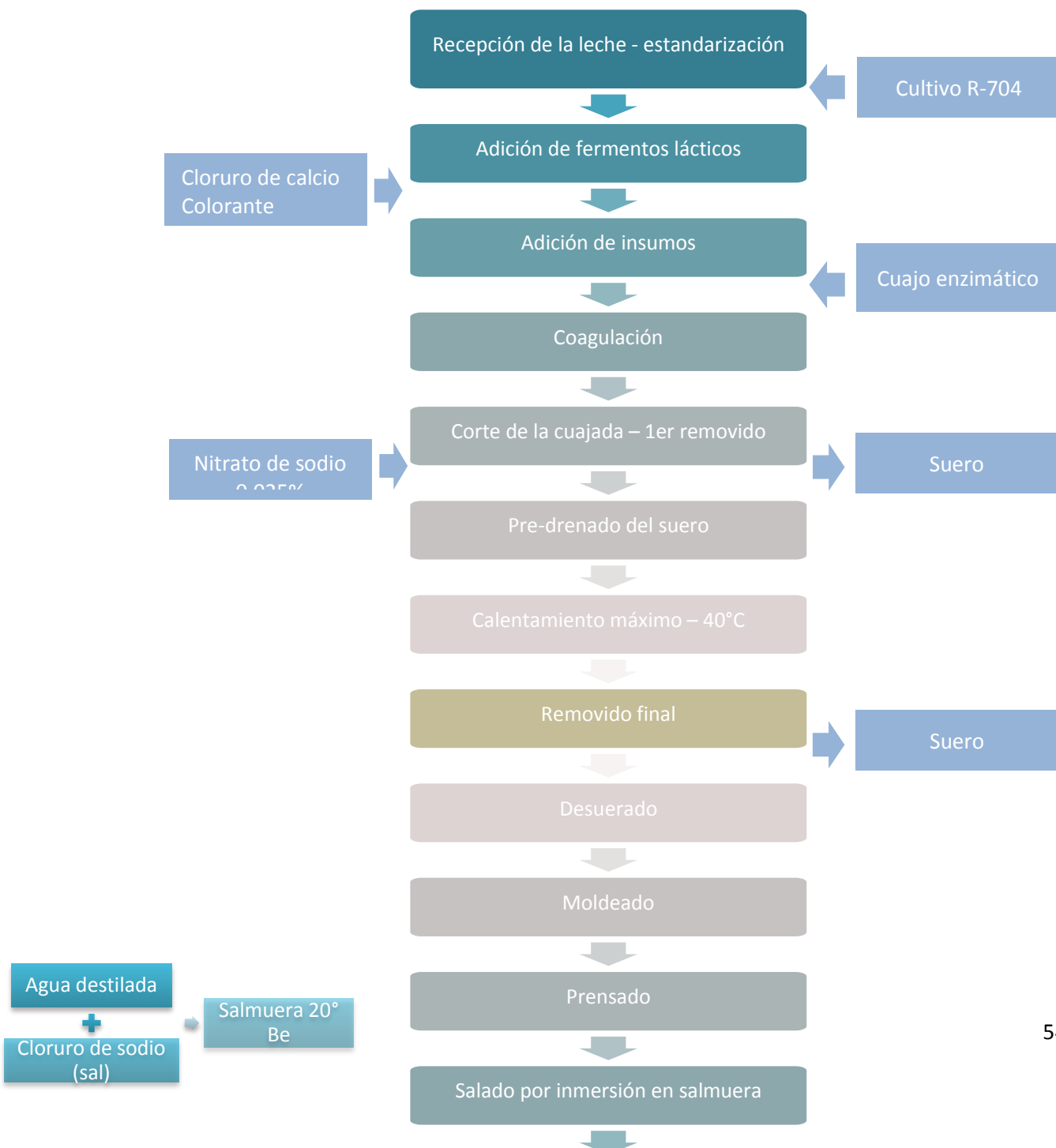
Producto	Procedencia
Cuajo o enzimas coagulantes	Laboratorio PIL TARIJA S.A.
Cultivo fermentativo	Importadora Columbia
Cloruro de calcio	Laboratorio PIL TARIJA S.A.
Nitrato de sodio	Laboratorio PIL TARIJA S.A.
Cloruro de sodio	Laboratorio PIL TARIJA S.A.
Colorante	Laboratorio PIL TARIJA S.A.

Fuente: Elaboración propia.

3.5 DIAGRAMA DEL PROCESO DE ELABORACIÓN DEL QUESO DANBO

Las diferentes etapas del proceso de elaboración del queso Danbo se exponen en el diagrama de flujo de la figura 3.1.

Figura 3.1 : Diagrama del proceso de elaboración del queso Danbo





3.5.1 RECEPCIÓN DE LECHE

A la planta industrializadora de leche PIL Tarija S.A. llega la leche de vaca proveniente de Fuente: Elaboración propia tamento ya mencionados con anterioridad.

La leche utilizada para el proceso de queso Danbo fue proporcionada por el área de procesos de la misma empresa.

El tratamiento térmico que recibió la leche fue en el pasteurizador de placas, este equipo es un intercambiador de calor por recuperación del mismo, este tratamiento tiene por objeto destruir la flora microbiana de la leche para queso y las patógenas sin modificar sus caracteres organolépticos, su composición y constitución.

La temperatura de pasteurización óptima para este tipo de queso es de 72 °C por un lapso muy corto de 15 segundos en una sola corrida en el pasteurizador a placas, ya que con estas características se evitan los problemas en la etapa de coagulación obteniendo un producto de buena calidad.

3.5.2 ESTANDARIZACIÓN

La estandarización de la leche se realizó en una descremadora centrífuga en la cual se eliminan impurezas y la separación de la materia grasa parcial o totalmente de la leche, esto es necesario puesto que en la elaboración de quesos, exige que la leche contenga una determinada cantidad de materia grasa en el queso dependiendo de la variedad del mismo.

El contenido de grasa óptimo de la leche de vaca para la elaboración de queso Danbo en el presente trabajo fue evaluado mediante 3 variaciones con el fin de obtener un producto de mejor calidad. Variando la materia grasa de la leche en un rango de 3,2 a 3,6%, dato que se obtuvo de forma experimental en el laboratorio de la empresa.

3.5.3 ADICIÓN DE FERMENTOS LÁCTICOS (PRE MADURACIÓN)

Antes de iniciar con la adición de insumos, se procede a atemperar la leche a 35 °C con el fin de obtener un ambiente óptimo para los microorganismos que se adicionan en la etapa de pre maduración.

Se adicionó el cultivo o fermento láctico con el propósito de ambientar a los microorganismos a nuevas condiciones del medio como temperatura y acidez, antes de la adición del cuajo.

Esta adición de cultivo a la leche se realizó en la tina quesera donde la temperatura permanece constante para mantener un equilibrio biológico de los microorganismos, la temperatura es controlada con un termómetro en contacto directo con la mezcla.

Se trabajó en las pruebas experimentales con un cultivo láctico para queso conteniendo *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* + *Lactococcus lactis* subsp. *Cremoris* (R-704, Hansen).

3.5.4 ADICIÓN DE INSUMOS

Los insumos utilizados en las pruebas realizadas fueron:

- **Cloruro de calcio:** Es adicionado a la leche con la finalidad de facilitar la coagulación, mejorar el rendimiento y acelerar la salida del suero.

En las pruebas realizadas se utilizó una solución estandarizada de cloruro de calcio al 40%, la dosis utilizada fue de 0,02% - 0,03% con relación a la leche en las pruebas efectuadas.

- **Colorante:** Se adiciona con la finalidad de proporcionar un aspecto atractivo a la masa del queso.

En las pruebas experimentales realizadas se utilizó un colorante en solución alcalina Achiote AWS-320. Para conocer el color óptimo se ejecutó distintas pruebas variando en el porcentaje de colorante, con el objetivo de llegar al color deseado.

Estas adiciones se realizaron en la tina quesera después de la adición del cultivo láctico, para una mejor difusión de los insumos en la tina, es agitado en forma manual por un espacio de 2 minutos sin formar olas grandes en la tina.

3.5.5 COAGULACIÓN

La coagulación es un proceso en el cual la leche pasa del estado líquido (suspensión) al estado sólido (gel) por precipitación de la caseína, formando un gel blando, el cuajo provoca la desestabilización de las micelas de la caseína, las mismas se unen formando una matriz continua constituida por pequeñas partículas mantenidas juntas.

La coagulación de la leche para la variedad de queso que se elabora en el presente trabajo se realizó en la tina quesera de doble camisa, para mantener la temperatura constante durante la coagulación, la misma se controló con un termómetro que está en contacto directo con la mezcla, para asegurar su homogénea distribución se agitó por un tiempo de 3 minutos aproximadamente.

En el proceso de coagulación de la leche para el tipo de queso producido se utilizó cuajo enzimático, las enzimas utilizadas son de origen animal como es la quimosina y pepsina obtenida del estómago de los terneros.

Las pruebas se realizaron con el cuajo enzimático *Tres muñecas- Hansen* en sachet de 1.5 gramos, las variables que se usaron en el diseño de experimento del presente trabajo de investigación fueron entre (0,002 – 0,003) % en las diferentes pruebas, con el fin de conocer el mejor producto obtenido con las pruebas ejecutadas.

3.5.6 CORTE DE LA CUAJADA – 1^{ER} REMOVIDO

Una vez transcurrido el tiempo necesario para la coagulación del queso, de 30 a 40 minutos se procede a verificar si es el momento adecuado para el corte de la siguiente manera; con el vástago de un termómetro se introduce en el coágulo para provocar su ruptura, un corte limpio y un suero de color amarillo verdoso indica que ha llegado el momento adecuado para el corte. Si este no es limpio y el suero de color blanquecino el coágulo es todavía blando, se debe esperar hasta que concluya el proceso de coagulación.

El corte de la cuajada se realizó con la finalidad de facilitar la evacuación del suero porque deja mayor superficie expuesta y favorece a la sinéresis, el corte debe hacerse de tal manera que no se desintegre los cubos de la cuajada, para evitar la pérdida de cuajada durante el desuerado.

Una vez lograda la consistencia adecuada se procedió al corte de la cuajada con la ayuda de una lira horizontal y otra vertical, de tal manera que la cuajada queda convertida en pequeños cubos de 2 cm.

Después del cortado es importante agitar por un espacio de 15 – 20 minutos para que los cubos no se unan entre ellos y para que exista una mejor precipitación de la cuajada. Para disminuir las pérdidas de cuajada la agitación inicial debe ser suave hasta que se haya eliminado la primera fracción de suero.

3.5.7 PRE DRENAJE DEL SUERO

Antes de realizar el primer desuerado se adiciona el nitrato de sodio en estado sólido al 0,025%.

Se realiza el pre drenaje del suero o pre desuerado con el fin de eliminar el ácido láctico de la cuajada y por tanto del queso, que se forma a partir de la lactosa por acción de las bacterias lácticas, cuanto más queda retenida, más rica en lactosa será la cuajada y más alta será la acidez del suero. Por esta razón manteniendo la cuajada con el tenor indispensable para producir una cantidad de ácido láctico suficiente, desmineralizar adecuadamente la cuajada y permitir su respectivo madurado.

En los ensayos realizados se eliminó parcialmente el suero en un 50% con relación al peso de la leche inicial para proceder al calentamiento de la cuajada.

3.5.8 CALENTAMIENTO

Una vez extraído un cierto porcentaje de suero, se efectuó el calentamiento de la cuajada a una temperatura de 40°C, proceso que ayuda a obtener un grano con mayor volumen, por efecto de la sinéresis.

3.5.9 REMOVIDO FINAL

Durante estos procesos de desuerado y calentamiento la agitación o removido de la masa se realizó de forma constante con una mayor velocidad, sin formar olas, hasta el momento final del desuerado.

3.5.10 DESUERADO

Con el fin de obtener una masa con la menor cantidad de suero posible, se procede al escurrido de la cuajada con la ayuda de un colador de acero inoxidable que permite el drenaje del suero quedando solo la masa de queso.

3.5.11 MOLDEADO

Se realizó un pre-prensado con el objeto de disminuir pérdidas operacionales de la masa, este proceso se realiza de la siguiente forma; después del desuerado la cuajada desciende rápidamente en el fondo de la tina, quedando por diferencia de densidad el resto del suero en la parte superior. Suero que es eliminado con el fin de amasar y posteriormente moldear la cuajada en los bloques respectivos.

3.5.12 PRENSADO

El prensado del queso se llevó a cabo en una prensadora vertical a una presión de 2.5 a 4,5 bar por el lapso de 6 horas. En este tiempo se elimina el suero restante del queso y se obtiene un bloque con las características deseadas. Esta operación se realiza a temperatura ambiente en la sala de quesos.

3.5.13 SALADO POR INMERSIÓN EN SALMUERA

La inmersión en salmuera se realizó 24 horas después del prensado del molde de queso, una vez transcurrido ese tiempo, se sumergió el queso en fracciones de más o menos 400 gramos en la solución de salmuera a 20° Baume con un pH de 5,2, por un lapso de 6 horas para que absorba adecuadamente hasta el centro de cada bloque.

Para analizar y a la vez encontrar la mejor alternativa de salado del queso, también se ejecutaron pruebas de salado del queso en forma directa a la masa del queso, antes de ser moldeado y prensado.

Los resultados obtenidos reflejaron que la absorción adecuada y de mejores resultados en cuanto a las preferencias de la población, fueron la de salado directo.

3.5.14 ENVASADO

El envasado del producto se realizó a las 24 horas del oreado de los bloques en cámara de frío a 10 °C de temperatura.

Este proceso se llevó a cabo con el uso de bolsas de Cryovac termo contraíbles, con la ayuda de la envasadora al vacío y posteriormente la inmersión de los mismos en la tina de sellado.

3.5.15 MADURADO Y ALMACENADO

Para la correcta maduración se debe ingresar a los quesos ya envasados a la cámara de queso, llamada también cámara de verdeo, donde en condiciones adecuadas se conserva y a la vez se efectúa la correcta maduración del queso en un lapso no menor de 25 días.

3.6 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA OBTENCIÓN DE RESULTADOS

La metodología que se utiliza para obtener los resultados experimentales se detalla a continuación:

3.6.1 CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LA MATERIA PRIMA

Para realizar la caracterización de la materia prima (leche de vaca), se considera dos parámetros importantes:

- Físicoquímicos
- Microbiológicos

3.6.1.1 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DE LA MATERIA PRIMA (LECHE PASTEURIZADA)

Con la finalidad de determinar las características físicoquímicas de la materia prima se realizaron los análisis que se nombra en el cuadro 3.11.

Cuadro 3.11: Parámetros físicoquímicos a determinar en la leche de vaca pasteurizada

Parámetro	Técnica	Unidad
-----------	---------	--------

Acidez (como ácido Láctico)	NB 229-98	%
Cenizas	NB 33034-10	%
Densidad relativa	NB 230-99	
Fibra	Gravimetría	%
Hidratos de carbono	Cálculo	%
Humedad	NB 231:1-98	%
Materia grasa	BABCOCK	%
PH (20°C)	SM 4500-H-B	
Proteína total (Nx6,38)	NB/ISO 8968-1:08	%
Sólidos no grasos	Cálculo	%
Sólidos totales	NB 231:1-98	%

Fuente: CEANID, 2016

Los análisis fueron realizados en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

3.6.1.2 PROPIEDADES MICROBIOLÓGICAS DE LA MATERIA PRIMA (LECHE PASTEURIZADA)

En el cuadro 3.12, se describen los principales parámetros analizados para la caracterización microbiológica de la leche pasteurizada, que se realizaron en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

Cuadro 3.12: Parámetros microbiológicos de la leche de vaca pasteurizada

Parámetro	Técnica	Unidad
Coliformes totales	NB 32005-02	UFC/ml
Coliformes fecales	NB 32005-02	UFC/ml

Fuente: CEANID, 2016

3.7 MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE MUESTRA PATRÓN PARA QUESO DANBO

En vista de que en el mercado nacional se cuenta con distintas marcas de Queso Danbo, se optó por adquirir distintas muestras para exponerlas a un panel degustativo que según sus características organolépticas de cada queso, escojan el de su mayor agrado, para tomarlo como muestra patrón en el trabajo de investigación.

Para dicha evaluación se preparó cuatro muestras evaluadas por un test elaborado exclusivamente para quesos con una escala de 5 puntos; con el propósito de evaluar los siguientes atributos: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad.

3.8 CARACTERIZACIÓN DE LAS VARIABLES DEL PROCESO PARA OBTENCIÓN DE QUESO DANBO

Para realizar la caracterización de las variables del proceso de elaboración de queso Danbo se debe tomar en cuenta lo siguiente:

3.8.1 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los métodos de diseño experimental tienen amplia aplicación en muchas disciplinas. En efecto, es posible considerar a la experimentación parte del proceso científico y una de las formas en que aprenderemos acerca de la forma en que funcionan los sistemas o procesos. Por lo general este aprendizaje se da a través de una serie de actividades en las cuales hacemos conjeturas acerca de un proceso, realizamos experimentos para generar datos a partir de un proceso, entonces usamos la información del experimento para establecer nuevas conjeturas, que llevan a realizar nuevos experimentos y así sucesivamente (Montgomery, 1991).

Según (Montgomery, 1991), el diseño experimental es un medio de importancia crítica en el medio de ingeniería para mejorar el rendimiento de un proceso de manufactura. También se emplea extensamente en el desarrollo de nuevos procesos. La aplicación de técnicas de diseño experimental es una fase temprana del desarrollo de un proceso puede dar por resultado:

- Mejorar el rendimiento del proceso
- Menor viabilidad y mayor apego a los requerimientos normales u objetivo
- Menor tiempo de desarrollo
- Menores costos globales

3.8.1.1 DISEÑO FACTORIAL

Muchos experimentos se llevan a cabo para estudiar los efectos producidos por dos o más factores. Puede mostrarse que en general los diseños factoriales son los más eficientes para este tipo de experimentos. Por diseño factorial se entiende aquel en el que se investigan todas las posibles combinaciones de los niveles de los factores en cada ensayo completo o réplicas del experimento (Montgomery, 1991).

El diseño factorial 2^k es particularmente útil en las primeras fases del trabajo experimental, cuando es probable que haya mucho factores por investigar. Conlleva el menor número de corridas con las cuales puede estudiarse k factores en un diseño factorial completo. Debido a que solo hay dos niveles para cada factor (Montgomery, 1991).

La fórmula de diseño factorial según (Montgomery, 1991), con dos niveles de variación para cada factor, se muestra en la ecuación 3.1 :

$$2^k$$

Ecuación 3.1

Dónde:

2 = número de niveles

k = número de variables

3.8.1.2 DISEÑO FACTORIAL 2^2 EN LA ETAPA DE COAGULACIÓN: SELECCIÓN DE VARIABLES

Para efectuar el diseño experimental en la etapa de coagulación del proceso de obtención de queso Danbo, se utilizó la *ecuación 3.1*, cuyo diseño corresponde:

$$2^2 = 2 \times 2 = 4 \text{ corridas}$$

Se seleccionaron los factores o variables independientes del experimento que tiene importancia en la coagulación durante el proceso de producción de queso Danbo; variables que se precisa conocer su valor de significancia sobre el factor maduración que se detallan en la tabla 3.1.

Tabla 3.1: Niveles de variación de cada factor

Variables	Nivel de variación
Cantidad de cuajo (A)	2 niveles de variación
Cantidad de cloruro cálcico (B)	2 niveles de variación

Fuente: Elaboración propia.

Cantidad de cuajo (A)

Según la ficha técnica del cuajo “Tres Muñecas”, en el presente trabajo para determinar la óptima coagulación de 50 l de leche, los niveles escogidos para esta variable son:

$$0,003\% = 1,5 \text{ g}$$

$$0,004\% = 2.0 \text{ g}$$

Cantidad de cloruro de calcio (B)

Es adicionado a la leche con la finalidad de facilitar la coagulación, mejorar el rendimiento y acelerar la salida del suero.

En las pruebas realizadas se utilizó una solución estandarizada de cloruro de calcio al 40%, los niveles de dosificación utilizados en el experimento son:

$$0,02\% = 10 \text{ ml}$$

$$0,03\% = 15 \text{ ml}$$

En la tabla 3.2 se muestra los niveles de variación de los factores, aplicados en la etapa de coagulación, conformado por dos variables: cantidad de cuajo y cantidad de cloruro de calcio.

Tabla 3.2: Variables utilizadas en la etapa de coagulación para la obtención de queso Danbo

Tratamiento	Cantidad de cuajo (%)	Cantidad de cloruro cálcico (%)
1	0,003	0,02
2	0,004	0,02
3	0,003	0,03
4	0,004	0,03

Fuente: Elaboración propia

La matriz del diseño experimental aplicado en la etapa de coagulación para la obtención de queso Danbo, conformada con dos variables (cantidad de cuajo y cantidad cloruro cálcico), se detalla en la tabla 3.3.

Tabla 3.3: Matriz del diseño factorial para la etapa de coagulación de queso Danbo

Corridas	Combinación de tratamientos	Variables		Interacciones	Total
		A	B	AB	Y_j
1	(1)	-	-	+	Y_1
2	a	+	-	-	Y_2
3	b	-	+	-	Y_3
4	ab	+	+	+	Y_4

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

A = cantidad de cuajo

B = cantidad de cloruro cálcico

Y_j = Variación de acidez (% ácido Láctico) y pH, son la variable respuesta en distintos tiempos de la maduración del queso.

3.8.2 EVALUACIÓN SENSORIAL

La evaluación sensorial de los alimentos se constituye en la actualidad como una de las más importantes herramientas para el logro del mejor desenvolvimiento de las actividades de la industria alimentaria (Ureña, 1999).

Como disciplina científica es usada para medir, analizar e interpretar las sensaciones producidas por las operaciones sensoriales de los alimentos y otros materiales, y que son percibidas por los sentidos de la vista, olfato, gusto, tacto y oído (Ureña, 1999).

Está constituida por dos procesos definidos según su función:

- ✓ Análisis sensorial
- ✓ Análisis estadístico

Mediante el primero se obtienen las operaciones de los jueces a manera de datos que serán posteriormente transformados y valorados por el segundo dándoles con ello la objetividad deseada.

El análisis sensorial puede ser definido como el método experimental mediante el cual los jueces perciben y califican, caracterizando o midiendo las propiedades sensoriales de muestras adecuadamente presentadas, bajo condiciones ambientales preestablecidas y bajo un patrón la evaluación acorde al posterior análisis estadístico(Ureña, 1999).

Según (Ureña, 1999), los test de evaluación sensorial se pueden agrupar en dos categorías:

- ✓ Métodos de respuestas objetivas
- ✓ Métodos de respuestas subjetivas

□ **Métodos de respuestas objetivas;** Como su nombre lo dice, cada juez realiza en forma objetiva la evaluación del producto. Para esto, el juez debe haber pasado por las etapas de selección y entrenamiento en las técnicas de degustación y tener un conocimiento completo de las características del producto, incluyendo los olores y sabores extraños que puede presentar. Con la etapa de entrenamiento se trata de conseguir que los jueces sean conscientes en sus respuestas, esto quiere decir que tengan una respuesta igual frente a un mismo estímulo.

□ **Métodos e respuestas subjetivas;** En este tipo de test, responde emocionalmente en la evaluación del producto y no requiere d un entrenamiento previo. Estos test determinan la preferencia o aceptabilidad de un producto, en que los panelistas representan el público consumidor para predecir el impacto que causara el producto en la población.

Los análisis sensoriales realizados en el presente trabajo, se basaron en el método de respuesta subjetiva, es decir se elaboraron pruebas adónicas de acuerdo a las necesidades y respuestas que se quería obtener durante las siguientes etapas del proceso de elaboración del queso Danbo.

3.8.2.1 DETERMINACIÓN DE LOS ATRIBUTOS SENSORIALES EN QUESO DANBO

Para dicha evaluación se preparó cuatro muestras según el diseño experimental planteado para la etapa de coagulación, las cuales se presentaron a 20 jueces no entrenados, según un test (Anexo 1.B) de varianza elaborado especialmente para la fabricación de quesos con 5 puntos; esto con el propósito de evaluar los atributos: sabor, olor, textura y aceptabilidad.

3.9 DETERMINACIÓN DEL COLOR EN EL PRODUCTO FINAL

Para proporcionar un aspecto más atractivo a la masa del queso, se realizaron tres muestras, haciendo variar la cantidad de colorante para quesos, con el fin de conocer el color apropiado del queso Danbo a elaborar en la empresa, parámetro que fue determinado mediante la evaluación sensorial tomando como referencia el color de la muestra patrón. Para ello se presentó ante un panel degustativo conformado por 20 jueces no entrenados un test adjunto en (Anexo 1.C).

3.10 CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL PRODUCTO FINAL

Las características del producto final han sido realizadas en base a dos parámetros importantes:

- Físicoquímico
- Microbiológico

3.10.1 PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL PRODUCTO FINAL

En el cuadro 3.13, se da a conocer los principales parámetros analizados para la caracterización físicoquímica del producto final (Queso Danbo), que han sido realizados en el laboratorio de la empresa PIL TARIJA S.A.

Cuadro 3.13: Parámetros fisicoquímicos a conocer en el producto final - queso Danbo

Parámetro	Técnica	Unidad
Humedad	NB 231:1-98	%
Materia seca	NB 231:1-98	%
Materia grasa (base seca)	BABCOCK	%
Acidez (% ácido Láctico)	Titulación con (NaOH)	%
Cloruro de sodio (contenido de sal)	NB 33011:04	%

Fuente: CEANID, 2016

3.10.2 PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS DEL PRODUCTO FINAL

En el cuadro 3.14, se describen los principales parámetros analizados con la caracterización microbiológica del producto final (queso Danbo), que fueron realizados en el Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (CEANID), perteneciente a la Universidad Autónoma “Juan Misael Saracho”.

Cuadro 3.14: Características microbiológicas del queso Danbo

Parámetros	Técnica	Unidad
Coliformes totales	NB 32005-02	UFC/g
Staphilococcus aureus	NB 32005-02	UFC/g
Salmonella	NB 32005-02	P/A/ 25 g

Fuente: CEANID, 2016

3.10.3 EVALUACIÓN SENSORIAL DEL PRODUCTO TERMINADO “QUESO DANBO”

Para la evaluación sensorial del producto final, se elaboró una muestra mejorada de acuerdo a las anteriores evaluaciones sensoriales, dicha muestra se presentó a 20 jueces no entrenados, según el test (ANEXO 1.D) de varianza de 5 puntos, con el propósito de evaluar los siguientes atributos: sabor, olor, textura color y aceptabilidad.

4.1 CARACTERIZACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

La leche fluida pasteurizada de vaca, empleada en el presente trabajo se analizó de manera fisicoquímica y microbiológica.

4.1.1 CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS DE LA LECHE PASTEURIZADA

Para establecer las características fisicoquímicas de la leche pasteurizada que se utilizó en la elaboración de queso Danbo se tomó la muestra al azar de la cual se determinó los parámetros que se muestran en la tabla 4.1.

Tabla 4.1: Características fisicoquímicas de la leche

Parámetros	Unidad	Resultados
------------	--------	------------

Acidez (% ácido láctico)	%	0,110
Cenizas	%	0,400
Densidad relativa	g/ml	1,023
Fibra	%	-
Hidratos de carbono	%	3,440
Humedad	%	89,980
Materia grasa	%	2,900
pH (20°C)		6,880
Proteína total (Nx6,38)	%	3,280
Sólidos no grasos	%	7,120
Sólidos totales	%	10,020

Fuente: “CEANID”, 2016.

Como se puede observar en la tabla 4.1, la leche pasteurizada tiene un contenido de materia grasa del 2,9%, dato que fue corregido mediante un balance de materia hasta llegar al porcentaje óptimo de este parámetro para la elaboración apropiada de queso Danbo. Los demás parámetros fisicoquímicos se encuentran en el rango permitido según la norma boliviana NB 0064-09 (IBNORCA), por lo que se determinó a la leche pasteurizada como óptimo producto para el procesamiento de queso Danbo.

4.1.2 CARACTERÍSTICAS MICROBIOLÓGICAS DE LA LECHE PASTEURIZADA

El análisis microbiológico de la leche utilizada como materia prima en la elaboración de queso Danbo fue realizado en el laboratorio CEANID y los resultados arrojados se muestran en la Tabla 4.2.

Tabla 4.2: Características microbiológicas de la leche

Parámetros	Unidad	Resultado
Coliformes fecales	UFC/ml	<10*
Coliformes totales	UFC/ml	<10*

Fuente: “CEANID”, 2016.

(*) = no se observa desarrollo de colonias

Como se puede verificar en la tabla 4.2, la materia prima no presentó contaminación tanto de Coliformes fecales y Coliformes totales. Por lo tanto se asumió que la leche pasteurizada es apta para la elaboración de queso Danbo.

4.2 DETERMINACIÓN DE MUESTRA PATRÓN DE QUESO DANBO

En vista de que en el mercado local no contamos con varias marcas de queso Danbo, siendo limitados por solo dos de ellas, se vió la necesidad de adquirir cuatro muestras de queso Danbo de distintas procedencias, con el objetivo de elegir una de ellas y así asemejarse a los parámetros escogidos por el panel degustador.

Para dicha evaluación se preparó las cuatro muestras;

MP₁ = PIL Andina - Bolivia

MP₂ = San Cor - Argentina

MP₃ = San Javier - Bolivia

MP₄ = La Paulina - Argentina

Las que se presentaron a veinticinco jueces no entrenados, según un test (ANEXO 1.A) elaborado exclusivamente para quesos con una escala de 5 puntos; con el propósito de evaluar los siguientes atributos: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad.

4.2.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO COLOR

En la tabla 4.3, se muestran los resultados obtenidos de la tabla 3.A-1 (ANEXO 3.A) para el atributo color, en selección de muestra patrón de queso Danbo para el trabajo de investigación.

Tabla 4.3: Evaluación sensorial para el atributo color de la selección de muestra patrón

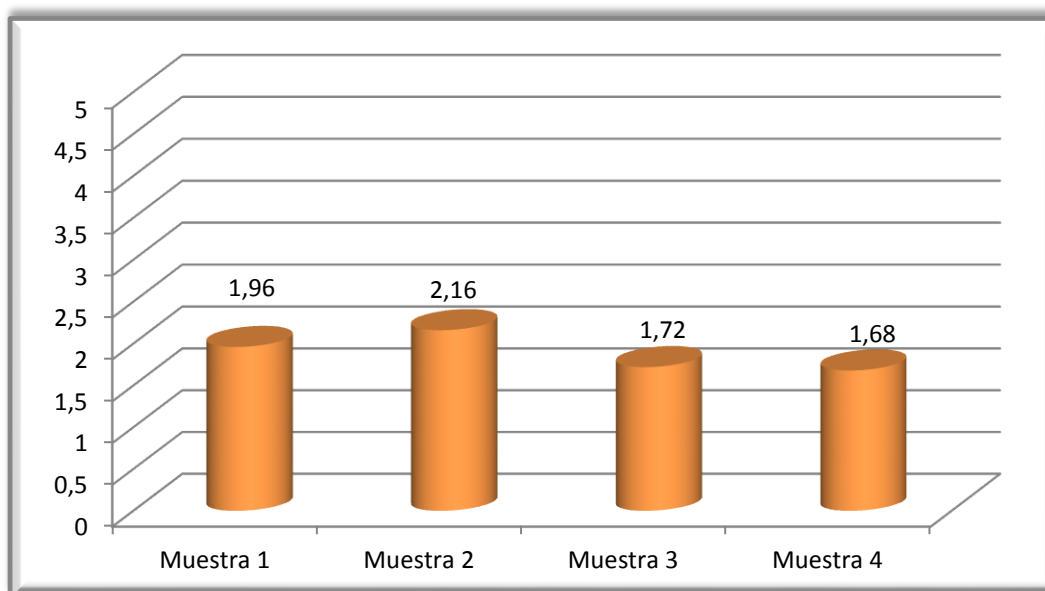
Jueces	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Total (Yi)
1	1	2	1	1	5
2	2	3	1	4	10
3	1	2	1	3	7
4	3	1	2	1	7
5	1	2	2	3	8
6	1	2	3	3	9
7	3	3	2	1	9
8	2	2	1	1	6
9	2	3	2	1	8
10	2	3	1	2	8
11	2	1	2	2	7
12	2	2	2	1	7
13	1	1	1	1	4
14	2	2	1	1	6

15	1	2	2	2	7
16	2	2	1	1	6
17	3	3	2	1	9
18	2	2	2	1	7
19	3	3	3	3	12
20	3	2	1	2	8
21	2	1	3	1	7
22	1	4	3	1	9
23	4	2	1	3	10
24	2	2	2	1	7
25	1	2	1	1	5
Media	1,96	2,16	1,72	1,68	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.1, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial, obtenidos en la tabla 4.3, para el atributo color.

Figura 4.1: Promedio para el atributo color



Fuente: Elaboración propia

La escala de clasificación del atributo color se evaluó de, muy intenso a muy opaco, gradualmente del 1 al 5 de forma correspondiente.

Como se logra observar en la figura 4.1, las muestras 3 y 4 se caracterizaron por presentar una leve diferencia en la intensidad del color con relación a las muestras 1 y 2 sin embargo cabe recalcar que la variación entre las muestras es mínima.

4.2.1.1 PRUEBA ESTADÍSTICA PARA EL ATRIBUTO COLOR

En la tabla 4.4, se muestra el análisis de varianza para el atributo color de los datos extraídos de la Tabla 3.A-3. (Anexo 3.A)

Tabla 4.4: Análisis de varianza del atributo color para determinar la muestra patrón

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F (CAL)	F (TAB)
Total	68,56	99			
Muestras (A)	3,76	3	1,25	2,05	4,074
Jueces (B)	19,06	24	0,79	1,29	2,067
Error (E)	45,74	72	0,61		

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.4, $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,05 < 4,074$), para los tratamientos (muestras). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, es decir no existe diferencia significativa de variación entre los promedios de las muestras.

Ocurre lo mismo en el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,29 < 2,067$). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, es decir no existe diferencia significativa de variación entre los veinticinco jueces para un $\alpha > 0,01$.

4.2.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO OLOR

En la tabla 4.5, se muestran los resultados obtenidos en la tabla 3.A-4. (Anexo 3.A) para el atributo olor en determinación de muestra patrón de queso Danbo.

Tabla 4.5: Evaluación sensorial para el atributo olor de la selección de muestra patrón

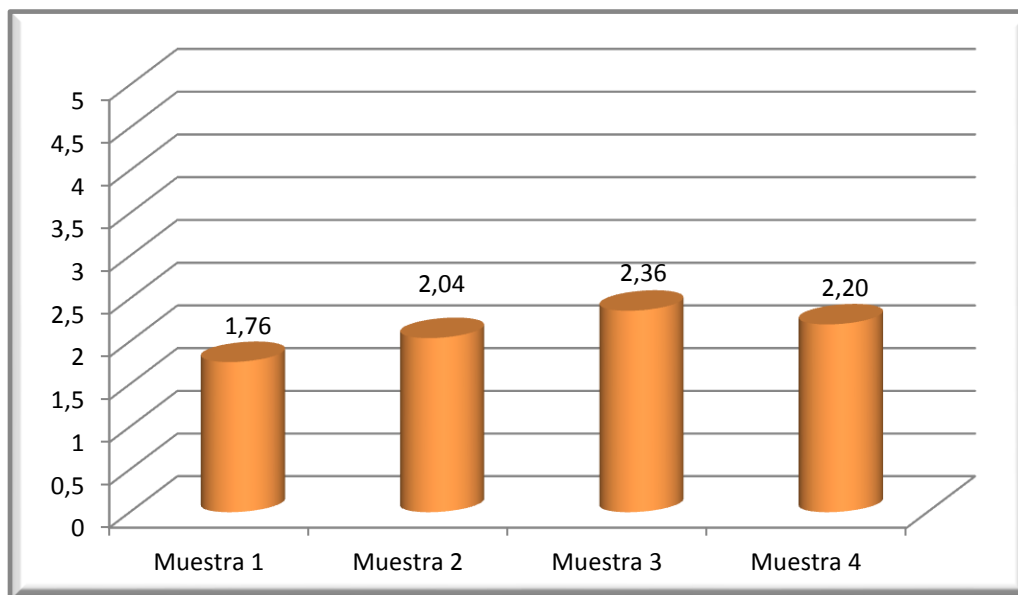
Jueces	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Total (Yi)
1	1	2	3	1	7
2	2	3	1	2	8
3	2	2	3	3	10
4	1	2	3	3	9
5	2	1	4	4	11
6	1	2	4	4	11
7	1	2	3	2	8
8	3	2	2	3	10
9	1	1	3	2	7
10	2	3	1	2	8
11	1	2	2	1	6
12	1	2	3	3	9
13	3	3	3	3	12
14	1	1	2	2	6
15	1	2	2	2	7
16	1	1	1	1	4
17	2	2	3	1	8
18	3	3	3	3	12
19	2	2	1	1	6
20	3	1	2	3	9
21	2	1	3	1	7
22	2	3	3	2	10

23	3	4	1	3	11
24	2	3	2	1	8
25	1	1	1	2	5
Media	1,76	2,04	2,36	2,20	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.2, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial, obtenidos en la tabla 4.5, para el atributo olor.

Figura 4.2: Promedio para el atributo olor



Fuente: Elaboración propia

La escala de clasificación del atributo olor se evaluó de, agrada mucho a desagrada mucho, gradualmente del 1 al 5 de forma correspondiente.

Como se puede observar en la figura 4.2, la muestra 1 fue la que presentó mayor aceptación por los jueces para el atributo olor, seguido de las muestras 2 y 4. La muestra que presentó

menor aceptación fue la 3, sin embargo cabe recalcar que la variación entre las muestras es mínima.

4.2.2.1 PRUEBA ESTADÍSTICA PARA EL ATRIBUTO OLOR

En la tabla 4.6, se muestra el análisis de varianza para el atributo color de los datos extraídos de la Tabla 3.A-6 (Anexo 3.A).

Tabla 4.6: Análisis de varianza del atributo olor para determinar la muestra patrón

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F (CAL)	F (TAB)
Total	80,19	99			
Muestras (A)	4,91	3	1,67	2,74	4,074
Jueces (B)	27,94	24	1,16	1,84	2,067
Error (E)	47,34	72	0,63		

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.6, $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,74 < 4,074$), para los tratamientos (muestras). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, es decir no existe diferencia significativa de variación entre los promedios de las muestras.

Ocurre lo mismo en el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,84 < 2,067$). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, es decir no existe diferencia significativa de variación entre los veinticinco jueces para un $\alpha > 0,01$.

4.2.3 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO SABOR

En la tabla 4.7, se muestran los resultados obtenidos en la tabla 3.A-7. (Anexo 3.A) para el atributo sabor en determinación de muestra patrón en queso Danbo.

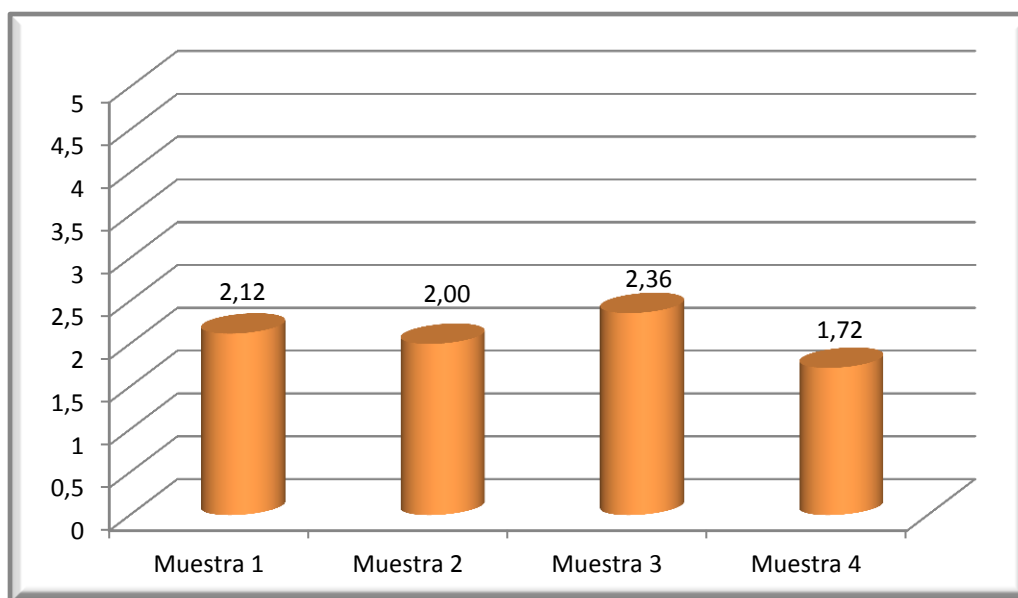
Tabla 4.7: Evaluación sensorial para el atributo sabor de la selección de muestra patrón

Jueces	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Total (Yi)
1	2	2	4	1	9
2	1	2	2	3	8
3	2	2	3	3	10
4	2	2	3	1	8
5	4	1	3	2	10
6	1	2	4	3	10
7	2	4	3	1	10
8	3	4	2	3	12
9	3	1	2	1	7
10	3	2	2	3	10
11	2	1	2	1	6
12	2	4	2	3	11
13	2	2	1	1	6
14	1	1	4	2	8
15	1	1	2	2	6
16	2	2	1	1	6
17	2	2	2	1	7
18	3	2	2	1	8
19	2	3	2	1	8
20	2	1	3	3	9
21	2	1	3	1	7
22	1	1	4	1	7
23	3	2	1	1	7
24	4	3	1	2	10
25	1	2	1	1	5
Media	2,12	2,00	2,36	1,72	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.3, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial, obtenidos en la tabla 4.7, para el atributo sabor.

Figura 4.3: Promedio para el atributo sabor



Fuente: Elaboración propia

La escala de clasificación del atributo sabor se evaluó de, agrada mucho a desagrada mucho, gradualmente del 1 al 5 de forma correspondiente.

Como se puede observar en la figura 4.3, las muestras 4 fue la que presentó mayor aceptación por los jueces para el atributo sabor, seguido de la muestra 1 y 2. La muestra que presentó menor aceptación fue la 3, sin embargo cabe recalcar que la variación entre las muestras es mínima.

4.2.3.1 PRUEBA ESTADÍSTICA PARA EL ATRIBUTO SABOR

En la tabla 4.8, se muestra el análisis de varianza para el atributo sabor de los datos extraídos de la Tabla 3.A-9. (Anexo 3.A)

Tabla 4.8: Análisis de varianza del atributo sabor para determinar la muestra patrón

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F (CAL)	F (TAB)
Total	92,75	99			
Muestras (A)	5,31	3	1,77	1,97	4,074
Jueces (B)	20,00	24	0,83	0,92	2,067
Error (E)	67,44	72	0,90		

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.8, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,97 < 4,074$), para los tratamientos (muestras). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, es decir no existe diferencia significativa de variación entre los promedios de las muestras.

Ocurre lo mismo en el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,92 < 2,067$). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, es decir no existe diferencia significativa de variación entre los veinticinco jueces para un $\alpha > 0,01$.

4.2.4 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA EL ATRIBUTO TEXTURA

En la tabla 4.9, se muestran los resultados obtenidos en la tabla 3.A-10. (Anexo 3.A) para el atributo textura en determinación de muestra patrón de queso Danbo.

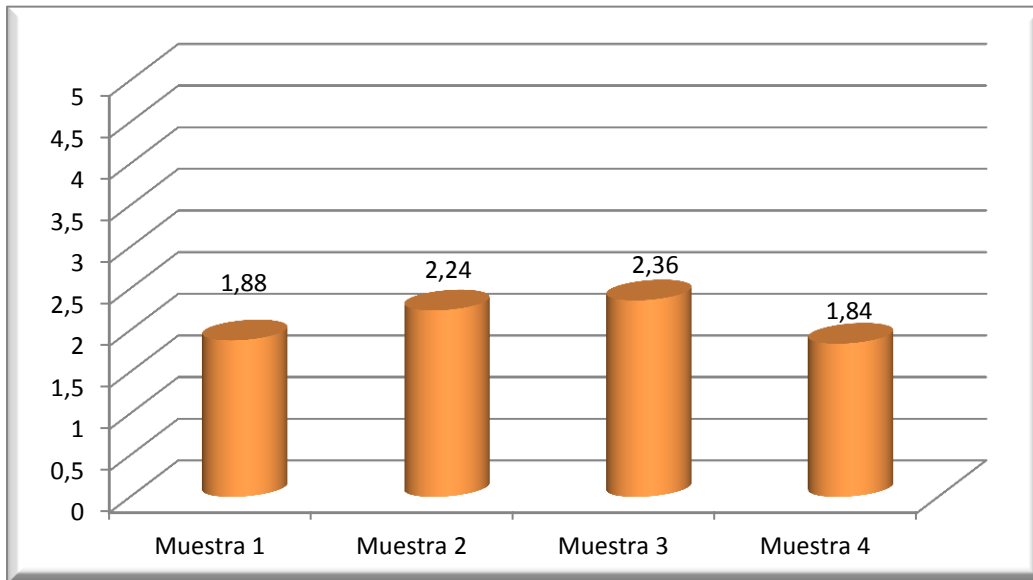
Tabla 4.9: Evaluación sensorial para el atributo textura de la selección de muestra patrón

Jueces	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Total (Yi)
1	1	2	2	2	7
2	1	3	3	2	9
3	1	3	1	3	8
4	1	2	4	2	9
5	1	3	4	2	10
6	1	4	3	2	10
7	3	4	2	1	10
8	2	2	2	3	9
9	3	2	1	2	8
10	2	3	1	2	8
11	1	1	2	2	6
12	3	4	2	3	12
13	1	1	1	1	4
14	1	1	4	2	8
15	1	1	3	2	7
16	2	2	4	1	9
17	3	3	2	1	9
18	2	1	2	1	6
19	4	4	2	3	13
20	2	1	3	3	9
21	2	1	4	1	8
22	1	1	4	1	7
23	3	2	1	1	7
24	4	3	1	2	10
25	1	2	1	1	5
Media	1,88	2,24	2,36	1,84	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.4, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial, obtenidos en la tabla 4.9, para el atributo textura.

Figura 4.4: Promedio para el atributo textura



Fuente: Elaboración propia

La escala de clasificación del atributo textura se evaluó de, agrada mucho a desagrada mucho, gradualmente del 1 al 5 de forma correspondiente.

Como se puede observar en la figura 4.4, las muestras 1 y 4 fueron las que presentaron mayor aceptación por los jueces para el atributo textura. Las muestras 2 y 3 presentaron menor aceptación que las demás, sin embargo cabe recalcar que la variación entre las muestras es mínima.

4.2.4.1 PRUEBA ESTADÍSTICA PARA EL ATRIBUTO TEXTURA

En la tabla 4.10, se muestra el análisis de varianza para el atributo sabor de los datos extraídos de la Tabla 3.A-12. (Anexo 3.A)

Tabla 4.10: Análisis de varianza del atributo textura para determinar la muestra patrón

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F (CAL)	F (TAB)
Total	103,36	99			
Muestras (A)	5,04	3	1,68	1,70	4,074
Jueces (B)	24,36	24	1,02	1,02	2,067
Error (E)	73,96	72	0,99		

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.10, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,70 < 4,074$), para los tratamientos (muestras). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, es decir no existe diferencia significativa de variación entre los promedios de las muestras.

Ocurre lo mismo en el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,02 < 2,067$). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, es decir no existe diferencia significativa de variación entre los veinticinco jueces para un $\alpha > 0,01$.

4.2.5 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA ACEPTABILIDAD

En la tabla 4.11, se muestran los resultados obtenidos en la tabla 3.A-13. (Anexo 3.A) para la aceptabilidad en determinación de patrón en Queso Danbo.

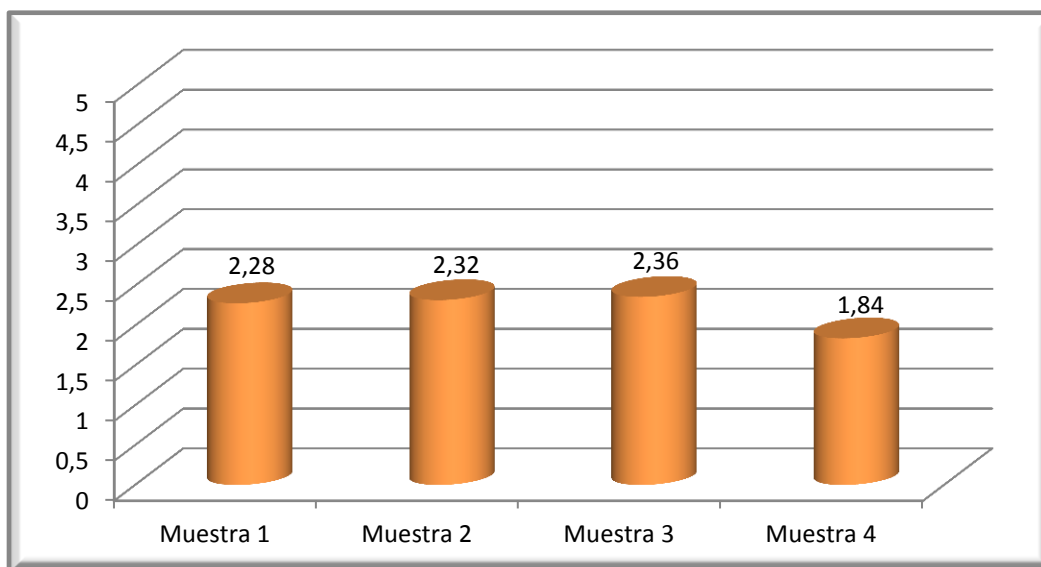
Tabla 4.11: Evaluación sensorial para la aceptabilidad de la selección de muestra patrón

Jueces	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Total (Yi)
1	1	4	2	2	9
2	2	3	3	2	10
3	2	3	1	3	9
4	3	2	4	2	11
5	4	3	4	2	13
6	1	4	3	2	10
7	3	4	2	1	10
8	3	2	2	3	10
9	2	2	1	2	7
10	3	3	1	2	9
11	2	1	2	2	7
12	3	4	2	3	12
13	2	1	1	1	5
14	1	1	4	2	8
15	1	1	3	2	7
16	2	2	4	1	9
17	2	3	2	1	8
18	3	1	2	1	7
19	4	4	2	3	13
20	2	1	3	3	9
21	3	1	4	1	9
22	3	1	4	1	9
23	2	2	1	1	6
24	2	3	1	2	8
25	1	2	1	1	5
Media	2,28	2,32	2,36	1,84	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.5, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial, obtenidos en la tabla 4.11, para la aceptabilidad.

Figura 4.5: Promedio para la aceptabilidad



Fuente: Elaboración propia

La escala de clasificación de la aceptabilidad se evaluó de, muy aceptable a muy inaceptable , gradualmente del 1 al 5 de forma correspondiente.

Como se puede observar en la figura 4.5 la muestra 4 fue la que presentó mayor aceptación por los jueces del panel degustativo. Las muestras 1, 2 y 3 presentaron menor aceptación que la anterior sin embargo cabe recalcar que la variación entre las muestras es mínima.

4.2.5.1 PRUEBA ESTADÍSTICA PARA LA ACEPTABILIDAD

En la tabla 4.12, se muestra el análisis de varianza para la aceptabilidad de los datos extraídos de la Tabla 3.A-15. (Anexo 3.A)

Tabla 4.12: Análisis de varianza de la aceptabilidad para determinar la muestra patrón

Fuente de	Suma de	Grados de	Cuadrados	F	F
-----------	---------	-----------	-----------	---	---

variación (FV)	cuadrados (SC)	libertad (GL)	medios (CM)	(CAL)	(TAB)
Total	91,39	99			
Muestras (A)	4,83	3	1,61	1,89	4,074
Jueces (B)	22,64	24	0,94	1,10	2,067
Error (E)	63,92	72	0,85		

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.12, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,89 < 4,074$), para los tratamientos (muestras). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, es decir no existe diferencia significativa de variación entre los promedios de las muestras.

Ocurre lo mismo en el caso de los jueces, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,10 < 2,067$). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, es decir no existe diferencia significativa de variación entre los veinticinco jueces para un $\alpha > 0,01$.

Valores promedios del análisis sensorial para selección de queso Danbo patrón

Los valores promedios del análisis sensorial para seleccionar el queso patrón se ven reflejados en conjunto en la tabla 4.13 que se expone a continuación.

Tabla 4.13: Valores promedios del análisis sensorial para seleccionar de muestra patrón de queso Danbo

Muestras	Atributos Sensoriales				Aceptabilidad
	Color	Olor	Sabor	Textura	
MP₁	1,96	1,76	2,12	1,88	2,28
MP₂	2,16	2,04	2,00	2,24	2,32
MP₃	1,72	2,36	2,36	2,36	2,36
MP₄	1,68	2,20	1,72	1,84	1,84

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

MP₁ = PIL Andina

MP₂ = San Cor

MP₃ = San Javier

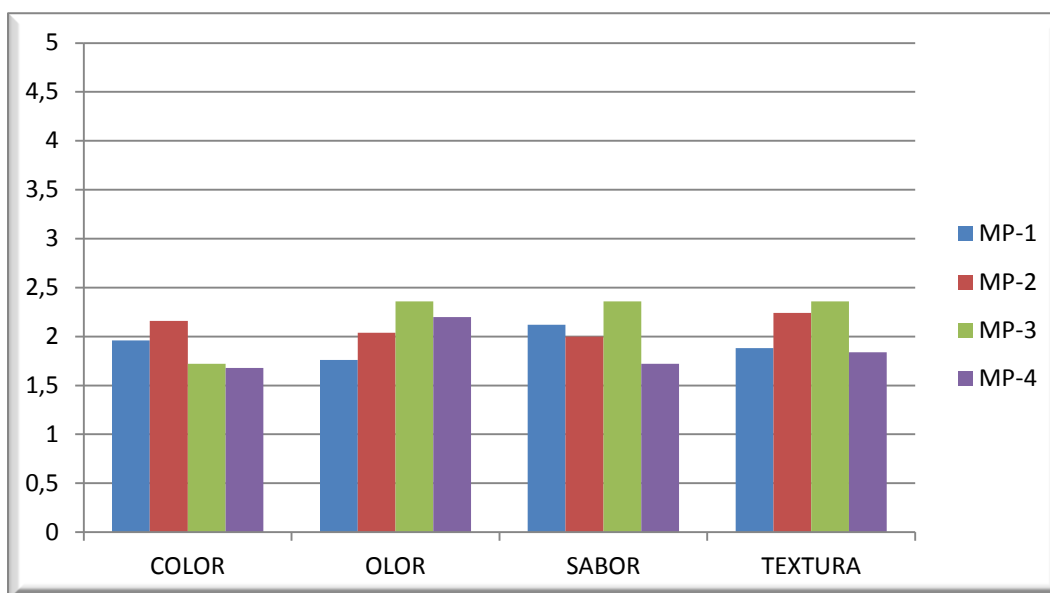
MP₄ = La Paulina

De acuerdo a la escala que se utilizó en la evaluación sensorial para atributo se puede observar en los valores de la tabla anterior no muestran variación significativa, sin embargo

con el objetivo de conocer la muestra patrón, se define que la muestra MP₄ fue la que mayor aceptabilidad obtuvo según el panel degustativo y valorando los criterios de cada uno de ellos.

Para una mejor apreciación de los resultados obtenidos por la evaluación sensorial, se graficó en la figura 4.6 los valores promedios de cada uno de los atributos para las cuatro muestras.

Figura 4.6: Valores promedios del análisis sensorial



Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la figura 4.6 las columnas que representan a los atributos de la muestra MP₄, según las características de los valores en la escala utilizada para su evaluación sensorial, son los más aceptados en relación a las demás muestras.

4.3 ANALISIS ESTADÍSTICO DEL DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño estadístico tiene como objetivo determinar las variables más significativas de la etapa de coagulación en distintos tiempos de la maduración del queso.

4.3.1 DISEÑO EXPERIMENTAL EN LA ETAPA DE MADURACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE QUESO DANBO

El análisis estadístico del diseño experimental, se ha realizado para determinar el efecto de las variables en la etapa de maduración para la obtención de queso Danbo, midiendo las variaciones de acidez y pH en un tiempo óptimo de veinticinco días.

Las variables que se utilizaron son: cantidad de cuajo 0,003% y 0,004%; cantidad de cloruro de calcio 0,02% y 0,03% utilizados en la etapa de coagulación del queso con la variable respuesta de variaciones de acidez y pH en distintos tiempos determinados de la maduración.

➤ **VARIABLE RESPUESTA: Variación de acidez**

DÍA 1 AL 10 DE MADURACIÓN

En la tabla 4.14, se muestra el diseño experimental en la etapa de coagulación con las variables (cantidad de cuajo y cloruro cálcico) para el proceso de elaboración de queso Danbo. En cuanto a la variable respuesta se tomó en cuenta la variación o incremento de la acidez (% de ácido láctico) en distintos tiempos de la maduración, obtenido de la tabla 4.B-2 (ANEXO 4.B).

Tabla 4.14: Diseño experimental para la elaboración del queso (variación de la acidez del día 1 al 10 de maduración)

Corridas	Factores		Replica Y ₁	Replica Y ₂	Y _i	Ȳ
	Cu	Cl				
1	0,90	17,20	0,07	0,05	0,12	0,06
Cu	1,20	17,20	0,08	0,06	0,14	0,07
Cl	0,90	25,80	0,07	0,05	0,12	0,06
CuCl	1,20	25,80	0,02	0,08	0,20	0,10

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

Cu= cantidad de cuajo (g) Cl= cantidad de CaCl₂ (ml) Y= Acidez (% ácido láctico)

Con los resultados obtenidos en la tabla 4.14 se procede a construir la tabla 4.15 de análisis de varianza para las variables del proceso de elaboración de queso para la acidez de un diseño experimental de 2² extraído de la tabla 4.B-3 (ANEXO 4.B).

Tabla 4.15: Análisis de varianza para la elaboración del queso (incremento de la acidez del día 1 al 10 de maduración)

Fuente de variación	Suma de cuadrados (SS)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F cal	F tab	Influencia
Factor (Cu)	0,0013	1	0,0013	3,5714	7,709	NO
Factor (Cl)	0,0005	1	0,0005	1,2857	7,709	NO
Interacción (CuCl)	0,0005	1	0,0005	1,2857	7,709	NO
Error (E)	0,0014	4	0,0004			
Total (T)	0,0036	7				

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.15 los factores: cuajo(Cu), cloruro cálcico (Cl) y la interacción de los mismos, en los primeros 10 días de maduración del queso, no son variables significativas que afectan la acidez en la elaboración del producto para un límite de confianza del 95%.

DÍA 10 AL 20 DE MADURACIÓN

En la tabla 4.16, se muestra el diseño experimental en la etapa de coagulación con las variables (cantidad de cuajo y cloruro cálcico) para el proceso de elaboración de queso Danbo. En cuanto a la variable respuesta se tomó en cuenta el incremento de la acidez (% de ácido láctico) del día 10 al 20 de maduración, obtenido de la tabla 4.B-4 (ANEXO 4.B).

Tabla 4.16: Diseño experimental para la elaboración del queso (variación o incremento de la acidez del día 10 al 20 de maduración)

Corridas	Factores		Replica Y ₁	Replica Y ₂	Y _i	Ȳ
	Cu	Cl				
1	0,90	17,20	0,06	0,07	0,13	0,06
Cu	1,20	17,20	0,06	0,07	0,13	0,06

Cl	0,90	25,80	0,07	0,10	0,17	0,08
CuCl	1,20	25,80	0,03	0,08	0,11	0,05

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

Cu= cantidad de cuajo (g) Cl= cantidad de CaCl₂ (ml) Y= Acidez (% ac. láctico)

Con los resultados obtenidos en la tabla 4.16 se procede a construir la tabla 4.17 de análisis de varianza para las variables del proceso de elaboración de queso para la acidez de un diseño experimental de 2² extraído del tabla 4.B-5 (ANEXO 4.B).

Tabla 4.17: Análisis d varianza para la elaboración del queso (variación o incremento de la acidez del día 10 al 20 de maduración)

Fuente de variación	Suma de cuadrados (SS)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F cal	F tab	Influencia
Factor (Cu)	0,00045	1	0,00045	1,000	7,709	NO
Factor (Cl)	0,00005	1	0,00005	0,111	7,709	NO
Interacción (CuCl)	0,00045	1	0,00045	1,000	7,709	NO
Error (E)	0,00180	4	0,00040			
Total (T)	0,34960	7				

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.17 los factores: cuajo (Cu), cloruro cálcico (Cl) y la interacción de los mismos, en los días 10 al 20 de la maduración del queso, no son variables significativas que afectan la acidez en la elaboración del producto para un límite de confianza del 95%.

DIA 15 AL 25 DE MADURACIÓN

En la tabla 4.18, se muestra el diseño experimental en la etapa de coagulación con las variables (cantidad de cuajo y cloruro cálcico) para el proceso de elaboración de queso Danbo. En cuanto a la variable respuesta se tomó en cuenta la variación o incremento de la

acidez (% de ácido láctico) del día 10 al 20 de maduración, obtenido de la tabla 4.B-6 (ANEXO 4.B).

Tabla 4.18: Diseño experimental para la elaboración del queso (variación o incremento de la acidez del día 15 al 25 de maduración)

Corridas	Factores		Replica Y ₁	Replica Y ₂	Y _i	Ȳ
	Cu	Cl				
1	0,90	17,20	0,03	0,03	0,06	0,03
Cu	1,20	17,20	0,04	0,04	0,08	0,04
Cl	0,90	25,80	0,03	0,05	0,08	0,04
CuCl	1,20	25,80	0,04	0,04	0,08	0,04

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

Cu= cantidad de cuajo (g) Cl= cantidad de CaCl₂ (ml) Y= Acidez (% ac. láctico)

Con los resultados obtenidos en la tabla 4.18 se procede a construir la tabla 4.19 de análisis de varianza para las variables del proceso de elaboración de queso para la acidez de un diseño experimental de 2² extraído de la tabla 4.B-7 (ANEXO 4.B).

Tabla 4.19: Análisis de varianza para la elaboración del queso (variación o incremento de la acidez del día 15 al 25 de maduración)

Fuente de variación	Suma de cuadrados (SS)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F cal	F tab	Influencia
Factor (Cu)	0,00005	1	0,00005	1	7,709	NO
Factor (Cl)	0,00005	1	0,00005	1	7,709	NO
Interacción (CuCl)	0,00005	1	0,00005	1	7,709	NO
Error (E)	0,00020	4	0,00005			
Total (T)	0,00035	7				

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.19 los factores: cuajo(A), cloruro cálcico (B) y la interacción de los mismos, en los días 15 al 25 de la maduración del queso, no son variables significativas que afectan la acidez en la elaboración del producto para un límite de confianza del 95%.

➤ **VARIABLE RESPUESTA: variación de pH**

DIA 1 AL 10 DE MADURACIÓN

En la tabla 4.20, se muestra el diseño experimental en la etapa de coagulación con las variables (cantidad de cuajo y cloruro cálcico) para el proceso de elaboración de queso Danbo. En cuanto a la variable respuesta se tomó en cuenta el incremento del pH en distintos tiempos de la maduración, obtenido de la tabla 4.B-8 (ANEXO 4.B).

Tabla 4.20: Diseño experimental para la elaboración del queso (variación o decremento del pH del día 1 al 10 de maduración)

Corridas	Factores		Replica Y ₁	Replica Y ₂	Y _i	Ȳ
	Cu	Cl				
1	0,90	17,20	0,50	0,30	0,80	0,40
Cu	1,20	17,20	0,50	0,40	0,90	0,45
Cl	0,90	25,80	0,40	0,40	0,80	0,40
CuCl	1,20	25,80	0,30	0,40	0,70	0,35

Fuente: Elaboración propia

Cu= cantidad de cuajo (g) Cl= cantidad de CaCl₂ (ml) Y= variación de pH

Con los resultados obtenidos en la tabla 4.20 se procede a construir la tabla 4.21 de análisis de varianza para las variables del proceso de elaboración de queso para el decremento de pH de un diseño experimental de 2² extraído de la tabla 4.B-9 (ANEXO 4.B).

Tabla 4.21: Análisis de varianza para la elaboración del queso (variación o decremento del pH del día 1 al 10 de maduración)

Fuente de variación	Suma de cuadrados (SS)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F cal	F tab	Influencia
Factor (Cu)	0	1	0	0	7,709	NO
Factor (Cl)	0,005	1	0,005	0,667	7,709	NO
Interacción (CuCl)	0,005	1	0,005	0,667	7,709	NO
Error (E)	0,030	4	0,007			
Total (T)	0,040	7				

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.21 los factores: cuajo (Cu), cloruro cálcico (Cl) y la interacción de los mismos, en los días 1 al 10 de la maduración del queso, no son variables significativas que afectan el pH en la elaboración del producto para un límite de confianza del 95%.

DIA 10 AL 20 DE MADURACIÓN

En la tabla 4.22, se muestra el diseño experimental en la etapa de coagulación con las variables (cantidad de cuajo y cloruro cálcico) para el proceso de elaboración de queso Danbo. En cuanto a la variable respuesta se tomó en cuenta la variación o decremento del pH en distintos tiempos de la maduración, obtenido de la tabla 4.B-10 (ANEXO 4.B).

Tabla 4.22: Diseño experimental para la elaboración del queso (variación o decremento del pH del día 10 al 20 de maduración)

Corridas	Factores		Replica Y ₁	Replica Y ₂	Y _i	Ȳ
	Cu	Cl				
1	0,90	17,20	0,30	0,30	0,60	0,30
Cu	1,20	17,20	0,40	0,50	0,90	0,45
Cl	0,90	25,80	0,40	0,60	1,00	0,50
CuCl	1,20	25,80	0,40	0,60	1,00	0,50

Fuente: Elaboración propia

Cu= cantidad de cuajo (g)]Cl= cantidad de CaCl₂ (ml) Y= variación de pH

Con los resultados obtenidos en la tabla 4.22 se procede a construir la tabla 4.23 de análisis de varianza para las variables del proceso de elaboración de queso para la variación o decremento del pH de un diseño experimental de 2² extraído de la tabla 4.B-11 (ANEXO 4.B).

Tabla 4.23: Análisis de varianza para la elaboración del queso (variación o decremento del pH del día 10 al 20 de maduración)

Fuente de variación	Suma de cuadrados (SS)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F cal	F tab	Influencia
Factor (Cu)	0,0113	1	0,0112	1,0000	7,709	NO

Factor (Cl)	0,0313	1	0,0312	2,7778	7,709	NO
Interacción (CuCl)	0,0113	1	0,0112	1,0000	7,709	NO
Error (E)	0,0450	4	0,0112			
Total (T)	0,0987	7				

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.23 los factores: cuajo (Cu), cloruro cálcico (Cl) y la interacción de los mismos, en los días 10 al 20 de la maduración del queso, no son variables significativas que afectan el pH en la elaboración del producto para un límite de confianza del 95%.

DÍA 15 AL 25 DE MADURACIÓN

En la tabla 4.24, se muestra el diseño experimental en la etapa de coagulación con las variables (cantidad de cuajo y cloruro cálcico) para el proceso de elaboración de queso Danbo. En cuanto a la variable respuesta se tomó en cuenta la variación o decremento del pH en distintos tiempos de la maduración, obtenido de la tabla 4.B-12 (ANEXO 4.B).

Tabla 4.24: Diseño experimental para la elaboración del queso (variación o decremento del pH del día 15 al 25 de maduración)

Corridas	Factores		Replica Y ₁	Replica Y ₂	Y _i	Ȳ
	Cu	Cl				
1	0,90	17,20	0,10	0,10	0,20	0,10
Cu	1,20	17,20	0,40	0,40	0,80	0,40
Cl	0,90	25,80	0,20	0,30	0,50	0,25
CuCl	1,20	25,80	0,30	0,40	0,70	0,35

Fuente: Elaboración propia

Con los resultados obtenidos en la tabla 4.24 se procede a construir la tabla 4.25 de análisis de varianza para las variables del proceso de elaboración de queso para el pH de un diseño experimental de 2² extraído la tabla 4.B-13 (ANEXO 4.B).

Tabla 4.25: Análisis de varianza para la elaboración del queso (incremento del pH del día 15 al 25 de maduración)

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios (CM)	F cal	F tab	Influencia
---------------------	-------------------	--------------------	-----------------------	-------	-------	------------

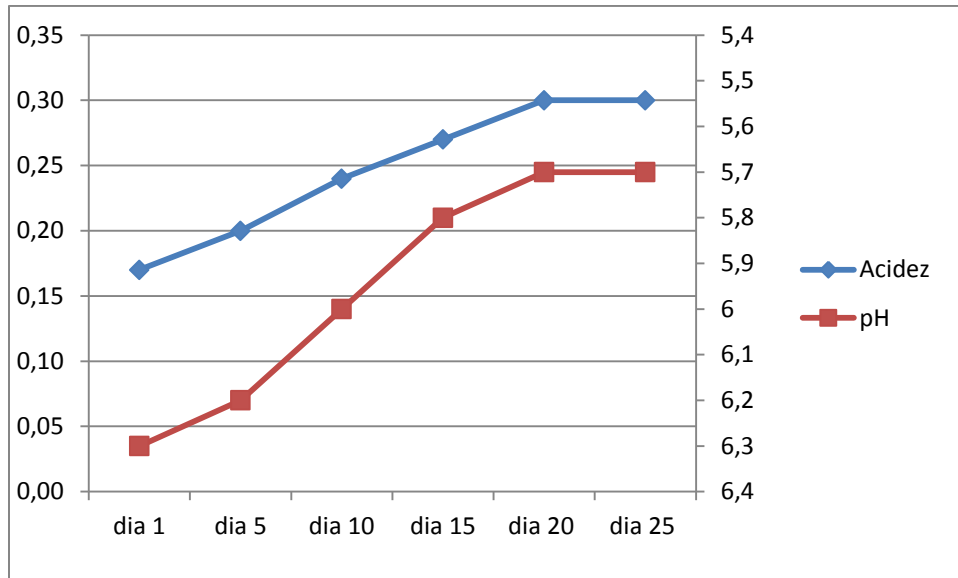
	(SS)	(GL)				
Factor (Cu)	0,080	1	0,0800	32	7,709	SI
Factor (Cl)	0,005	1	0,0050	2	7,709	NO
Interacción (CuCl)	0,020	1	0,0200	8	7,709	SI
Error (E)	0,010	4	0,0025			
Total (T)	0,115	7				

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.25 el factor cuajo (Cu) es una variable muy significativa debido a que influye directamente en el incremento del pH en los últimos 10 días de maduración del queso, lo mismo ocurre con la interacción (CuCl), presentando una diferencia significativa para un límite de confianza del 95%.

Para un mejor entendimiento se procedió a graficar cada variación o cambio tanto de acidez y pH en cada muestra con el fin de conocer su evolución durante la maduración con relación a las variables utilizadas durante el diseño experimental.

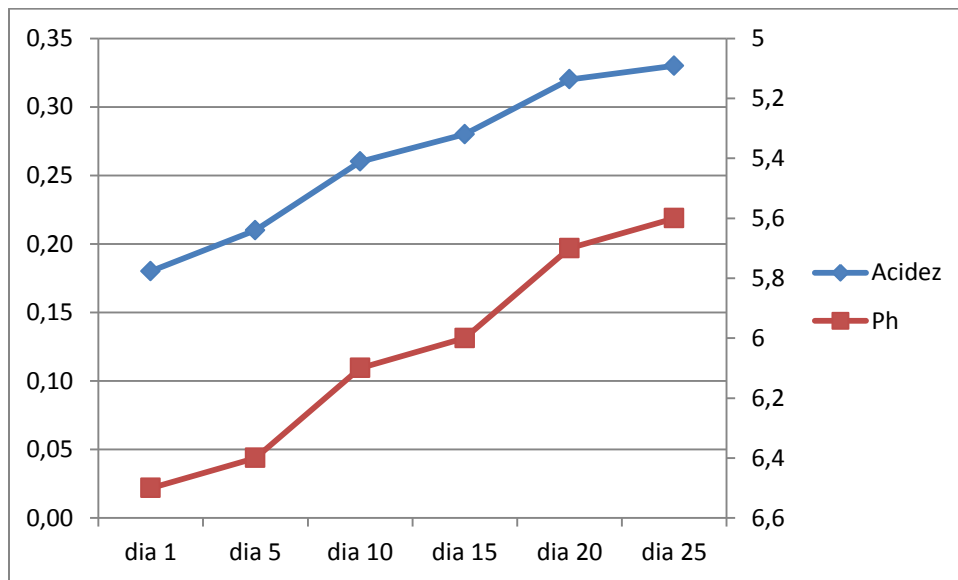
Figura 4.7: Variación de acidez y pH en prueba 1



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.14 se demuestra el incremento de acidez y el descenso del pH de la prueba o corrida (1).

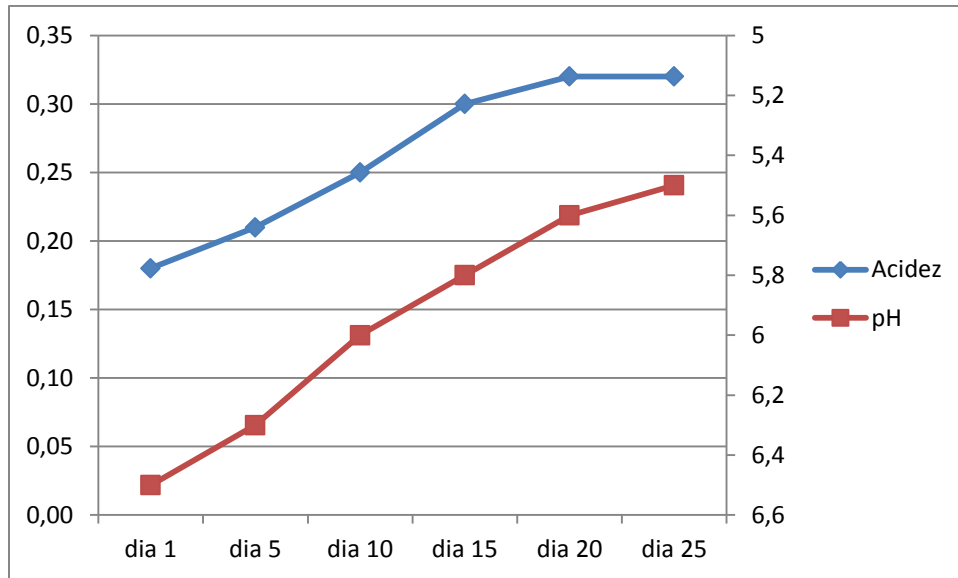
Figura 4.8: Variación de acidez y pH en prueba 2



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.15 se demuestra el incremento de acidez y el descenso del pH de la prueba o corrida a.

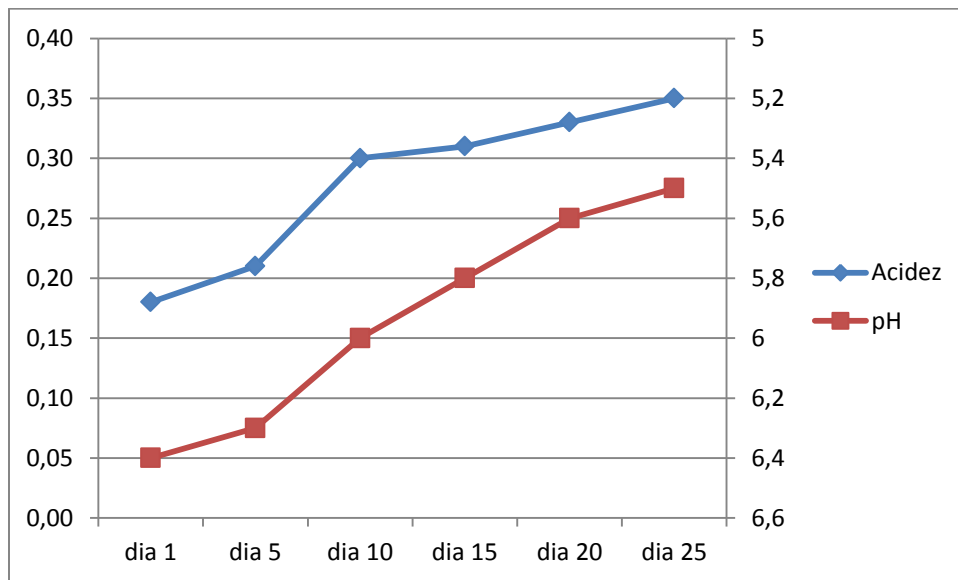
Figura 4.9: Variación de acidez y pH en prueba 3



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.16 se demuestra el incremento de acidez y el descenso del pH de la prueba o corrida b.

Figura 4.10: Variación de acidez y pH en prueba 4



Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.17 se demuestra el incremento de acidez y el descenso del pH de la interacción ab.

4.4 EVALUACIÓN SENSORIAL DE LAS MUESTRAS PARA DETERMINAR LOS ATRIBUTOS SENSORIALES DEL QUESO DANBO

Para la obtención del queso Danbo, se consideró ciertos aspectos que eran estudiados mediante las herramientas de estadística, como el diseño experimental con la finalidad de establecer cuál de las variables tiene mayor influencia en el proceso de obtención de queso Danbo, y la evaluación sensorial para determinar los atributos sensoriales del producto.

Para dicha evaluación sensorial se preparó cuatro muestras según el diseño experimental planteado para la etapa de coagulación, las cuales se presentaron a veinte jueces no entrenados, según un test (Anexo 1.B) de escala de 5 puntos elaborado exclusivamente para la obtención de quesos; con el propósito de evaluar los siguientes atributos: olor, sabor, textura y aceptabilidad.

4.4.1 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LOS ATRIBUTOS SENSORIALES EN QUESO DANBO ATRIBUTO OLOR

En la tabla 4.26 se muestran los resultados obtenidos de la tabla 3.B-1 (Anexo 3.B) para el atributo olor, en queso Danbo.

Tabla 4.26: Evaluación sensorial para el atributo olor en queso Danbo

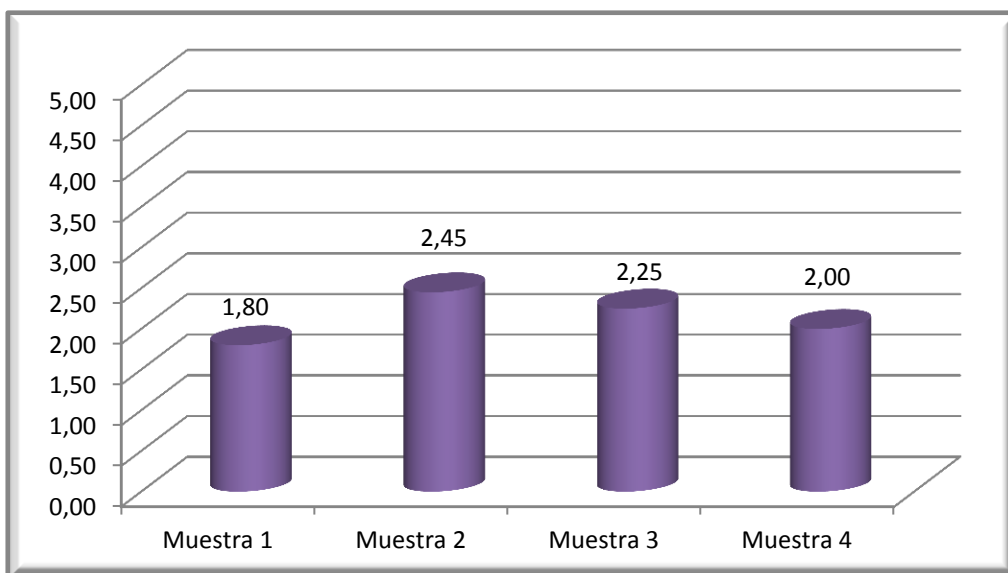
Jueces	Muestras	Total
--------	----------	-------

	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	
1	1	1	2	3	7
2	1	4	2	1	8
3	1	3	1	2	7
4	2	2	2	2	8
5	1	2	1	2	6
6	1	2	1	2	6
7	2	2	3	2	9
8	3	1	2	2	8
9	2	3	1	2	8
10	3	4	4	2	13
11	1	1	3	2	7
12	1	2	3	1	7
13	4	2	1	1	8
14	2	4	4	5	15
15	2	3	4	2	11
16	3	3	2	3	11
17	2	3	4	1	10
18	2	2	3	3	10
19	1	2	1	1	5
20	1	3	1	1	6
Media	1,80	2,45	2,25	2,00	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.8, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial, obtenidos en la tabla 4.26, para el atributo olor.

Figura 4.11: Promedio para el atributo olor



Fuente: Elaboración propia

La escala de clasificación para el atributo olor de las muestras para la obtención de queso Danbo según el diseño experimental planteado se evaluó de, muy aceptable a muy inaceptable, gradualmente del 1 al 5 de forma correspondiente.

Como se puede observar en la figura 4.8 las muestras 1 y 4 fueron las que presentaron mayor aceptación por los jueces del panel de gustativo. Las muestras 2 y 3 presentaron menor aceptación que las anteriores sin embargo cabe hacer notar que la variación entre las muestras fue mínima.

4.4.1.1 PRUEBA ESTADÍSTICA PARA EL ATRIBUTO OLOR

En la tabla 4.27, se muestra el análisis de varianza para el atributo olor de los datos extraídos de la Tabla 3.B-3. (Anexo 3.B)

Tabla 4.27: Análisis de varianza para el atributo olor en obtención de Queso Danbo

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F (CAL)	F (TAB)
Total	80,75	79			
Muestras (A)	4,85	3	1,62	2,13	2,758
Jueces (B)	30,25	19	1,59	2,09	1,763
Error (E)	45,65	57	0,76		

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.27 $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,13 < 2,758$), para los tratamientos (muestras). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, es decir no existe diferencia significativa de variación entre los promedios de las muestras.

En conclusión, analizando que la muestra con mayor aceptación según la escala utilizada en la evaluación sensorial, se tomó a la muestra 1 como la mejor opción en cuanto al atributo olor.

4.4.2 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LOS ATRIBUTOS SENSORIALES EN QUESO DANBO ATRIBUTO SABOR

En la tabla 4.28, se muestran los resultados obtenidos de la tabla 3.B-4 (Anexo 3.B) para el atributo sabor, en obtención de queso Danbo.

Tabla 4.28: Evaluación sensorial para el atributo sabor en obtención de Queso Danbo

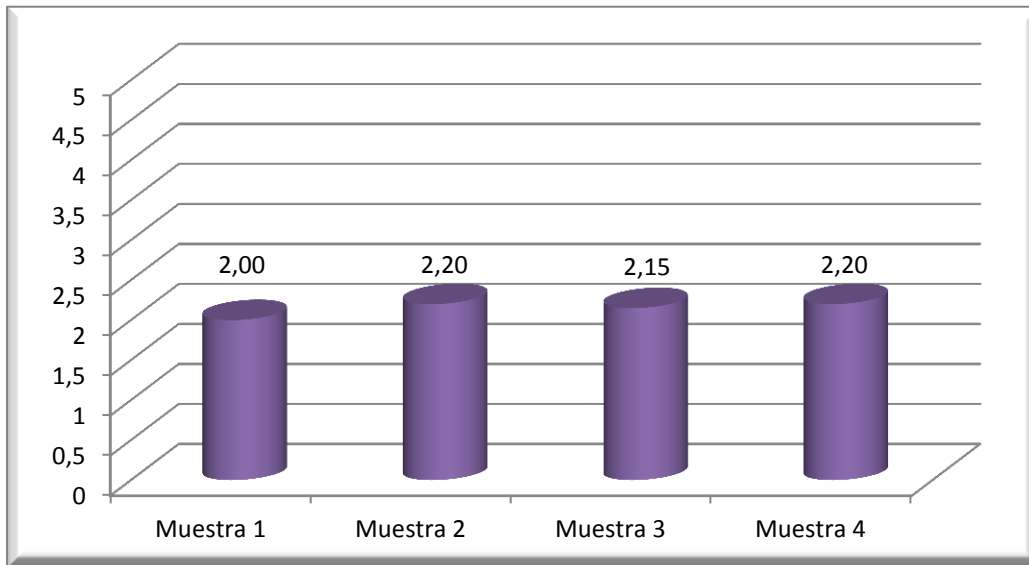
Jueces	Muestras				Total (Yi)
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	
1	1	1	2	3	7
2	1	2	2	1	6
3	3	3	1	2	9

4	2	2	3	1	8
5	2	2	1	2	7
6	2	2	1	1	6
7	2	1	3	2	8
8	2	3	3	2	10
9	2	3	1	2	8
10	2	4	2	2	10
11	1	1	3	2	7
12	1	2	3	3	9
13	4	2	1	1	8
14	2	2	3	4	11
15	4	3	4	3	14
16	3	2	2	3	10
17	2	2	2	3	9
18	2	3	3	3	11
19	1	2	2	1	6
20	1	2	1	3	7
Media	2,00	2,20	2,15	2,20	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.9, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial, obtenidos en la tabla 4.28, para el atributo sabor.

Figura 4.12: Promedio para el atributo sabor



Fuente: Elaboración propia

La escala de clasificación para el atributo sabor de las muestras para la obtención de queso Danbo según el diseño experimental planteado se evaluó de, muy aceptable a muy inaceptable, gradualmente del 1 al 5 de forma correspondiente.

Como se puede apreciar en la figura 4.9, no se observa mayor diferencia significativa entre las muestras, sin embargo la muestra que tuvo mayor aceptación fue la muestra 1 en cuanto al atributo sabor.

4.4.2.1 PRUEBA ESTADÍSTICA PARA EL ATRIBUTO SABOR

En la tabla 4.29, se muestra el análisis de varianza para el atributo olor de los datos extraídos de la Tabla 3.B-6. (Anexo 3.B)

Tabla 4.29: Análisis de varianza para el atributo sabor en obtención de Queso Danbo

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F (CAL)	F (TAB)
Total	59,49	79			
Muestras (A)	0,54	3	0,18	0,27	2,758
Jueces (B)	19,74	19	1,04	1,60	1,763
Error (E)	39,21	57	0,65		

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.29, $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,27 < 2,758$), para los tratamientos (muestras). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, es decir no existe diferencia significativa de variación entre los promedios de las muestras.

4.4.3 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LOS ATRIBUTOS SENSORIALES EN QUESO DANBO ATRIBUTO TEXTURA

En la tabla 4.30, se muestran los resultados obtenidos de la tabla 3.B-7 (Anexo 3.B) para el atributo textura, en obtención de queso Danbo.

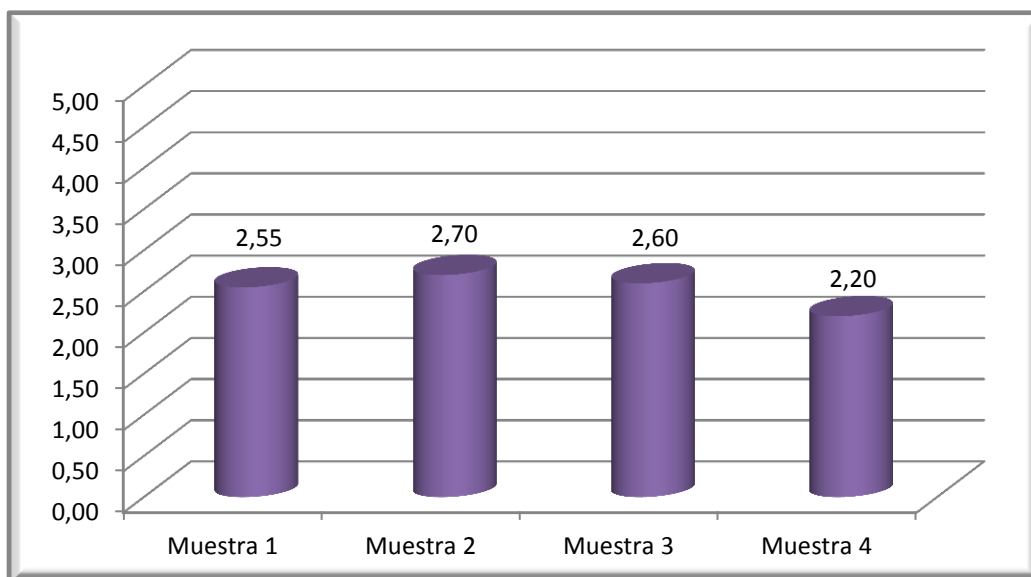
Tabla 4.30: Evaluación sensorial para el atributo textura en obtención de Queso Danbo

Jueces	Muestras				Total (Yi)
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	
1	1	2	3	4	10
2	1	4	2	2	9
3	3	3	2	1	9
4	2	2	3	1	8
5	4	3	1	3	11
6	2	3	1	3	9
7	2	2	4	3	11
8	3	4	3	4	14
9	2	1	3	2	8
10	4	3	4	3	14
11	1	1	3	2	7
12	2	4	4	5	15
13	2	2	1	1	6
14	4	3	4	3	14
15	3	3	3	3	12
16	3	2	2	2	9
17	4	4	2	3	13
18	3	3	3	3	12
19	2	3	2	1	8
20	3	2	2	1	8
Media	2,55	2,70	2,60	2,50	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.10, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial, obtenidos en la tabla 4.30, para el atributo textura.

Figura 4.13: Promedio para el atributo textura



Fuente: Elaboración propia

La escala de clasificación para el atributo textura de las muestras para la obtención de queso Danbo según el diseño experimental planteado se evaluó de, muy consistente a muy blando, gradualmente del 1 al 5 de forma correspondiente.

Como se puede observar en la figura 4.10 la muestra 4 fue la que presentó mayor consistencia de acuerdo al panel de gustativo. Las muestras 1, 2 y 3 tuvieron una pequeña variación con relación a la última muestra, sin embargo cabe recalcar que la diferencia fue mínima.

4.4.3.1 PRUEBA ESTADÍSTICA PARA EL ATRIBUTO TEXTURA

En la tabla 4.31, se muestra el análisis de varianza para el atributo textura de los datos extraídos de la Tabla 3.B-9. (Anexo 3.B)

Tabla 4.31: Análisis de varianza para el atributo textura en obtención de Queso Danbo

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F (CAL)	F (TAB)
Total	79,39	79			
Muestras (A)	0,44	3	0,15	0,20	2,758
Jueces (B)	33,64	19	1,77	2,33	1,763
Error (E)	45,31	57	0,76		

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.31, $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,20 < 2,758$), para los tratamientos (muestras). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, es decir no existe diferencia significativa de variación entre los promedios de las muestras.

4.4.4 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA DETERMINAR LOS ATRIBUTOS SENSORIALES EN QUESO DANBO ACEPTABILIDAD

En la tabla 4.32, se muestran los resultados obtenidos de la tabla 3.B-10 (Anexo 3.B) para la aceptabilidad, en obtención de queso Danbo.

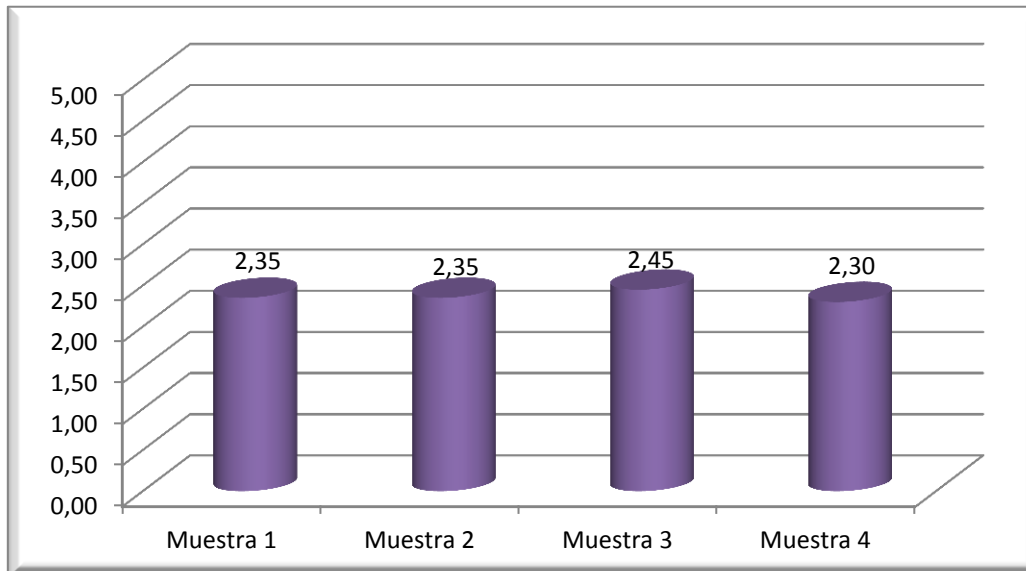
Tabla 4.32: Evaluación sensorial para la aceptabilidad en obtención de Queso Danbo

Jueces	Muestras				Total (Yi)
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	
1	1	1	4	4	10
2	3	4	2	3	12
3	2	2	3	3	10
4	3	2	2	1	8
5	2	2	1	2	7
6	3	3	1	1	8
7	3	2	3	3	11
8	3	2	3	3	11
9	2	3	1	2	8
10	3	4	3	1	11
11	1	1	3	2	7
12	3	2	3	3	11
13	2	3	1	1	7
14	2	3	4	4	13
15	3	3	3	3	12
16	3	2	2	2	9
17	3	2	4	2	11
18	3	2	3	3	11
19	1	2	2	1	6
20	1	2	1	2	6
Media	2,35	2,35	2,45	2,30	

Fuente: Elaboración propia

En la figura 4.11, se muestran los resultados promedio de la evaluación sensorial, obtenidos en la tabla 4.32, para la aceptabilidad.

Figura 4.14: Promedio para la aceptabilidad



Fuente: Elaboración propia

La escala de clasificación para la aceptabilidad de las muestras para la obtención de queso Danbo según el diseño experimental planteado se evaluó de, muy aceptable a muy inaceptable, gradualmente del 1 al 5 de forma correspondiente.

Como se puede observar en la figura 4.11 no se presentó diferencia significativa entre las cuatro muestras para la aceptabilidad general del producto según el panel degustativo.

4.4.4.1 PRUEBA ESTADÍSTICA PARA LA ACEPTABILIDAD

En la tabla 4.33, se muestra el análisis de varianza para la aceptabilidad de los datos extraídos de la Tabla 3.B-12. (Anexo 3.B)

Tabla 4.33: Análisis de varianza para la aceptabilidad en obtención de Queso Danbo

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F (CAL)	F (TAB)
Total	64,49	79			
Muestras (A)	0,24	3	0,08	0,11	2,758
Jueces (B)	22,24	19	1,17	1,67	1,763
Error (E)	42,01	57	0,70		

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.33, $F_{cal} < F_{tab}$ ($0,11 < 2,758$), para los tratamientos (muestras). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, es decir no existe diferencia significativa de variación entre los promedios de las muestras.

Interpretación de resultados de evaluación sensorial para determinar los atributos sensoriales en queso Danbo.

En conclusión y viendo que no existe diferencia significativa entre los promedios de cada atributo de las muestras, evaluado por los jueces no entrenados que respondieron los test de evaluación sensorial, se decidió tomar en cuenta la muestra 1, debido a que, según mi criterio, presenta mejores resultados al momento de su elaboración y maduración del producto.

4.5 EVALUACIÓN SENSORIAL PARA LA DETERMINACIÓN DEL COLOR EN QUESO DANBO

Para proporcionar un aspecto más atractivo a la masa del queso, se realizaron tres muestras, haciendo variar la cantidad de colorante para quesos, achiote (*Bixa Orellana*) en dosis porcentuales con relación a la masa de leche inicial, con el fin de conocer el color apropiado del queso Danbo a elaborar en la empresa, parámetro que fue determinado mediante la evaluación sensorial tomando como referencia el color de la muestra patrón.

La degustación fue realizada por 20 jueces no entrenados, que evaluaron las muestras utilizando un test comparativo por una escala hedónica (Anexo 1.C)

En la tabla 4.34, se muestran los resultados obtenidos de la tabla 3.C-1 (Anexo 3.C) para determinar el color de queso Danbo.

Tabla 4.34: Evaluación sensorial para determinar el color de queso Danbo

Jueces	Muestras			Total (Yi)
	Mc1	Mc2	Mc3	
1	6	5	7	18
2	8	3	9	20
3	8	5	9	22
4	6	5	8	19
5	7	6	7	20
6	7	4	8	19
7	8	6	9	23
8	8	5	6	19
9	6	4	7	17
10	6	4	7	17
11	8	5	9	22
12	7	5	8	20
13	6	6	9	21
14	7	5	8	20
15	6	5	7	18
16	7	5	8	20
17	7	5	7	19
18	6	5	7	18
19	6	7	6	19
20	7	5	8	20
Media	6,85	5,00	7,70	

Fuente: Elaboración propia

Dónde:

MC1 = Queso Danbo con una dosis de colorante de 0,03%

MC2 = Queso Danbo con una dosis de colorante de 0,015%

MC3 = Queso Danbo con un dosis de colorante de 0,045%

La escala de clasificación para las muestras preparadas (MC1; MC2 y MC3) para la determinación de color en queso Danbo según la comparación efectuada con el queso patrón (P), se evaluó del 1 al 9 de acuerdo a la escala hedónica de preferencia, donde:

Si la muestra presentaba color menos intenso que “P”:

(4) Si la diferencia es ligera

(3) Si la diferencia es moderada

(2) Si la diferencia es mucha

(1) Si la diferencia es muchísima

Si la muestra presentaba color más intenso que “P”:

(6) Si la diferencia es ligera

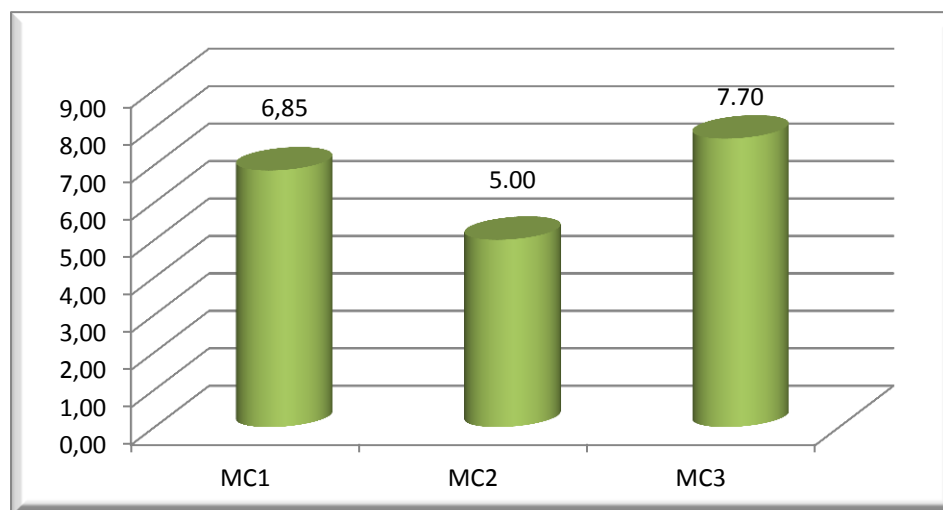
(7) Si la diferencia es moderada

(8) Si la diferencia es mucha

(9) Si la diferencia es muchísima

En caso de que la muestra no haya presentado diferencia alguna, se le asignó la calificación (5).

Figura 4.15: Promedio para determinar el color apropiado para queso Danbo



Fuente: Elaboración propia

Según la escala de clasificación del test de preferencia, se puede observar en la figura 4.11 que la muestra MC2 según los degustadores que ejecutaron la prueba sensorial, fue la que presentó mayor parecido a la muestra patrón con una calificación de (5).

En la tabla 4.35, se muestra el análisis de varianza para el atributo color de los datos extraídos de la Tabla 3.C-3 (Anexo 3.C).

Tabla 4.35: Análisis de varianza para determinar el color en Queso Danbo

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F (CAL)	F (TAB)
Total	757,99	59			
Muestras (A)	76,23	2	38,12	1,03	3,230
Jueces (B)	16,32	19	0,86	0,02	1,850
Error (E)	665,44	38	36,97		

Fuente: Elaboración propia

Como se observa en la tabla 4.23, $F_{cal} < F_{tab}$ ($1,031 < 3,230$), para los tratamientos (muestras). Por lo tanto, se acepta la hipótesis planteada, es decir no existe diferencia significativa de variación entre los promedios de las muestras.

4.6 CARACTERIZACIÓN DE LAS PROPIEDADES DEL PRODUCTO FINAL

La caracterización del queso Danbo, se realizó tomando en cuenta los siguientes parámetros: físico, fisicoquímico, microbiológico y la evaluación sensorial del producto

4.6.1 PARÁMETROS FÍSICOS DEL PRODUCTO FINAL

En la tabla 4.36, se muestran los resultados de las propiedades físicas determinadas en el producto final.

Tabla 4.36: Características físicas del queso Danbo

Parámetros		Unidad	Valor
Forma	Paralelepípedo		
Peso	Fracción	Kg	0,4 – 0,5
	Barra		3 – 4

Fuente: Elaboración propia

4.6.2 PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS DEL PRODUCTO FINAL

En la tabla 4.37, se muestran los resultados de los parámetros del análisis fisicoquímico del producto final (Queso Danbo), que fueron realizados en el Laboratorio de CEANID (Anexo 6).

Tabla 4.37: Características fisicoquímicas del queso Danbo

Parámetros	Unidad	Valor
Acidez (% ac. láctico)	%	0,30*
pH	-	5,7*
Humedad	%	43,48
Materia seca	%	56,52
Materia grasa (base seca)	%	42,97
Cloruro de sodio	%	2,02

Fuente: CEANID, 2016.

*Laboratorio PIL Tarija, 2016.

Como se puede observar en la tabla 4.37, comparando con los valores de los mismos parámetros según la norma boliviana de IBNORCA (NB 33024), el producto responde satisfactoriamente a los valores requeridos según sus características fisicoquímicas.

4.6.3 ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO DEL PRODUCTO FINAL

En la tabla 4.38, se muestran los resultados de los parámetros del análisis microbiológico del producto final (queso Danbo), que fueron realizados en el Laboratorio de CEANID, Centro de Análisis Investigación y Desarrollo (Anexo 6)

Tabla 4.38: Características microbiológicas del queso Danbo

Parámetros	Unidad	Valor
Coliformes totales	UFC/g	< 10
Staphilococcus aureus	UFC/g	< 10
Salmonella	P/A/ 25 g	Ausencia

Fuente: CEANID, 2016

En la tabla 4.38 se puede observar que el queso Danbo obtenido no presenta contaminación microbiana, además de responder a todos los límites permisibles de la norma boliviana (NB 33024:10).

4.6.4 ANÁLISIS SENSORIAL DEL PRODUCTO FINAL

Para conocer las propiedades organolépticas del producto final se llevó a cabo la evaluación sensorial del producto final, queso Danbo, con 15 jueces no entrenados que calificaron

según un test (Anexo 1.D) los siguientes atributos: color, olor, sabor, textura y aceptabilidad.

En la tabla 4.39 se muestran los resultados que fueron extraídos de la tabla 3.D-1(Anexo 3.D).

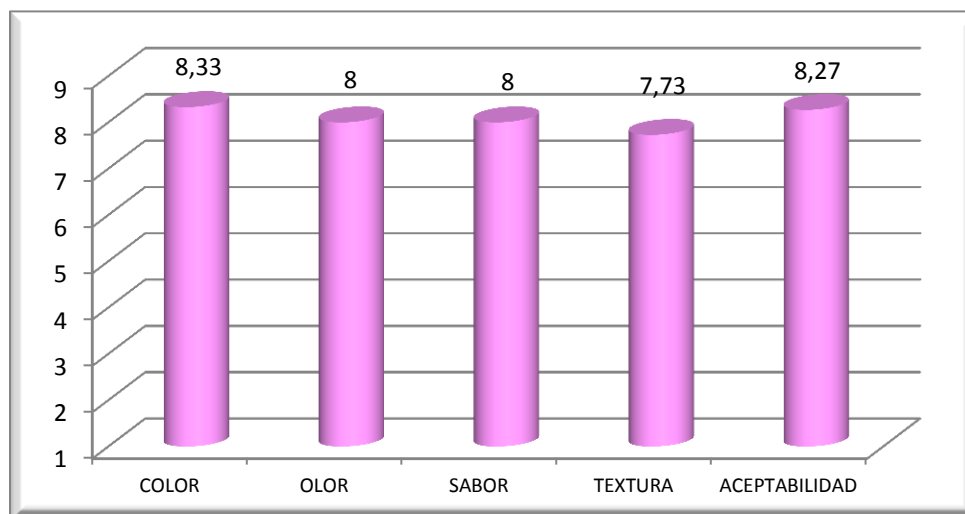
Tabla 4.39: Resultados de la evaluación sensorial del producto final

	Color	Olor	Sabor	Textura	Aceptabilidad
P _{FINAL}	8,33	8,00	8,00	7,73	8,27

Fuente: Elaboración propia

Estos resultados para su mejor comprensión se los muestra en la figura 4.18.

Figura 4.16: Resultados de la evaluación sensorial del producto final



Fuente: Elaboración propia

4.6.4.1 DETERMINACIÓN DEL CUADRO ANVA PARA LOS ATRIBUTOS

En la tabla 4.40 se muestra el análisis de varianza (ANVA) de los atributos sensoriales en la evaluación sensorial del producto final, con respecto a los resultados extraídos de la tabla 3.D-3 (Anexo 3.D)

Tabla 4.40: Análisis de varianza para el producto final

Fuente de variación (FV)	Suma de cuadrados (SC)	Grados de libertad (GL)	Cuadrados medios (CM)	F (CAL)	F (TAB)
Total	40,67	74			
Muestras (A)	3,47	4	0,87	2,46	2,543
Jueces (B)	17,47	14	1,25	3,54	1,884
Error (E)	19,73	56	0,35		

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la tabla 4.40 el valor de $F_{cal} < F_{tab}$ ($2,46 < 2,543$) para la muestra, por lo tanto no existe diferencia estadística significativa de variación entre los valores promedio de las calificaciones de cada atributo sensorial.

Para el caso de los jueces, $F_{cal} > F_{tab}$ ($3,54 > 1,884$), por tanto, existe diferencia significativa entre los 15 jueces para una $\alpha = 0,05$.

4.7 DETERMINACIÓN DEL TIPO DE ENVASE

El envase no es solo una “cobertura” que contiene y “decora” al producto, sino que es una protección muy compleja que posibilita una adecuada vida en góndola o lo que también se denomina como *shelf-life* (Fernández, 1998).

Básicamente el alimento esta empacado en un material de alta barrera, que a su vez está formado por láminas muy delgadas que están unidas mediante un proceso de coextrusión.

Es un proceso tedioso estacionar un queso semiduro o duro, no solo por las condiciones específicas de maduración (temperatura, humedad, ventilación) sino también porque el queso se elabora teniendo en cuenta el tiempo de estacionamiento, pero sin embargo una alternativa es dejar la horma entera en un lugar cubierto, a temperatura ambiente (no más de 18-22°C) y con la mayor humedad posible. Es conveniente dar vuelta diariamente el queso y controlar el crecimiento de mohos lavándolos periódicamente. De esta forma, se pueden lograr características sensoriales más evolucionadas (Fernández, 1998).

El sistema de envasado en el presente trabajo fue con una bolsa de polipropileno “Cryovac” que presenta las siguientes características:

- ✓ El envase protege al producto de las influencias externas.
- ✓ Puede extender la vida útil de los productos perecederos.
- ✓ Es hermético, a prueba de fuga de líquidos, es una barrera contra los microorganismos y previene la contaminación.

El sistema de envasado es el envasado al vacío que, por medio de una bomba de vacío del equipo se extrae el aire del interior del envase y se sueldan los materiales una vez extraído para garantizar la estanqueidad.

Una vez realizado el vacío al ser la presión atmosférica superior a la del interior del envase el material plástico se ciñe al producto.

El otro sistema de envasado que cada día se está utilizando más es el envasado en atmósfera modificada.

En la maquinaria termoformadora el proceso de envasado se realiza de la siguiente manera:

En primer lugar se aplica vacío por medio de una bomba de vacío para extraer el aire del interior del envase, y posteriormente se inyecta la mezcla de gas adecuada. Una vez finalizado el proceso se sueldan los materiales para garantizar la estanqueidad.

Como el proceso de extracción de aire se hace por medio de vacío, los niveles de oxígeno o aire residual son muy bajos con lo cual se consigue un proceso altamente eficaz.

De cara a aumentar la conservación del producto es necesario elegir correctamente el tipo de gas que se va a introducir en el interior del envase.

Aunque hoy día se han hecho muchas pruebas con diferentes tipos de gases, hay tres que son los que comercialmente están más difundidos.

Estos gases son el dióxido de carbono (CO_2), nitrógeno (N_2), y oxígeno (O_2), los cuales pueden encontrarse solos o mezclados entre sí para aprovechar las cualidades de cada uno.

El nitrógeno es un tipo de gas incoloro, insípido e inodoro entre cuyas propiedades está la de retrasar la oxidación y prevenir el enranciamiento.

Para productos con una actividad de agua media, como los embutidos, precocinados, quesos, pasta, pizzas, etc. se suele utilizar una mezcla de nitrógeno con CO₂.

El CO₂ tiene un efecto positivo para combatir ciertas bacterias que provocan en los productos pérdidas de color y malos olores. En el caso de las mezclas se suman las cualidades de los dos gases.

Las condiciones de higiene en el envasado deben estar también cuidadas para evitar contaminación posterior al producto.

También es muy importante que el envasado del producto se haga en una sala con una temperatura baja, y que en el caso de productos perecederos no se rompa en ningún momento la cadena del frío del producto (Fernández, 1998).

4.8 BALANCE DE MATERIA Y ENERGÍA EN EL PROCESO DE OBTENCIÓN DE QUESO DANBO

El balance de materia y energía ha sido realizado con el objetivo de contabilizar las entradas y salidas de masa y energía en el proceso de obtención de queso Danbo o de una etapa de este.

El cálculo de balance de materia y energía en el proceso de obtención de queso Danbo se ha realizado por etapas.

4.8.1 BALANCE DE MATERIA

El balance de materia nos permite obtener la cantidad de materia prima e insumos que entran y salen en el proceso de elaboración de un producto.

Las etapas que fueron estudiadas en el proceso de elaboración de queso Danbo son:

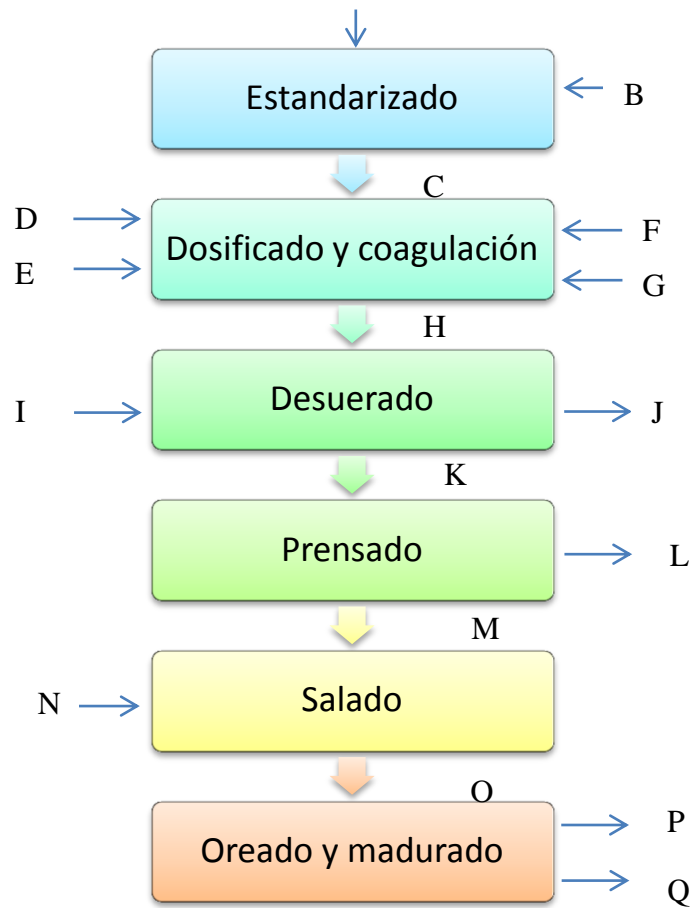
- ✓ Estandarización de leche pasteurizada
- ✓ Dosificación y coagulación
- ✓ Desuerado

- ✓ Prensado
- ✓ Salado
- ✓ Oreado y madurado

En la figura 4.19 se muestra el diagrama de flujo de la elaboración de queso Danbo.

Figura 4.17. Diagrama de flujo de la elaboración de queso Danbo

A



Fuente: Elaboración propia

A = Leche pasteurizada

B = Crema de leche

C = Leche pasteurizada estandarizada

D = Cloruro de sodio

E = Cuajo enzimático

F = Colorante

G = Cultivo láctico

H = Mezcla coagulada

I = Nitrato de sodio

J = Suero 1

K = Cuajada

L = Suero 2

M = Queso prensado

N = Suero y salmuera

O = Queso fresco

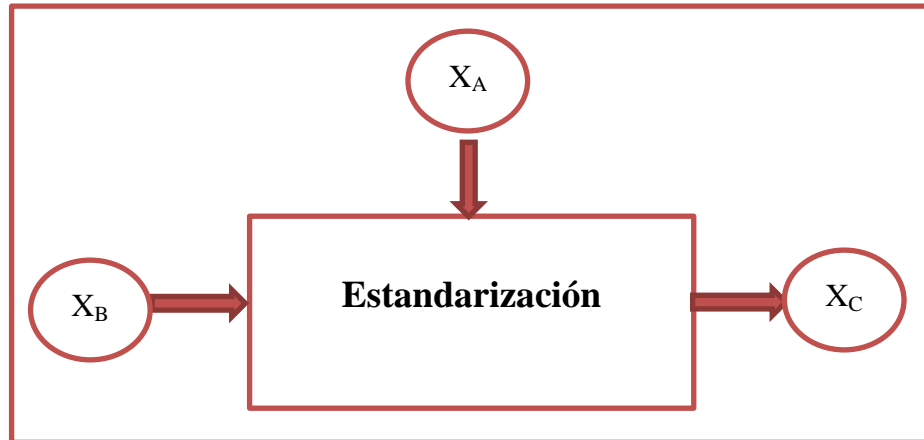
P = Vapor de H₂O

Q = Queso madurado

4.8.1.1 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE ESTANDARIZACIÓN DE LECHE PASTEURIZADA

En la figura 4.20, se muestra el diagrama de bloque para el balance de materia en la etapa de estandarización.

Figura 4.18: Balance de materia para la etapa de estandarización



Datos

X_A = leche pasteurizada = 3000ml

$\rho = 1,023 \text{ g/ml}$ densidad de la leche pasteurizada (CEANID, 2016).

Entonces;

X_A = leche pasteurizada (g) = 30690g

X_B = crema de leche (g)

X_C = leche pasteurizada estandarizada (g)

$MG_A = 3\%$

$MG_B = 45\%$

$MG_C = 3,4\%$

Balance global en la etapa de estandarización

$$X_A + X_B = X_C$$

Ecuación 4.1

Balance parcial de materia grasa en leche pasteurizada

$$X_A * MG_A + X_B * MG_B = X_C * MG_C \quad \text{Ecuación 4.2}$$

Reemplazando ecuación 4.1 en ecuación 4.2:

$$X_A * MG_A + X_B * MG_B = (X_A + X_B) * MG_C$$

$$X_B (MG_B - MG_C) = X_A * MG_C - X_A * (MG_A)$$

$$X_B = \frac{30690 \text{ g} * (3,4 - 3)}{(45 - 3)}$$

$$X_B = 295,096 \text{ g}$$

Para estandarizar la leche a un porcentaje de materia grasa de 3,4 % se debe añadir 295,096 g de crema de leche.

Entonces de la ecuación 4.1:

$$X_A + X_B = X_C$$

$$X_C = 30690 \text{ g} + 295,096 \text{ g}$$

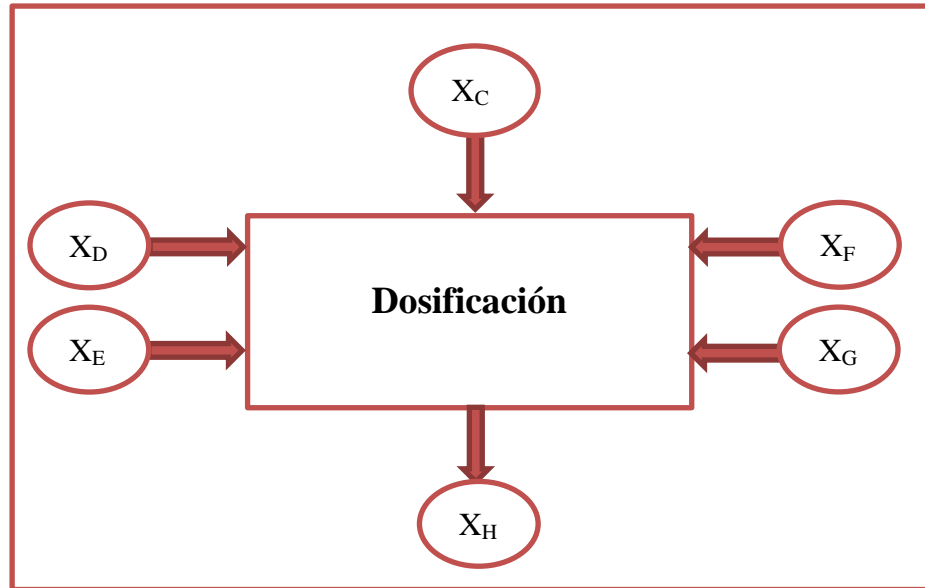
$$C = 30985,096 \text{ g}$$

Como resultado de la estandarización se obtuvo 30985,096 g de leche pasteurizada y estandarizada a 3,4 % de materia grasa.

4.8.1.2 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE DOSIFICACIÓN Y COAGULACIÓN

En la figura 4.21 se muestra el diagrama de bloque para el balance en la etapa de coagulación.

Figura 4.19: Balance de materia en la etapa de coagulación



Datos

X_C = leche pasteurizada estandarizada (g) = 30985,096 g

X_D = cuajo enzimático (0,02%) = 6,197 g

X_E = cloruro de calcio (0,03%) = 0,929 g

X_F = colorante (0,3%) = 9,295 g

X_G = cultivo láctico (0,02%) = 6,197 g

X_H = mezcla coagulada (g)

Balance global de materia en la etapa de dosificación y coagulación

$$X_C + X_D + X_E + X_F + X_G = X_H \quad \text{Ecuación 4.3}$$

$$X_H = 30985,096 \text{ g} + 6,197 \text{ g} + 0,929 \text{ g} + 9,295 \text{ g} + 6,197 \text{ g}$$

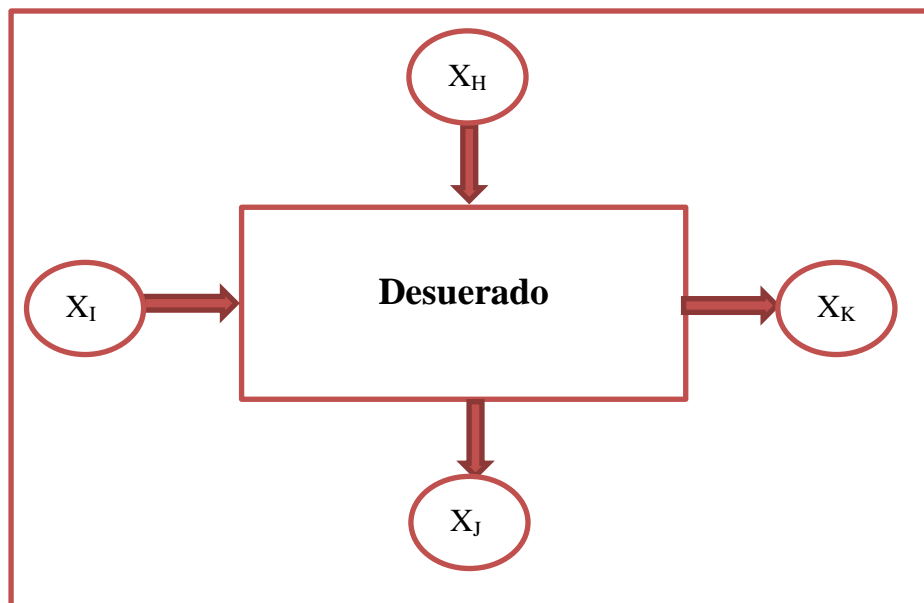
$$H = 31007,714 \text{ g}$$

La mezcla de la leche pasteurizada y los aditivos alimentarios tuvo una masa de 31007,714 g.

4.8.1.3 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE DESUERADO

En la figura 4.22 se muestra el diagrama de bloque para el balance de materia en la etapa de desuerado.

Figura 4.20: Balance de materia en la etapa de desuerado



Datos

X_H = mezcla coagulada (g) = 31007,714 g

X_I = nitrato de sodio (0,02%) = 6,197 g

X_J = suero 1 (g)

X_K = cuajada (g)

MG_H = 3,4%

MG_I = 0

MG_J = 0,5%

MG_K = 18%

Balance global de materia en la etapa de desuerado

$$X_H + X_I = X_J + X_K$$

Ecuación 4.4

$$X_J = X_H + X_I - X_K \quad \text{Ecuación 4.5}$$

Balance parcial de materia grasa en la etapa de desuerado

$$X_H * MG_H + X_I * MG_I = X_J * MG_J + X_K * MG_K \quad \text{Ecuación 4.6.}$$

Reemplazando ecuación 4.5 en ecuación 4.6:

$$X_H * MG_H = (X_H + X_I - X_K) * MG_J + X_K * MG_K$$

$$X_K * MG_J - X_K * MG_K = X_H * MG_J + X_I * MG_J - X_H * MG_H$$

$$X_K = \frac{X_H * MG_J + X_I * MG_J - X_H * MG_H}{(MG_J - MG_K)}$$

$$X_K = 5238,244 \text{ g}$$

Entonces, reemplazando $X_K = 5238,244 \text{ g}$ en ecuación 4.5:

$$X_J = X_H + X_I - X_K$$

$$X_J = 31007,714 \text{ g} + 6,197 \text{ g} + 5238,244 \text{ g}$$

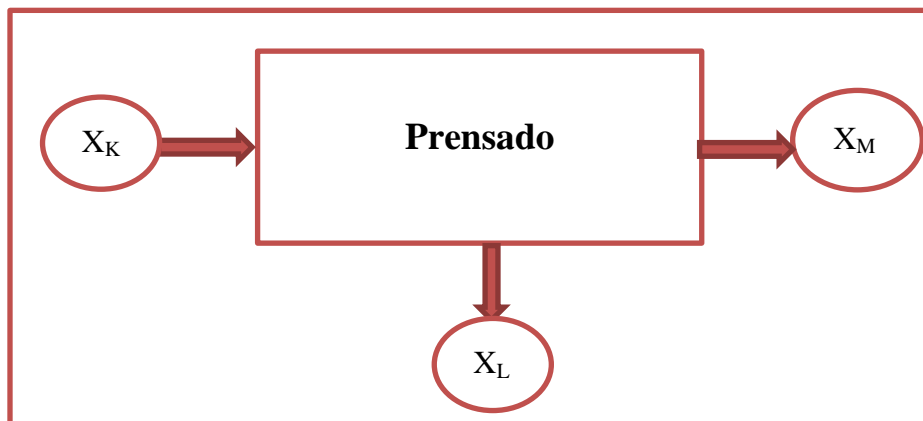
$$X_J = 25875,667 \text{ g}$$

La cantidad de suero eliminada en la etapa del desuerado fue de 25875,667 g.

4.8.1.4 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE PRENSADO

En la figura 4.23 se muestra el diagrama de bloque para el balance de materia en la etapa de prensado.

Figura 4.21: Balance de materia en la etapa de prensado



Datos

$$X_K = \text{cuajada (g)} = 5138,244 \text{ g}$$

$$X_L = \text{suero 2 (g)}$$

$$X_M = \text{queso prensado (g)} = 4369 \text{ g}$$

$$MG_K = 18\%$$

$$MG_L = 1\%$$

$$MG_M = 35\%$$

Balance global en la etapa de prensado

$$X_K = X_L + X_M \quad \text{Ecuación 4.7}$$

Despejando X_M tenemos:

$$X_M = X_K - X_L \quad \text{Ecuación 4.8}$$

Balance parcial de la materia grasa en la etapa de prensado

$$X_K * MG_K = X_L * MG_L + X_M * MG_M \quad \text{Ecuación 4.9}$$

Reemplazando ecuación 4.8 en ecuación 4.9; tenemos:

$$X_K * MG_K = X_L * MG_L + (X_K - X_L) * MG_M$$

$$X_L (MG_M - MG_L) = X_K (MG_M - MG_K)$$

$$X_L = \frac{X_K (MG_M - MG_K)}{(MG_M - MG_L)}$$

$$X_L = \frac{5138,244 \text{ g}(0,35 - 0,18)}{(0,35 - 0,01)}$$

$$X_L = 2569,122 \text{ g}$$

Entonces de la ecuación 4.8 tenemos:

$$X_M = X_K - X_L$$

$$X_M = 5138,244 \text{ g} - 2569,122 \text{ g}$$

$$X_M = 2569,122 \text{ g}$$

4.8.1.5 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE SALADO

En la etapa de salado, se efectuó previamente el preparado de la salmuera con las siguientes características:

V = volumen de salmuera

W = Volumen de agua destilada (5 l)

X = cloruro de sodio (sal común de mesa)

Concentración_{salm} = 20°Baumé

$$1^{\circ}\text{B} = \frac{10,6 \text{ g sal}}{11 \text{ H}_2\text{O}} \quad \text{ecuación 4.10 (Mott, 2006)}$$

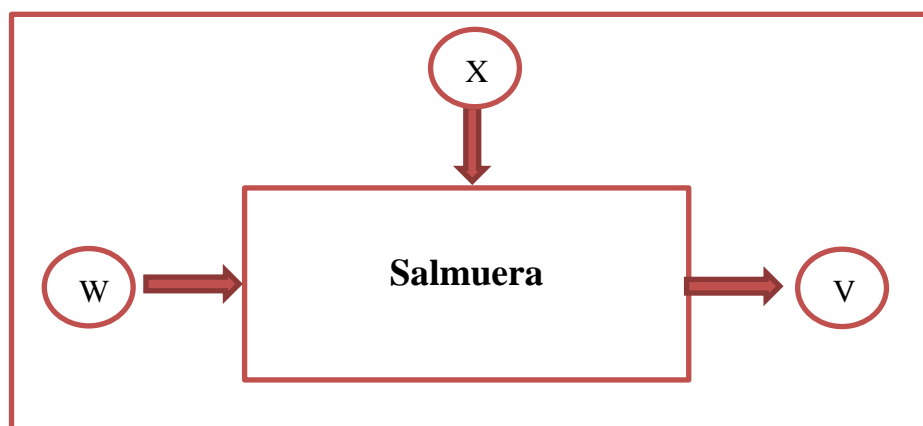
Entonces:

$$10,6 \text{ g} - 1000 \text{ g H}_2\text{O} - 1^{\circ}\text{Be}$$

$$X - 5000 \text{ g H}_2\text{O} - 20^{\circ}\text{Be}$$

Para elevar a 20 °Baumé un volumen de 5 l es necesario 1060 g de sal.

Figura 4.22: Preparación de solución de salmuera



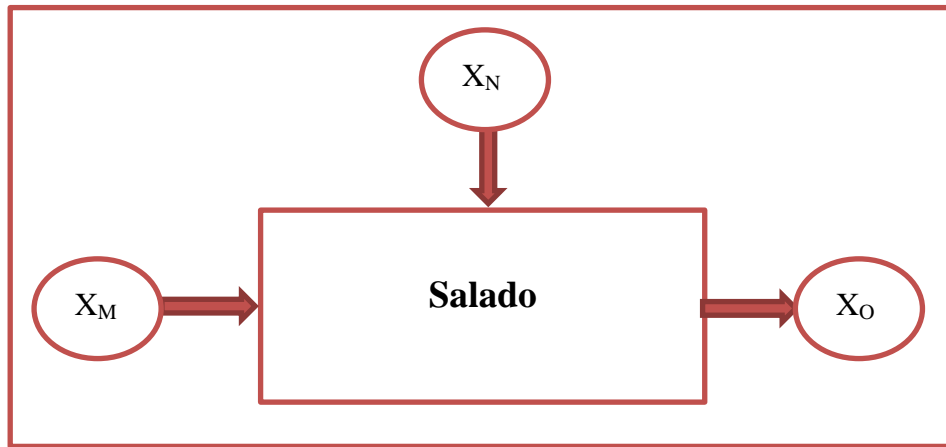
$$V = X + W \quad \text{ecuación 4.11}$$

$$V = 5000 \text{ g} + 1060 \text{ g}$$

$$V = 6060 \text{ g}$$

Se obtuvo 6060 g de solución de salmuera a 20 °Be.

Figura 4.23: Balance de materia en la etapa de salado



Datos

X_M = queso prensado (g) = 2569,122 g

X_N = salmuera(g)

X_O = queso fresco (g) = 2701,200 g

Balance global en la etapa del salado

$$X_M + X_N = X_O \quad \text{ecuación 4.12}$$

$$X_N = 2701,200 \text{ g} - 2569,122 \text{ g}$$

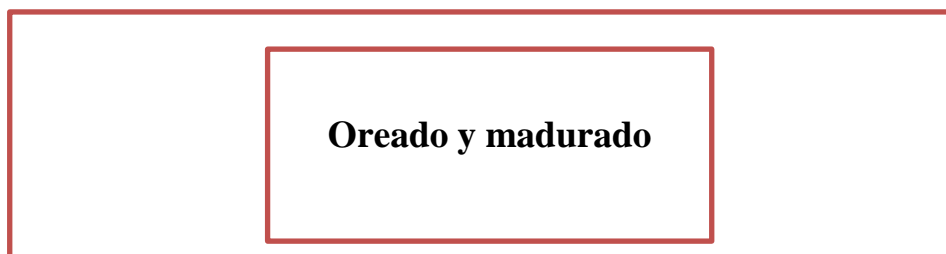
$$X_N = 132,078 \text{ g}$$

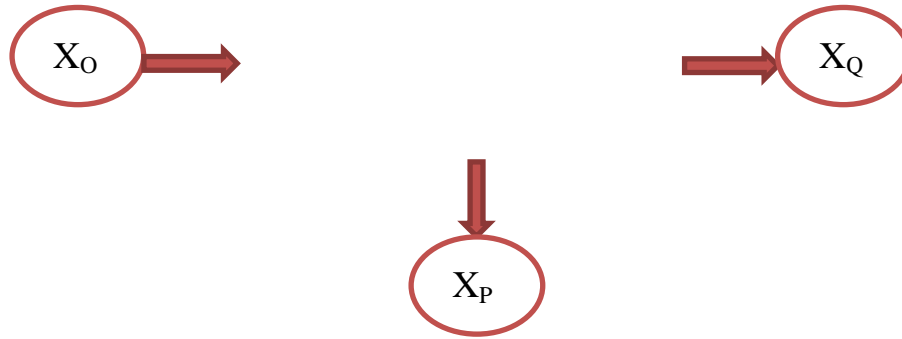
La absorción de solución de salmuera en el molde de queso en la etapa de salado fue de 132,078 g

4.8.1.6 BALANCE DE MATERIA EN LA ETAPA DE OREADO Y MADURADO

En la etapa de oreado y madurado, se tomó en cuenta la variación del peso en la muestra en el transcurso de los 25 días de maduración, tomando la diferencia como agua evaporada.

Figura 4.24: Balance de materia en la etapa de oreado y madurado





Datos

$X_O = \text{Queso fresco (g)} = 2701,200 \text{ g}$

$X_P = \text{Vapor de agua}$

$X_Q = \text{Queso madurado (g)} = 2643,837 \text{ g}$

Balance global de queso oreado y madurado

$$X_O = X_P + X_Q \quad \text{ecuación 4.13}$$

$$X_P = 2701,200 \text{ g} - 2643,837 \text{ g}$$

$$X_P = 57,363 \text{ g}$$

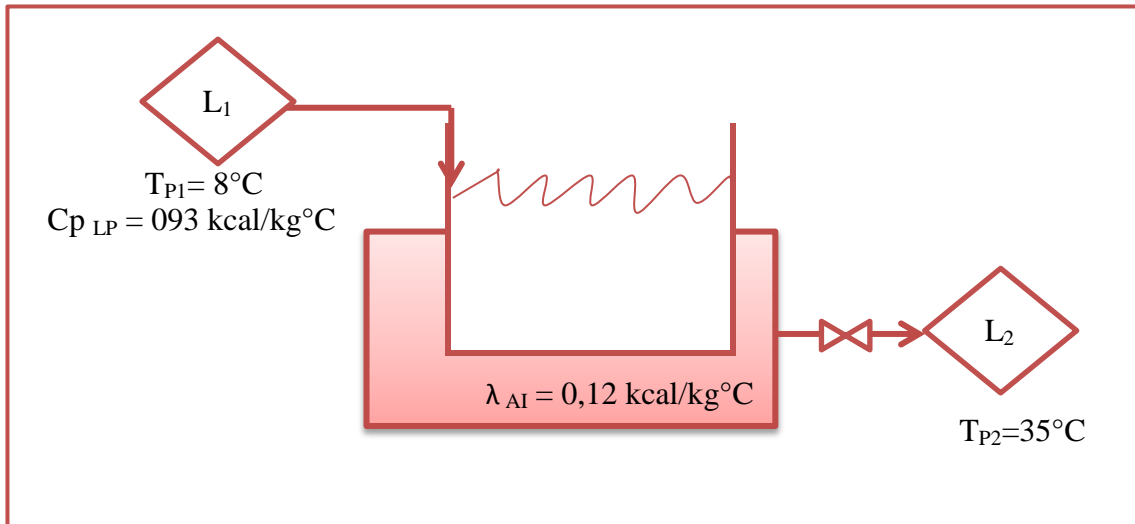
4.8.2 BALANCE DE ENERGÍA

El balance de energía se basa en la Ley de la Conservación de energía que indica que un proceso, la energía no se crea, ni se destruye, solo se transforma (Barderas, 1994).

En un balance total de energía se toma en cuenta las transferencias de energía a través de los límites del sistema. Ciertos tipos de energía están asociados a la masa que fluye, otros tipos como Q (calor) y W (trabajo) son sólo formas de transmisión de energía (Barderas, 1994).

4.8.2.1 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE ATEMPERADO

Figura 4.25: Balance de energía en la etapa de atemperado



La determinación de calor ganado y cedido en los diferentes procesos son calculados a partir de la siguiente ecuación:

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_{\text{GANADO}} + Q_{\text{CEDIDO}} \quad \text{ecuación 4.1.1}$$

Una vez recepcionada la leche pasteurizada se procede a atemperarla a 35°C para iniciar el proceso, donde se tiene:

L₁ = Leche pasteurizada fría

L₂ = Leche pasteurizada atemperada

T_{P1} (Temperatura inicial de la leche pasteurizada) = 8°C

T_{P2} (Temperatura final de la leche pasteurizada) = 35°C

C_{p LP} (Calor específico de la leche pasteurizada) = 0,93 kcal/kg°C

λ_{AI} (Conductividad térmica de acero inoxidable AISI 304) = 0,12 kcal/kg°C

$$0,12 \frac{\text{kcal}}{\text{kg}^\circ\text{C}} * \frac{1000 \text{ kg}}{1 \text{ m}^3} = 120 \text{ kcal/m}^3\text{C}$$

m_1 (Masa de la leche pasteurizada)= 30,98 kg

m_{AI} (Masa del acero inoxidable) = 0,031 m³

Q_A (Calor necesario para atemperar la leche pasteurizada)

$$Q_2 = Q_{ATEMPERADO} + Q_{TINA}$$

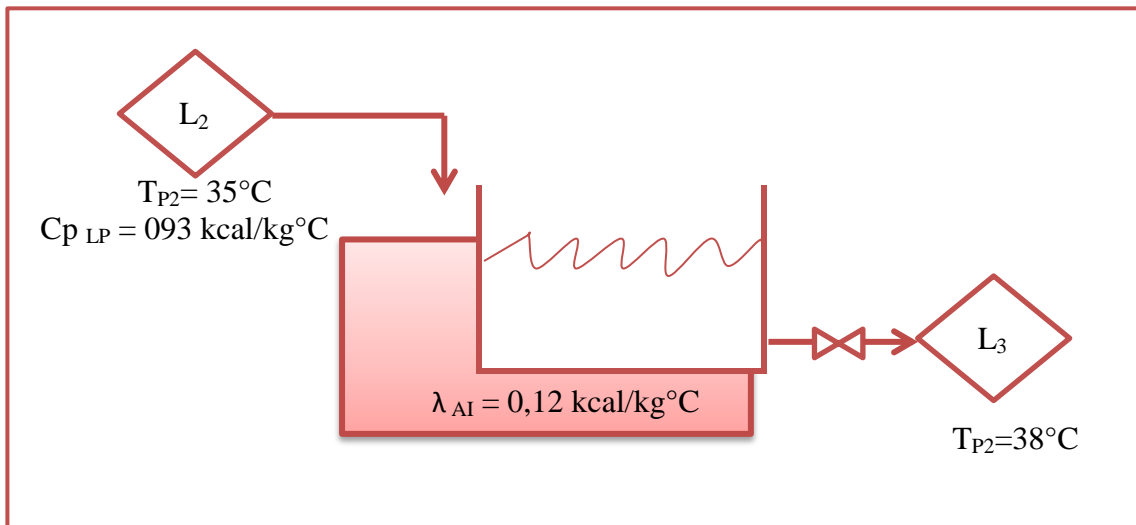
$$Q_1 = m_1 * C_{pLP} * \Delta T + m_{AI} * \lambda_{AI} \quad \text{ecuación 4.1.1}$$

$$Q_1 = 30,98 \text{ kg} * 0,93 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} * (35 - 8)^\circ\text{C} + 0,031 \text{ m}^3 * 120 \text{ kcal/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_1 = 781,63 \text{ kcal}$$

4.8.2.2 BALANCE DE ENERGÍA EN EL PROCESO DE PRE MADURACIÓN

Figura 4.26 : Balance de energía en la etapa de pre maduración



Una vez ya atemperada la leche pasteurizada se procede a inocular el cultivo aumentando levemente la temperatura, donde se tiene:

L₂= Leche pasteurizada atemperada

L₃= Leche pasteurizada pre-madurada

m_2 (Masa de la leche pasteurizada)= 30,98 kg

$C_{p_{LP}}$ (Calor específico de la leche pasteurizada)= 0,93 kcal/kg°C

T_{P3} (Temperatura final de pre maduración)= 38°C

T_{P2} (Temperatura inicial de pre maduración) = 35°C

Q_2 = Calor necesario para incrementar la temperatura de pre maduración

$$Q_2 = Q_{\text{PRE-MADURACIÓN}} + Q_{\text{TINA}}$$

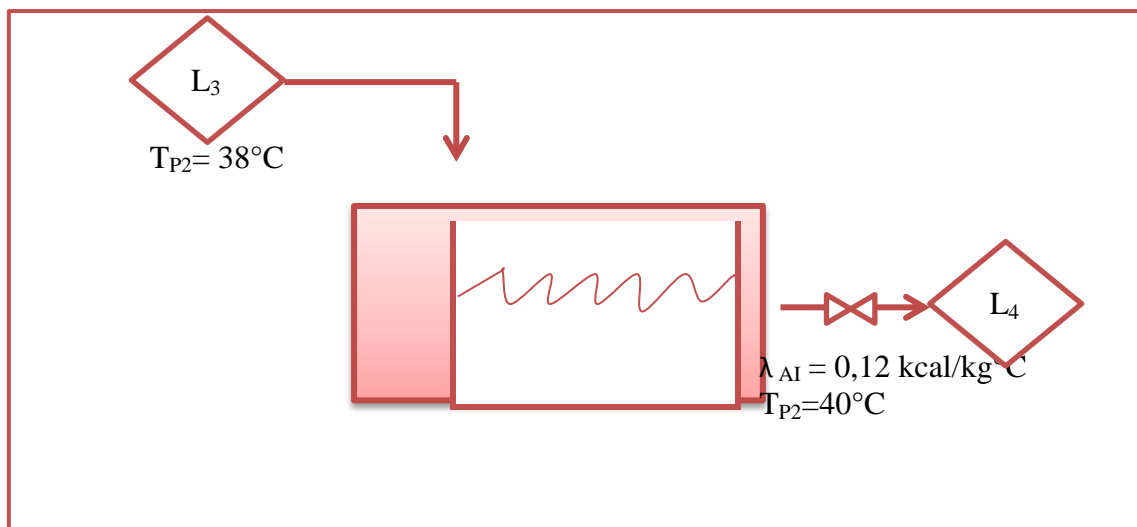
$$Q_2 = m_2 * C_{p_{LP}} * \Delta T + m_{AI} * \lambda_{AI} \quad \text{ecuación 4.1.3}$$

$$Q_2 = 30,98 \text{ kg} * 0,93 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} * (38 - 35)^\circ\text{C} + 0,031 \text{ m}^3 * 120 \text{ kcal/m}^3 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_2 = 90,15 \text{ kcal}$$

4.8.2.3 BALANCE DE ENERGÍA EN EL TRATAMIENTO TÉRMICO DE LA CUAJADA

Figura 4.27 : Balance de energía en la etapa de tratamiento térmico de la cuajada



Para resolver el balance de energía en la etapa del tratamiento de la cuajada, se utiliza la ecuación 4.1.1, se tiene:

$$Q_3 = Q_{\text{TRAT. CUAJADA}} + Q_{\text{TINA}}$$

m_3 (Masa de la cuajada)= 31,01 kg

T_{P4} (Temperatura final de tratamiento de la cuajada)= 40°C

T_{P3} (Temperatura inicial de tratamiento de la cuajada) = 38°C

m_{AI} (Masa del acero inoxidable) = 0,031 m³

λ_{AI} (Conductividad térmica de acero inoxidable AISI 304) = 0,12 kcal/kg°C = 120 kcal/m³°C

C_p CUAJADA (Calor específico de la mezcla cuajada)

Teniendo el dato del calor específico de cada componente de la mezcla de la cuajada y el valor porcentual de cada uno utilizado en la elaboración del queso, se obtiene el valor de $C_{pCUAJADA}$:

$$C_{pCaCl_2} = 0,625 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} * 0,03\% = 0,019 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{pNaNO_3} = 0,294 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} * 0,02\% = 0,006 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{p\text{cuajo}} = 0,460 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} * 0,02\% = 0,009 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{pLP} = 0,930 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} * 0,93\% = 0,860 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

$$C_{pCUAJADA} = 0,019 + 0,006 + 0,009 + 0,860$$

$$C_{pCUAJADA} = 0,899 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C}$$

Q_3 = Calor necesario para el tratamiento de la cuajada

$$Q_3 = m_3 * C_p \text{ CUAJADA} * \Delta T + m_{AI} * \lambda_{AI} \quad \text{ecuación 4.1.4}$$

$$Q_3 = 31,01 \text{ kg} * 0,899 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C} * (40-38)^\circ\text{C} + 0,031 \text{ m}^3 * 120 \text{ kcal/m}^3^\circ\text{C}$$

$$Q_3 = 59,48 \text{ kcal}$$

La energía calórica total, necesaria para el proceso de elaboración de queso Danbo es la sumatoria de cada una efectuadas, así:

$$Q_{\text{TOTAL}} = \sum Q_{1,2,..n}$$

ecuación 4.1.5

$$Q_{\text{TOTAL}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 781,63 \text{ kcal} + 90,15 \text{ kcal} + 59,48 \text{ kcal}$$

$$Q_{\text{TOTAL}} = 921,26 \text{ kcal}$$

5.1 CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo de investigación, se puede llegar a las siguientes conclusiones:

- El análisis de la leche pasteurizada como materia prima muestra los siguientes resultados: Acidez 0,11% de ácido láctico; pH 6,88; proteína 3,28%; sólidos totales 10,2%; coliformes fecales <10 ufc/ml y coliformes totales <10 ufc/ml, con los mismos se pudo establecer que ésta es de muy buena calidad para la elaboración del producto.
- Para establecer las características del queso Danbo, se buscó una muestra patrón entre cuatro productos, de los cuales uno de ellos fue el escogido por el panel degustador. La muestra que presentó mejores puntuaciones fue la de “La Paulina”, queso Danbo de industria argentina. Una vez conocido el queso patrón, se procedió a establecer las características del queso, realizando comparaciones en cuanto a; porcentaje de materia grasa, humedad, acidez, pH, entre otros.
- Para determinar el color apropiado del queso a elaborar en el presente trabajo de investigación, se preparó tres diferentes pruebas que se compararon con la muestra patrón, llegando a la conclusión de que la muestra dos, tuvo el grado de color similar al de la muestra patrón, obteniendo así un queso de gran aceptabilidad según el panel degustativo.
- De acuerdo con los resultados de la evaluación sensorial en la obtención de queso Danbo, se determinó que la muestra con mayor preferencia en cuanto a los atributos olor, sabor, y aceptabilidad es la muestra 1 y para el atributo textura la muestra 4. Realizando el análisis estadístico se pudo observar que no existe diferencia significativa de variación en las muestras para $\alpha = 0,05$. Con estos resultados se llegó a la conclusión personal de que la muestra 1 era la indicada para la ejecución del presente trabajo.

- Con respecto a lo que se refiere al diseño experimental realizado para la elaboración del queso Danbo se pudo observar que entre los factores estudiados como ser: cantidad de cuajo (A), cantidad de cloruro cálcico (B) no son variables significativas para el proceso en cuanto a la variable respuesta acidez y PH en la maduración del queso. Mientras que su interacción (AB), es una variable significativa durante la maduración del queso en la respuesta incremento de pH, para un límite de confianza del 95%.
- Los resultados obtenidos de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos del producto final se ajustan a la norma boliviana (NB 33024.10), dando como resultado: acidez 0,30 % de ácido láctico; pH 5,7; humedad 43,48%; materia seca 56,52 %; materia grasa base seca 42,97%; cloruro de sodio (sal) 2,02%; coiliformes <10 ufc/g; staphilococcus <10 ufc/g y ausencia de salmonella.
- En cuanto se refiere a la evaluación sensorial realizada al producto final se obtuvo una puntuación promedio, según la escala hedónica de los atributos color 8,33; olor 8,00; sabor 8,00; textura 7,73 y aceptabilidad 8,27, lo cual muestra un producto aceptable para los consumidores.
- El envase correcto para la conservación adecuada del producto se definió como la bolsa de polipropileno “Cryovac” por ser la mejor opción que protege al producto de las influencias externas, extendiendo su vida útil. La bolsa una vez sellada es hermética, a prueba de fuga o absorciones de líquidos, es una barrera contra los microorganismos y previene la contaminación. Además de contraerse y moldearse a la forma del producto sin dañarlo.

5.2 RECOMENDACIONES

De acuerdo a las observaciones realizadas durante el trabajo de investigación se puede hacer las siguientes recomendaciones:

- En el proceso de inoculación del cultivo fermentativo se recomienda usar las cantidades correctas para evitar una acidificación mayor. En el etapa de coagulación

ocurre lo mismo, se debe tener cuidado con la dosis de cuajo puesto que en exceso provoca sabor amargo.

- El queso Danbo es un queso semiduro, madurado sin corteza a diferencia de otros quesos, por lo tanto para su maduración es importante darle las condiciones adecuadas, empezando por acondicionar una cámara de verdeo que ofrezca las condiciones adecuadas para su conservación y correcta maduración.
- Para mejores resultados se recomienda dejar como mínimo veinticinco días de maduración después del oreado de la salmuera. Con esto se asegura la obtención de un queso de óptima calidad con las características adecuadas.
- Se recomienda a la empresa realizar más pruebas en cuanto a la textura del queso, usando como mejoradores gelificantes o espesantes al momento de la coagulación.