

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS



**“DESARROLLO DE UNA LECHE SEMIDESCREMADA SIN
LACTOSA SABORIZADA CON PROCESAMIENTO UHT”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL
TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

OMAR ABEL PEVE GONZALES

LIMA – PERÚ

2022

Document Information

Analyzed document	Monografía TSP-PEVE GONZALES OMAR ABEL (2).pdf (D141262163)
Submitted	2022-06-26 21:56:00
Submitted by	Carlos Cesar Augusto Elias Peñafiel
Submitter email	celiasp@lamolina.edu.pe
Similarity	0%
Analysis address	celiasp.unalm@analysis.arkund.com

Sources included in the report

Entire Document

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS “
DESARROLLO DE UNA LECHE SEMIDESCREMADA SIN LACTOSA SABORIZADA Y CON PROCESAMIENTO UHT”
TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS
OMAR ABEL PEVE GONZALES LIMA - PERÚ 2021 La UNALM es titular de los derechos patrimoniales de la presente
investigación (Art. 24 - Reglamento de Propiedad Intelectual)

A mis padres. Siempre les estaré en deuda por todo lo que me han dado y el amor que me siguen brindando.
AGRADECIMIENTOS Un profundo agradecimiento a mi asesor, Ing. Mg. Sc. Carlos Elías Peñafiel, por todo su apoyo,
conocimiento, recomendaciones y tiempo brindados para poder llevar a cabo este trabajo. Asimismo, un enorme
agradecimiento a mi enamorada Sandy quien me alentó constantemente a realizar este trabajo.

ÍNDICE GENERAL I. INTRODUCCIÓN 1 II. REVISIÓN DE LITERATURA 3 2.1. Leche 3 2.1.1. Leche sin lactosa 3 2.2.
Composición de la leche 3 2.2.1. Leche saborizada 4 a. Leche sabor a chocolate 5 2.3. Procesamiento de la leche 6 a.
Descremado de la leche 6 b. Pasteurización 7 c. Homogenización 7 d. Tratamiento UHT 9 e. Deslactosado de la leche 10
f. Almacenamiento aséptico 10 g. Envasado aséptico 11 2.4. Ingredientes 11 2.4.1. Cacao en polvo 11 a. Alcalinización 12
2.4.2. Lactasa 13 III. METODOLOGÍA 14 3.1. Lugar de Ejecución 14 3.2. Materia prima e Insumos 14
3.3. Materiales, Equipos y Reactivos 15 3.3.1 Materiales 15 3.3.2. Equipos 15 3.4. Métodos de Análisis 16 3.4.1. Análisis de
antibióticos 16 3.4.2. Análisis de acidez 17 3.4.3. Análisis del índice crioscópico 17 3.4.4. Análisis de grasa 17 3.4.5. Análisis
de proteínas 18 3.4.6. Análisis de azúcares totales, lactosa y sacarosa 18 3.4.7. Análisis de sólidos totales 18 3.4.8. Análisis
de vitamina D 19 3.4.9. Análisis de calcio 19 3.4.10. Análisis de cenizas totales 19 3.5. Metodología Experimental 20 3.5.1.
Etapa 1: Desarrollo de pruebas de laboratorio 20 3.5.2. Etapa 2: Desarrollo de ensayo industrial 22 a. Diagrama de flujo 22
b. Descremado y estandarizado de la leche fresca 22 c. Pasteurización 22 d. Pre calentamiento de leche 22 e. Adición de
premezcla 22 f. Homogenización 24 g. Recirculación 24
h. Estabilización en tanque 24 i. Agitación en tanque 24 j. Liberación de la formulación 24 k. Procesamiento aséptico 24 l.
Dosificación de enzima lactasa 25 m. Almacenamiento aséptico 25 n. Envasado aséptico 25 3.5.3. Etapa 3 25 3.6. Diseño
Experimental 26 3.7. Análisis Estadístico 29 IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 31 4.1. Resultados de la Etapa 1 31 4.2.
Resultados de la Etapa 2 33 4.3. Resultados de la Etapa 3 36 4.4. Aplicación de las competencias profesionales 36 V.
CONCLUSIONES 42 VI. RECOMENDACIONES 43 VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 44

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

**“DESARROLLO DE UNA LECHE SEMIDESCREMADA SIN
LACTOSA SABORIZADA CON PROCESAMIENTO UHT”**

Presentado por:

OMAR ABEL PEVE GONZALES

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS**

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

M.Sc. Walter F. Salas Valerio

PRESIDENTE

Dra. Ana C. Aguilar Galvez

MIEMBRO

Mg.Sc. Silvia M. García Torres

MIEMBRO

Mg.Sc. Carlos C.A. Elías Peñafiel

ASESOR

Lima – Perú

2022

DEDICATORIA

A mis padres. Siempre les estaré en deuda por todo lo que me han dado y el amor que me siguen brindando.

AGRADECIMIENTOS

Un profundo agradecimiento a mi asesor, Ing. Mg.Sc. Carlos Elías Peñafiel, por todo su apoyo, conocimiento, recomendaciones y tiempo brindados para poder llevar a cabo este trabajo.

Asimismo, un enorme agradecimiento a mi enamorada Sandy, quien me alentó constantemente a realizar este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN

ABSTRACT

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1.	LECHE	4
2.1.1.	LECHE SIN LACTOSA	4
2.2.	COMPOSICIÓN DE LA LECHE.....	5
2.2.1.	LECHE SABORIZADA	6
2.3.	PROCESAMIENTO DE LA LECHE.....	7
2.4.	INGREDIENTES	13
2.4.1.	CACAO EN POLVO	13
2.4.2.	LACTASA.....	14
III.	METODOLOGÍA	16
3.1.	LUGAR DE EJECUCIÓN	16
3.2.	MATERIA PRIMA E INSUMOS.....	16
3.3.	MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS	17
3.3.1.	MATERIALES.....	17
3.3.2.	EQUIPOS	17
3.4.	MÉTODOS DE ANÁLISIS	18
3.4.1.	ANÁLISIS DE ANTIBIÓTICOS	18
3.4.2.	ANÁLISIS DE ACIDEZ.....	19
3.4.3.	ANÁLISIS DE ÍNDICE CRIOSCÓPICO	19
3.4.4.	ANÁLISIS DE GRASA.....	19
3.4.5.	ANÁLISIS DE PROTEÍNA.....	20
3.4.6.	ANÁLISIS DE AZÚCARES TOTALES, LACTOSA Y SACAROSA.....	20
3.4.7.	ANÁLISIS DE SÓLIDOS TOTALES.....	21
3.4.8.	ANÁLISIS DE VITAMINA D	21
3.4.9.	ANÁLISIS DE CALCIO.....	21
3.4.10.	ANÁLISIS DE CENIZAS TOTALES.....	22
3.5.	METODOLOGÍA EXPERIMENTAL.....	22
3.5.1.	ETAPA 1: DESARROLLO DE PRUEBAS DE LABORATORIO	22

3.5.2.	ETAPA 2: DESARROLLO DE ENSAYO INDUSTRIAL	24
3.5.3.	ETAPA 3: DESARROLLO DE PRIMER LOTE COMERCIAL.....	28
3.6.	DISEÑO EXPERIMENTAL.....	28
3.7.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	32
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	34
4.1.	RESULTADOS DE LA ETAPA 1	34
4.2.	RESULTADOS DE LA ETAPA 2	36
4.3.	RESULTADOS DE LA ETAPA 3	39
4.4.	APLICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS PROFESIONALES	42
V.	CONCLUSIONES.....	44
VI.	RECOMENDACIONES.....	45
VII.	BIBLIOGRAFÍA	46

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Composición aproximada de la leche de vaca	5
Tabla 2:	Límites de contenido de energía, sodio, azúcares totales y grasas saturadas en alimentos líquidos	23
Tabla 3:	Calificaciones cualitativas respecto al primer lote comercial	33
Tabla 4:	Calificaciones numéricas con respecto al primer lote comercial	33
Tabla 5:	Fórmula general de los prototipos.....	34
Tabla 6:	Lista de ingredientes de los tres prototipos seleccionados.....	34
Tabla 7:	Propuesta de información nutricional a declarar en el envase	35
Tabla 8:	Resultados de la evaluación sensorial 60/40.....	37
Tabla 9:	Resultados analíticos nutricionales del ensayo industrial del prototipo seleccionado SCHOCO 3 vs propuesta de información nutricional a declarar	37
Tabla 10:	Resultados microbiológicos del ensayo industrial	39
Tabla 11:	Especificaciones microbiológicas de las leches UHT y cremas UHT	39
Tabla 12:	Resultados analíticos nutricionales del primer lote comercial vs información nutricional declarada en el envase	39
Tabla 13:	Resultados microbiológicos del ensayo industrial	41
Tabla 14:	Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados en el desempeño laboral ..	42
Tabla 15:	Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados en el desarrollo de una leche semidescremada sin lactosa saborizada y con procesamiento UHT	43

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Interpretación visual de los resultados con TwinSensor	19
Figura 2:	Descriptores nutricionales en el etiquetado para alimentos que sobrepasen límites máximos	23
Figura 3:	Diagrama de flujo de la elaboración de leche semidescremada sin lactosa sabor cacao y con procesamiento UHT.....	25
Figura 4:	Diseño experimental de la etapa 1 de desarrollo de prototipos a nivel laboratorio de leche saborizada sin lactosa y con procesamiento UHT ..	29
Figura 5:	Diseño experimental de la etapa 2 de producción del ensayo industrial de la leche saborizada sin lactosa y con procesamiento UHT	30
Figura 6:	Diseño experimental de la etapa 3 de producción de primer lote comercial de la leche saborizada sin lactosa y con procesamiento UHT.....	31
Figura 7:	Especificación sensorial del producto terminado	32

RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue desarrollar una leche sabor cacao sin lactosa con procesamiento UHT con la finalidad de contar con un producto lácteo saborizado en el portafolio de la marca láctea de la compañía dirigida al público adulto femenino del mercado chileno. La presentación del producto terminado fue en formato individual de tipo multicapa (200 ml). Este desarrollo se dividió en tres etapas: la elaboración de prototipos a nivel laboratorio, el ensayo industrial y la primera producción comercial. Asimismo, en concordancia con la búsqueda de formular un alimento saludable, se decidió que el contenido nutricional del producto terminado cumpla con los límites establecidos por la Ley de Etiquetado del Reglamento Sanitario Chileno para no llevar octógonos de advertencia en su presentación. En la producción industrial se realizó el procesamiento aséptico UHT de tipo indirecto en un intercambiador de calor tubular con un homogenizador de tipo aséptico. La reducción del contenido de lactosa en la leche fue de tipo enzimático. La adición de la enzima lactasa (β -galactosidasa) fue aséptica y en línea tras el tratamiento UHT y antes de su almacenamiento aséptico, continuando la hidrólisis de la lactosa tras el envasado aséptico. La esterilización del envase multicapa fue en línea dentro de la envasadora aséptica y con peróxido de hidrógeno a una concentración de 30%. Los análisis de macro y micronutrientes del ensayo industrial y el lote comercial cumplieron con la información nutricional presentada en el envase, incluido el máximo de contenido de lactosa requerido. Adicionalmente, se cumplió en ambas producciones industriales con los criterios microbiológicos de la regulación local. El prototipo seleccionado cumplió con la aprobación del ensayo industrial y luego con la liberación del lote comercial. Además, tuvo como ingredientes distintivos los sabores vainilla y canela, que resaltan el sabor principal del cacao.

Palabras clave: Desarrollo de productos, leche sin lactosa, procesamiento UHT, envasado aséptico, etiquetado nutricional, sabor chocolate

ABSTRACT

The objective of this work was to develop a cocoa-flavored milk without lactose with UHT processing in order to have a flavored dairy product in the portfolio of the company's dairy brand aimed at the adult female audience in the Chilean market. The presentation of the finished product was in an individual 200 ml multilayer type format. This development was divided into three stages: the development of prototypes at the laboratory level, the industrial trial and the first commercial production. Likewise, in accordance with the search to formulate a healthy food, it was decided that the nutritional content of the finished product complies with the limits established by the labeling law of the Chilean Sanitary Regulations so as not to carry the warning octagons in its presentation. In industrial production, indirect type UHT aseptic processing was carried out in a tubular heat exchanger with an aseptic type homogenizer. The reduction of lactose content in milk was enzymatic. The addition of the lactase enzyme (β -galactosidase) was aseptic and in-line after UHT heat treatment and before aseptic storage, with lactose hydrolysis continuing after aseptic packaging. The sterilization of the multilayer container was in line inside the aseptic packaging machine and with hydrogen peroxide at a minimum concentration of 30%. The macro and micronutrient analyses of the industrial trial and the commercial batch complied with the nutritional information presented on the package, including the maximum required lactose content. Additionally, both industrial productions (industrial trial and first commercial production) met the microbiological criteria of local regulation. The selected prototype complied with the approval of the industrial test and then with the release of the commercial batch. In addition, it had vanilla and cinnamon flavors as distinctive ingredients, which highlight the main flavor of the added cocoa.

Keywords: Product development, lactose-free milk, UHT processing, aseptic packaging, nutritional labeling, chocolate flavor

I. INTRODUCCIÓN

La leche de vaca es un nutriente básico en la alimentación humana, no solamente para la nutrición infantil sino para el público adulto por sus aportes significativos de proteínas, calcio, fósforo y vitaminas. Acerca de los beneficios para la salud de la leche, Thorning *et al.* (2016) manifiestan que la totalidad de evidencia científica disponible respalda que el consumo de leche y productos lácteos contribuyen con las recomendaciones nutricionales, y puede proteger contra las enfermedades crónicas más prevalentes, mientras que muy pocos efectos adversos han sido reportados.

En cuanto a la saborización de las leches líquidas, esto responde a una estrategia de diferenciación de marca para dejar de ofrecer al mercado solamente un producto de tipo *commodity* como es la leche pura, así como a la búsqueda de nuevos consumidores adultos que no suelen consumir leche o que solo la toman en las comidas principales como el desayuno. Esto se coincide con el informe del “índice lácteo” reportado por Tetra Pak (Tetra Pak, 2015); además, este documento menciona que las motivaciones de los consumidores para regresar a la leche son: nuevos sabores, más calcio, más proteínas, hacerlo todo natural, hacerlo realmente digerible y un olor diferente.

Adicionalmente, el deslactosado de la leche en el producto final obedece a la alta incidencia de una población intolerante a la lactosa, así como a la preocupación creciente del público femenino en una alimentación más saludable. Díaz (2018) señala que, a pesar que no hay investigaciones poblacionales en Chile, se estima que más del 50% de los adultos chilenos son intolerantes a la lactosa.

La compañía en el 2017 contaba con una línea de productos lácteos con tratamiento UHT que se comercializaban bajo siete marcas. Cuatro de ellas estaban enfocadas en niños de edad escolar (leches saborizadas), una de crema de leche dirigida al sector culinario y dos

marcas de leche no saborizada dirigidas solo al público adulto. De estas dos últimas, una marca estaba orientada al público femenino e incluía dos tipos de producto: una leche semidescremada y una leche descremada, ambas sin lactosa. Por lo tanto, no se había desarrollado un producto saborizado para el público adulto femenino.

Por otro lado, algunas empresas competidoras de productos UHT que existían en el mercado habían lanzado marcas de leches saborizadas enfocadas en el público adulto que tuvieron muy buen desempeño, captando además una parte importante del mercado. Adicionalmente, los formatos Tetra Pak individuales de leche líquida habían crecido en 35% durante el 2016, y el 87% de la venta de estos formatos eran saborizados.

Asimismo, como resultado de un estudio de mercado, se tomó conocimiento que a las consumidoras de esta marca para público femenino les gustaría contar adicionalmente con un producto saborizado, agradable y bajo en calorías. Por estas razones, la compañía decidió entrar en el mercado en dicha categoría de leches saborizadas y con un formato individual (200 ml).

Por lo tanto, se propuso desarrollar una leche sin lactosa saborizada, baja en grasa y baja en azúcares, lo que permitiría un etiquetado libre de octógonos, indicando al consumidor que el producto no era: alto en calorías, alto en sodio, alto en azúcares totales o alto en grasas saturadas. De esta manera, el producto se volvería más atractivo para su consumo. Esta normativa de etiquetado es especificada por Ministerio de Salud de Chile (MINSAL) en su Reglamento Sanitario de los Alimentos (MINSAL, 2017a).

Acerca del tipo de sabor, se decidió elegir el sabor chocolate por ser el más comercial en el mercado chileno y se propuso denominar al nuevo desarrollo como leche sabor a cacao para posicionarse mejor en el público objetivo.

Por lo expuesto, el objetivo general del presente trabajo fue desarrollar una leche sin lactosa sabor cacao, baja en grasas, baja en azúcares totales, baja en sodio y baja en calorías, con procesamiento UHT en formato individual para el segmento poblacional de mujeres adultas. Asimismo, se planteó desarrollar formulaciones del producto para pruebas de laboratorio considerando los criterios de ser una leche saborizada sin lactosa, baja en grasa, baja en azúcares totales y baja en calorías, para posteriormente seleccionar los

prototipos mediante pruebas sensoriales. Luego, se estableció desarrollar y aprobar el ensayo industrial (escalamiento) mediante pruebas fisicoquímicas y microbiológicas. Por último, se propuso desarrollar y liberar el lote comercial a través de pruebas fisicoquímicas, sensoriales y microbiológicas.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. LECHE

El Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile define a “la leche” (que no posee otra denominación) como el producto de la ordeña completa e ininterrumpida de vacas sanas, bien alimentadas y en reposo, exento de calostro (MINSAL, 2017a). Además, este documento menciona que las leches de otros animales se denominarán según la especie de que proceden, así como también los productos que de ella se deriven.

Además, el mismo reglamento establece que se denominará “leche con...” a los productos elaborados a partir de leche y que contienen una proporción igual o mayor al 75% de leche por porción en el producto final. Por otra parte, esta norma sostiene que se denominará como “bebida láctea” a los productos elaborados con base en leche con un mínimo de 30% de leche en el producto final (MINSAL, 2017a).

Asimismo, Spreer (1998) indica que la leche es el líquido excretado por las glándulas mamarias de las mujeres y mamíferos, el cual sirve a los recién nacidos como alimento. A nivel de la tecnología láctea, la leche es el producto obtenido por simple o múltiple ordeño de mamíferos destinados para la producción láctea.

2.1.1. LECHE SIN LACTOSA

Sobre directrices nutricionales para declarar las propiedades saludables de los alimentos, la Norma Técnica Chilena N° 191 (MINSAL, 2017b), señala que para que un alimento sea considerado sin lactosa debe contener menos de 0.5 g de lactosa por porción de consumo habitual, para que pueda así declararse y ser consumida por personas intolerantes a la lactosa.

2.2. COMPOSICIÓN DE LA LECHE

La leche es a menudo descrita como una suspensión colonial, conteniendo glóbulos de grasa emulsionados, una familia heterogénea de proteínas mayores y menores, el carbohidrato lactosa, minerales, vitaminas y enzimas. Walstra *et al.* (2006) detallan los componentes de esta en la Tabla 1.

Tabla 1: Composición aproximada de la leche de vaca

Componentes	Contenido promedio en la leche (%p/p)	Rango ^a	Contenido promedio sobre extracto seco (%p/p)
Agua	87.1	85.3-88.7	-
Sólidos no grasos	8.9	7.9-10.0	-
Grasa en extracto seco	31	22-38	-
Lactosa	4.6	3.8-5.3	36
Grasa	4.0	2.5-5.5	31
Proteína ^b	3.3	2.3-4.4	25
Caseína	2.6	1.7-3.5	20
Sustancias minerales	0.7	0.57-0.83	5.4
Ácidos orgánicos	0.17	0.12-0.21	1.3
Varios	0.15	-	1.2

^a Estos valores raramente van a ser excedidos, por ejemplo, en 1 a 2% de muestras de ordeños separados de vacas individuales saludables, excluyendo el calostro y la leche obtenida poco antes del parto. ^b No se incluyen los compuestos nitrogenados no proteicos.

FUENTE: Tomado de Walstra *et al.* (2006)

Asimismo, la composición y propiedades de la leche fresca de vaca muestran una variabilidad considerable. Los principales factores que aumentan la variabilidad son: factores genéticos como la raza, la etapa de lactancia, el estado sano de la vaca y factores ambientales como la alimentación, el clima o el método de ordeño (Tamime, 2009).

Al respecto, Walstra *et al.* (2006) mencionan lo siguiente:

- La lactosa o azúcar de la leche es el carbohidrato representativo de la leche. Es un azúcar reductor y es un disacárido compuesto de glucosa y galactosa.

- En cuanto a la grasa, estos autores sostienen que está principalmente formada por triglicéridos, constituyendo una mezcla muy complicada. Los ácidos grasos que los componen varían ampliamente en la longitud de la cadena (2 a 20 átomos de carbono) y en saturación (de 0 a 4 dobles en enlaces). Otros lípidos presentes son los fosfolípidos, colesterol, ácidos grasos libres, monoglicéridos y diglicéridos.
- Alrededor de cuatro quintos de la proteína consiste de caseína, en realidad una mezcla de cuatro proteínas: α_{S1} -, α_{S2} -, β -, y caseína κ . Las caseínas son típicas de la leche y tienen algunas propiedades específicas: ellas son fosforiladas en cierta extensión y cuentan con poca o ninguna estructura secundaria. El resto consiste en su mayoría de las proteínas del suero, siendo la principal la β -lactoglobulina. Además, la leche contiene numerosas proteínas menores, incluyendo un amplio rango de enzimas.
- Los minerales, principalmente potasio, sodio, calcio, magnesio, cloro y fosfato, no equivalen al contenido en sales. La leche contiene numerosos otros elementos en cantidades traza. Las sales están solo parcialmente ionizadas. Los ácidos orgánicos se encuentran generalmente como iones o como sales; el citrato es el más abundante. Adicionalmente, la leche tiene muchos otros componentes misceláneos, a menudo en cantidades trazas.

2.2.1. LECHE SABORIZADA

El Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile señala que la leche saborizada es el producto obtenido “a partir de la leche entera, parcialmente descremada o descremada pasteurizada, sometida a tratamiento UHT o esterilizada, a la que se ha adicionado saborizantes, aromatizantes, edulcorantes y estabilizantes autorizados en el presente reglamento con el objeto de obtener un producto con caracteres organolépticos diferentes” (MINSAL, 2017).

a. LECHE SABOR A CHOCOLATE

De acuerdo con Prakash *et al.* (2010), la leche sabor a chocolate es formulada con leche, cacao en polvo, azúcar e hidrocoloides; su composición final, propiedades sensoriales y físicas de dependen significativamente de las cantidades de ingredientes, incluyendo el tipo de hidrocoloide, la grasa y el tipo de cacao utilizado.

2.3. PROCESAMIENTO DE LA LECHE

a. DESCREMADO DE LA LECHE

De acuerdo a Spreer (1998), durante esta operación la grasa de la leche es removida parcial o totalmente para:

- Obtener una leche descremada o con grasa reducida
- Concentrar la grasa de la leche para la producción de productos con alto contenido graso
- Estandarizar el contenido de grasa de la leche

El mismo autor señala que el descremado (separación, centrifugación) es la separación mecánica en crema y leche descremada por medio de fuerzas centrífugas. Está basado en los hechos que la grasa existe en sistemas dispersos en un estado emulsionado y que la diferencia de densidades específicas entre la grasa de la leche (0.93 g/ml) y la leche descremada (1.035 g/ml) es amplia. Básicamente, dos procesos para separación de grasa son posibles, descremado natural y separación con maquinaria. La forma natural no tiene importancia industrial.

Walstra *et al.* (2006) menciona que los principales factores que determinan la eficiencia del descremado son los siguientes:

- La aceleración centrífuga, que usualmente es alrededor de 6000 g, donde g es la aceleración debida a la gravedad.
- La distancia que deben recorrer los glóbulos grasos. Los discos dividen la cámara de la centrífuga en un gran número de espacios. La separación, por tanto, ocurre en solo 0.5 mm aproximadamente.
- El tiempo disponible para la separación, que resulta del volumen y la geometría de la parte de la geometría en el cual ocurre la separación y de la velocidad de flujo.
- La distribución del tamaño de los glóbulos grasos. El diámetro crítico de los glóbulos grasos que son recuperados de la separación centrífuga es de alrededor de 0.7 μm .
- Temperatura, que afecta principalmente la viscosidad de la leche descremada, pero también la densidad de los glóbulos grasos, la densidad de la leche descremada.

- La operación propia del separador, que implica que no haya vibraciones, ni fugas, etc. El diseño considerablemente afecta el resultado porque determina la variación en el tiempo de residencia y el radio efectivo. Otro aspecto es la disrupción de los glóbulos grasos en glóbulos más pequeños en el separador, que disminuye la eficiencia de la separación. Esto puede especialmente suceder a temperaturas más altas.

b. PASTEURIZACIÓN

Lee *et al.* (2017) mencionan que la pasteurización es el proceso de tratamiento térmico que extiende la vida útil de la leche y reduce el número de posibles microorganismos patógenos a niveles en el cual no presenten un riesgo a la salud. Aparte de los microorganismos patógenos, la leche también contiene otras sustancias y microorganismos que la deterioran y reducen su vida útil. Por tanto, un segundo propósito del tratamiento térmico es destruir muchos de estos otros organismos y sistemas enzimáticos. El nivel deseado de letalidad puede ser logrado en un amplio rango de combinaciones de tiempo y temperatura.

Según Britz & Robinson (2008), las condiciones de pasteurización están diseñadas para destruir efectivamente los microorganismos *Mycobacterium tuberculosis* y *Coxiella burnettii*.

El Codex Alimentarius (FAO/WHO, 2011) señala que como el *C. burnettii* es el patógeno no esporulado más resistente al calor y es probable su presencia en la leche, la pasteurización está diseñada para alcanzar al menos una reducción de 5 logaritmos de *C. burnettii* en la leche entera. De acuerdo a validaciones llevadas a cabo en la leche entera, las condiciones de pasteurización mínimas son las que acarrearán un efecto bactericida equivalente a calentar cada partícula de la leche a 72 °C por 15 segundos (pasteurización de flujo continuo) o 63 °C por 30 minutos (pasteurización por lote o *batch*).

c. HOMOGENIZACIÓN

De acuerdo a Spreer (1998), la homogenización es la desintegración de partículas en la cual fases de un líquido distribuidas uniforme o no uniformemente alcanzan un nivel más elevado de mezcla y el nivel de distribución se estabiliza. Entonces, el propósito principal

de la homogenización en la industria láctea es reducir el tamaño de los glóbulos grasos y alcanzar un diámetro uniforme de 0.5 - 1 μm .

Walstra *et al.* (2006) expresan que las principales razones para aplicar la homogenización son:

- Impedir la separación de la grasa: Para lograr esto, el tamaño de los glóbulos grasos debería ser significativamente reducido. Una capa de nata en el producto puede ser una molestia para el consumidor, especialmente cuando el envase no es transparente.
- Mejorar la estabilidad para evitar la coalescencia: La estabilidad incrementada de los glóbulos grasos homogenizados es causada por el diámetro reducido y por la capa superficial adquirida de los glóbulos grasos. Además, la coalescencia parcial ocurre especialmente en una capa de nata, y esta capa se forma mucho más lentamente en los productos homogenizados. En general, la prevención de la coalescencia parcial es usualmente el objetivo más importante de la homogenización. Una capa de nata per se no es un inconveniente muy grave, porque puede re-dispersarse fácilmente en la leche.
- Crear propiedades reológicas deseables: La formación de grumos de homogenización puede incrementar significativamente la viscosidad de un producto como la crema. La leche homogenizada y posteriormente acidificada (como el yogur) tiene una viscosidad más alta que leche no homogenizada. Esto ocurre porque los glóbulos grasos que ahora están cubiertos parcialmente de caseína participan en la agregación de las micelas de caseína.
- Recombinar productos lácteos: En una etapa del proceso, la grasa láctea debe ser emulsionado en un líquido como una leche descremada reconstituida. Un homogenizador, sin embargo, no es un emulsificador. Por tanto, la mezcla debe ser previamente emulsionada, por ejemplo, mediante agitación intensa; la emulsión así formada se homogeniza.

Según Spreer (1998), el efecto homogenizante se alcanza empujando un líquido bajo una presión muy alta a través de un orificio muy angosto, cuyo diámetro es apenas más grande que el diámetro de los glóbulos de grasas. Asimismo, las desventajas del homogenizado son:

- Área incrementada para el ataque de la lipasa microbiana, resultando en cambios lipolíticos.
- Aumentada sensibilidad a las influencias de la luz, resultando en defectos de sabor como rancio, jabonoso u oxidado.
- Área elevada para la contaminación microbiana.
- Estabilidad térmica reducida de la proteína (la homogenización debe ser después del tratamiento UHT para la leche UHT).

d. TRATAMIENTO UHT

El Codex Alimentarius (FAO/WHO, 2011) señala como tratamiento UHT de la leche y productos lácteos líquidos la aplicación de calor a un producto en flujo continuo, mediante temperaturas suficientemente altas por el tiempo necesario para que el producto resulte comercialmente estéril durante la elaboración. Combinando el tratamiento UHT con el envasado aséptico se obtiene un producto comercialmente estéril.

Según el FDA (2020), un producto lácteo es ultra-pasteurizado cuando ha sido procesado térmicamente a una temperatura igual o superior a 280 °F (137.8 °C) por al menos dos segundos, ya sea antes o después del envasado, con el fin de producir un producto que tiene una vida útil extendida bajo condiciones refrigeradas.

Tamime (2009) menciona que el tratamiento UHT está normalmente en el rango de 135 - 150 °C en combinación con tiempos de residencia apropiados para alcanzar la esterilidad comercial, donde los microorganismos son improbables de desarrollarse en el producto bajo condiciones normales de almacenamiento.

El mismo autor menciona que el tratamiento UHT puede ser directo o indirecto. En el calentamiento directo, el vapor sobrecalentado es mezclado con leche, mientras que, en el calentamiento indirecto, un intercambiador de calor transfiere calor a través de una división entre la leche y el medio de calentamiento que puede ser vapor o agua caliente. En el intercambiador de calor tubular, la barrera es la pared del tubo de acero inoxidable; y en el intercambiador de calor de placas, es la placa de acero inoxidable. Asimismo, el procesamiento UHT incluye las siguientes etapas: precalentamiento con regeneración de calor y un tiempo de residencia a la temperatura de precalentamiento, calentamiento a la

temperatura de esterilización y un tiempo de residencia a dicha temperatura, enfriamiento y envasado aséptico. La leche precalentada es a menudo sostenida por un corto tiempo (15 segundos a unos pocos minutos) para desnaturalizar las proteínas del suero, principalmente β -lactoglobulina, y así reducir su capacidad de sedimentar en las superficies calientes de la sección de calentamiento intenso.

Por su parte, Walstra *et al.* (2006) afirman que la esterilización UHT es mayormente realizada a temperaturas mayores a 140 °C. En consecuencia, el efecto esterilizante requerido es fácilmente alcanzado. Pero un tiempo de vida útil suficientemente largo a temperatura ambiente es solo obtenido si la actividad residual de la plasmina es como máximo 1%. A menudo, la curva para 600 mg de lactulosa representa el límite superior de la esterilización UHT, pero a ese límite resulta un sabor intenso a cocido.

e. DESLACTOSADO DE LA LECHE

Según Jansson *et al.* (2014) como consecuencia de la creciente preocupación de la intolerancia a la lactosa, productos lácteos sin lactosa se pueden encontrar en el mercado. La leche con hidrólisis de lactosa se puede producir mediante ultrafiltración y nanofiltración, que aproximadamente reduce en 40% el contenido de lactosa, y a través de hidrólisis enzimática por adición de lactasa. El resultado neto es leche con aproximadamente 60% del valor original de carbohidratos, compuesto por los azúcares reductores: glucosa (aprox. 2.5 g/100 ml de leche) y galactosa (aprox. 2.5 g/100 ml de leche) en vez de lactosa.

Asimismo, estudios han señalado que la leche con hidrólisis de lactosa puede ser más vulnerable a cambios químicos durante el procesamiento y almacenamiento que la leche convencional. La composición de carbohidratos modificada en la leche con hidrólisis de lactosa con la formación de glucosa y galactosa y su alta reactividad con aminos aumenta el número de productos generados por la reacción de Maillard en la leche con hidrólisis de lactosa comparado con la leche convencional.

f. ALMACENAMIENTO ASÉPTICO

David *et al.* (2013) sostienen que los tanques presurizados asépticos son usados para balancear el flujo del sistema de procesamiento a las demandas del equipo de envasado. A menudo, los tanques presurizados asépticos son usados para procesar productos que van a ser afectados adversamente al ser recirculados y reprocesados. Los productos lácteos son un buen ejemplo porque al ser reprocesados generalmente resultan en la caramelización de los sólidos lácteos y el desarrollo de sabores extraños.

Los mismos autores manifiestan que, generalmente, los tanques asépticos son usados para productos de acidez baja, y, por tanto, son diseñados según ASME (Sociedad Estadounidense de Ingenieros Mecánicos, por sus siglas en inglés) para elevadas presiones. Sin considerar el nivel de presión, el tanque debe ser primero esterilizado, lo cual es hecho, a menudo, con vapor. La presión de vapor y temperatura son mantenidas por un mínimo período de tiempo. El vapor regresa a través de filtros, que pueden estar conectados a un sistema de incineración para proveer un aire libre de partículas. Después de la esterilización, el tanque es enfriado. El enfriado puede ser hecho con aire (gas) o agua en las chaquetas del tanque (David *et al.*, 2013).

g. ENVASADO ASÉPTICO

Tamime (2009) indica que después de la esterilización y el enfriamiento subsecuente, el producto estéril es llenado en un envase estéril en un ambiente aséptico y herméticamente aislado para asegurar que la esterilidad es mantenida a lo largo de los procesos de distribución y manipulación. Dos tipos de sistemas de envasado aséptico son usados comercialmente. El primero usa envases preformados, y el segundo tipo forma, llena y sella los contenedores en el sistema de envasado aséptico. Para ambos sistemas, los contenedores pueden ser de plástico o cartón.

Según Bylund (2015), para los productos con un tiempo de vida útil largo sin refrigeración, el envase también debe brindar una protección casi completa contra la luz y el oxígeno atmosférico para proteger el valor nutricional y la calidad sensorial del producto. Un envase de cartón para leche de larga vida debe, por tanto, contar con un material de alta calidad, intercalado con capas de polietileno. El término aséptico implica la ausencia o

exclusión del producto, envase u otras áreas específicas de cualquier organismo no deseado. Por hermético se usa para indicar propiedades mecánicas adecuadas con la finalidad de excluir la entrada de bacterias en el envase, o más estrictamente, para prevenir el paso de microorganismos y gas o vapor al contenedor o desde el mismo.

2.4. INGREDIENTES

2.4.1. CACAO EN POLVO

El Codex Alimentarius (FAO/WHO, 2016) indica que el cacao en polvo es el producto obtenido de la tora de cacao y convertido en polvo.

De acuerdo a Fuquay *et al.* (2011), el cacao en polvo usado en la leche chocolatada es usualmente producida del cacao desgrasado, luego que la manteca de cacao ha sido separada por presión. Por tanto, el cacao en polvo obtenido presenta un contenido de grasa de aproximadamente 11%. El tamaño de partícula del cacao en polvo empleado en la leche chocolatada tiene que ser lo más pequeño posible: 10 - 30 μm es recomendado, y menos de 0.5% con un tamaño de partícula por encima de 75 μm . De acuerdo a la ley de Stokes, además de la viscosidad incrementada de la fase líquida, este es un factor importante para reducir la sedimentación. El cacao en polvo escogido debe proveer un buen color y sabor a chocolate. El cacao en polvo alcalinizado es preferido generalmente. Mientras más alcalino es el polvo, más oscuro es su color y más fuerte es su sabor resultante. La fuerza del enlace entre las micelas de caseína y las partículas de cacao se incrementa a niveles elevados de alcalinización.

El cacao en polvo debe ser libre de enzimas como las lipasas y proteasas resistente al calor, y tener un contenido de cáscara menor a 1.5%. Mientras más alto es el contenido de cacao en polvo, la estabilidad al calor es más baja. Como es un punto crítico, especialmente para productos con tratamiento térmico con un tiempo de vida útil definido, las partículas de cacao requieren poseer una buena calidad a nivel bacteriológico, con recuentos bajos de esporas bacterianas resistentes al calor. Solo el 30 - 40% del polvo de cacao es soluble y el resto debe mantenerse en suspensión por un agente gelificante o espesante añadido puesto que la densidad del polvo es mayor que la de la leche. Usualmente, una indicación se coloca en el envase para agitar el líquido antes de consumirlo con la finalidad de

redistribuir las partículas de cacao sedimentadas. La cantidad de cacao en polvo varía entre el 1 y el 15% del contenido (Fuquay *et al.*, 2011).

Brennan & Grandison (2012) señalan que la torta de cacao fracturada de la prensa es mezclada previamente a la molienda para estandarizar el color. La mezcla es alimentada a un molino de púas donde es reducida a polvo. El polvo es enfriado a cerca de 18 °C mediante su recorrido a través de tubos con chaqueta por aire comprimido. Al final de la línea de enfriamiento, el polvo se recupera del aire por medio de un ciclón. Es transportado a un estabilizador, donde el calor latente es removido para solidificar la grasa remanente.

a. ALCALINIZACIÓN

De acuerdo a Beckett (2009), el proceso de alcalinización fue desarrollado en el siglo XIX en Holanda y por esta razón, es también llamado el proceso holandés. Esto resulta en productos más oscuros y, dependiendo de las condiciones de procesamiento, colores rojos y/o marrón van a ser formados. Esto también tiene un impacto en el sabor del cacao y, muy frecuentemente, el cacao en polvo de tipo alcalino es preferido en muchas aplicaciones de alimentos y bebidas. Este proceso es llevado a cabo añadiendo una solución alcalina (mayormente carbonato de potasio) a los granos de cacao. Este proceso puede ser por lote (cuando condiciones de presurización son requeridas) o continuo (bajo condiciones atmosféricas).

2.4.2. LACTASA

Contò *et al.* (2018) expresan que la lactasa o β -galactosidasa es una hidrolasa que cataliza la hidrólisis de los terminales no reductores β -D-galactósidos, liberando residuos de β -D-galactosa. La enzima es típica de mamíferos, pero también muchos otros microorganismos producen β -galactosidasas. Al tratar la leche y productos lácteos con lactasa, la lactosa se descompone en una mezcla que consiste básicamente de glucosa y galactosa. La lactasa asegura la eliminación controlada de lactosa para producir leche y productos lácteos bajos en lactosa que pueden ser seguramente digeridos por virtualmente todos sin los efectos adversos de la intolerancia a la lactosa. La leche se vuelve más dulce por la formación de glucosa. Sin embargo, como la cantidad molar de los azúcares reductores en la leche

tratada con lactasa es dos veces más alta que en la leche sin lactasa, la leche con procesamiento UHT es más vulnerable a la reacción de Maillard.

III. METODOLOGÍA

3.1. LUGAR DE EJECUCIÓN

El desarrollo a nivel laboratorio se realizó en:

- Laboratorio de Desarrollo de la fábrica de la empresa en la sede de San Fernando (Región O'Higgins, Chile)

El desarrollo industrial del proyecto se ejecutó en:

- Planta de producción de la maquiladora (Región de La Araucanía, Chile)

3.2. MATERIA PRIMA E INSUMOS

A nivel laboratorio, como materia prima se empleó leche semidescremada sin lactosa con procesamiento UHT en envase Tetra Pak. Los ingredientes que se emplearon fueron:

- Cacao en polvo alcalinizado con 10 - 12% de materia grasa
- Maltodextrina de maíz
- Estabilizantes (celulosa microcristalina, goma de celulosa, carragenina, goma gelana)
- Fosfato de calcio
- Saborizantes de tipo idéntico al natural, natural y artificial
- Edulcorantes (sucralosa y estevia)
- Canela en polvo

A nivel industrial, como materia prima se empleó leche entera fresca proveniente de productores lecheros de la zona sur de Chile recolectada a través de cisternas. Los insumos que se emplearon fueron:

- Premezcla de ingredientes (cacao en polvo alcalinizado con 10 - 12% de materia grasa, maltodextrina de maíz, estabilizantes (celulosa microcristalina, goma de celulosa, carragenina, goma gelana), fosfato de calcio, saborizantes idénticos al

- natural, edulcorantes naturales y artificiales (sucralosa y estevia); y canela en polvo
- Polifosfato de sodio
 - Solución de enzima lactasa (agua destilada y enzima β -galactosidasa).
 - Premezcla de vitaminas A, D y E

3.3. MATERIALES, EQUIPOS Y REACTIVOS

3.3.1. MATERIALES

Los materiales empleados a nivel laboratorio fueron:

- Vasos de precipitado
- Cucharas dosificadoras
- Cucharas
- Platos de pesaje
- Vasos de plástico

Los materiales utilizados a nivel industrial fueron de envase y embalaje:

- Bobinas de envases multicapa Tetra Pak
- Sorbetes de plástico
- Bobinas de polietileno para empacado *six pack*
- Cajas de cartón corrugado
- Rollos de tiras de sellado longitudinal
- Parihuelas

3.3.2. EQUIPOS

Los equipos empleados en el laboratorio fueron:

- Balanza de precisión Mettler Toledo
- Balanza analítica Ohaus
- Horno microondas Samsung

Los equipos utilizados a nivel industrial fueron:

- Tanque de recepción de leche fresca
- Descremadora Tetra Pak

- Unidad de estandarización de leche Tetra Alfast (Tetra Pak)
- Pasteurizador de leche fresca (intercambiador de calor de placas) Tetra Pak
- Mezclador Turbo Mixer
- Precalentador de leche (intercambiador de calor de placas)
- Tanque de formulación
- Homogenizador Tetra Pak
- Esterilizador UHT Tetra Pak Tetra Souprano (intercambiador de calor tubular)
- Homogenizador aséptico Tetra Pak
- Dosificador aséptico Tetra Aldose (Tetra Pak)
- Tanque aséptico Tetra Alsafe (Tetra Pak)
- Llenadoras asépticas Tetra Pak TBA 19 y A3/Speed
- Codificador de tinta Videojet
- Aplicador de sorbetes Tetra Pak Straw Applicator
- Empacadora Tetra Pak Film Wrapper
- Encajonadora

3.4. MÉTODOS DE ANÁLISIS

3.4.1. ANÁLISIS DE ANTIBIÓTICOS

Empleo de la prueba cualitativa Twinsensor[®] que es un ensayo de receptor basado en un formato de varilla de nivel que permite una rápida y simultánea detección visual en una muestra de leche de residuos de antibióticos β -lactámicos y tetraciclinas, a través de un juego de reactivos. El Twinsensor[®] consiste en un método de unión a receptores proteicos.

En la Figura 1 se presentan los cuatro posibles resultados al reaccionar con la muestra de leche, donde T se refiere a tetraciclinas y β a β -lactámicos. De izquierda a derecha, las barras blancas corresponden a los siguientes resultados: completamente negativo, positivo en β -lactámicos, positivo en tetraciclinas y positivo en β -lactámicos y compuestos de tetraciclina.

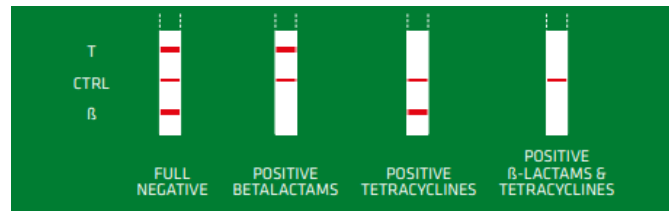


Figura 1: Interpretación visual de los resultados con TwinSensor

FUENTE: Tomado de Unisensor (2019)

3.4.2. ANÁLISIS DE ACIDEZ

El método de referencia empleado fue el 947.05 (AOAC, 1990). El fundamento consiste en la titulación con solución alcalina de hidróxido de sodio 0.1 N de una muestra de leche y el cambio de color correspondiente a ciertas concentraciones de iones hidrógeno debido al uso del indicador fenolftaleína. La acidez de la leche fue expresada en ml de solución de hidróxido de sodio 0.1 N.

3.4.3. ANÁLISIS DEL ÍNDICE CRIOSCÓPICO

El Reglamento Sanitario de los Alimentos (MINSAL, 2017a), establece que el índice crioscópico de la leche debe ser de -0.53 a -0.57 “Horvet” o 0.512 a -0.550 °C. Mayores valores cercanos a cero indican una posible adulteración de la leche con agua.

El punto crioscópico es un parámetro que se basa en el punto de congelación de la leche en relación al punto de congelación del agua, el cual expresa la cantidad de agua añadida a la leche (González & Medina, 2005).

Este valor en la leche depende, casi completamente, de su contenido en sustancias disueltas, es decir, lactosa y sales. La medición se realizó en un crioscopio digital de resistencia térmica conforme al método de referencia ISO 5764/IDF 108:2009.

3.4.4. ANÁLISIS DE GRASA

Se empleó el método volumétrico de Gerber (AOAC, 2004). Kleyn *et al.* (2001) indican que el método Gerber es un método económico, rápido y simple para la determinación del contenido de grasa en leches cruda y procesada. Este método es usado mundialmente en

una variedad de aplicaciones incluyendo pruebas para pago por la calidad de la leche y estandarizaciones en el proceso. En síntesis, una muestra de leche es pipeteada en un butirómetro Gerber para leche que contiene ácido sulfúrico. A continuación, se añade alcohol amílico y el contenido del butirómetro so mezclados para disolver el cuajo y liberar la grasa. La grasa liberada es aislada en el cuello del butirómetro por centrifugación. El porcentaje de grasa en la leche es determinado leyendo la escala calibrada en el cuello del butirómetro.

3.4.5. ANÁLISIS DE PROTEÍNAS

Se empleó el método Kjeldahl (AOAC, 1994), el cual determina el nitrógeno total en la leche. De acuerdo a Britz & Robinson (2008), el método tradicional para determinación del contenido de proteínas de productos lácteos es por la determinación del contenido de nitrógeno por el método Kjeldahl y luego multiplicando el valor obtenido por el factor 6.38; este resultado es expresado como proteína cruda. Este método incluye la digestión de la muestra con ácido sulfúrico concentrado, junto con sulfato de potasio y un catalizador. La oxidación resulta en la conversión del nitrógeno presente a sulfato de amonio. Después que la digestión es completada, la materia digerida se alcaliniza adicionando una solución de hidróxido de sodio concentrado. Esto libera amoníaco que es determinado por titulación.

3.4.6. ANÁLISIS DE AZÚCARES TOTALES, LACTOSA Y SACAROSA

Se empleó el método de cromatografía de alta resolución de intercambio aniónico con detector de pulso amperométrico (HPAEC-PAD, por sus siglas en inglés). Este método luego se convirtió en el método de referencia ISO 22184:2021.

Van Scheppingen *et al.* (2017) señalan que la cromatografía de intercambio iónico realizada a pH alto es una técnica de separación discriminante para compuestos aniónicos. El principio está basado en el hecho que los sacáridos neutros son también ácidos débiles. A pH alto, ellos están al menos parcialmente ionizados, y, por tanto, pueden ser separados por mecanismos de intercambio aniónico. El orden de elución de los diferentes iones está influenciado por la carga de iones, el diámetro de los iones y el pH de la fase móvil. La detección electroquímica es selectiva y sensible, permitiendo el análisis en bajas

concentraciones en una matriz compleja. Debido a estas características, el método HPAEC-PAD es uno de los más adecuados para el análisis de carbohidratos.

3.4.7. ANÁLISIS DE SÓLIDOS TOTALES

Se trabajó con el método 925.23 (AOAC, 1925) que es un método gravimétrico. Según Britz & Robinson (2008), los sólidos totales son determinados secando una proporción de la muestra a peso constante a una temperatura específica. Para la mayoría de productos, esta temperatura es de 102 ± 1 °C.

3.4.8. ANÁLISIS DE VITAMINA D

Se usó el método de referencia 992.26 (AOAC, 1995) que se basa en HPLC (Cromatografía líquida de alta resolución, por sus siglas en inglés). Gill *et al.* (2015) sostienen que muchos métodos actuales para el análisis de vitamina D en alimentos se basan en HPLC-UV. Estos métodos requieren procedimientos prolongados de preparación de muestras para extraer la vitamina D de la matriz de la muestra, remover interferencias y concentrar los bajos niveles de vitamina D antes del análisis cromatográfico. Los métodos de cromatografía líquida acoplada a espectrometría de masas para la determinación del contenido de vitamina D han proliferado recientemente debido a la disponibilidad comercial de estándares marcados con isótopos estables y a causa de la selectividad incrementada comparada con las técnicas de HPLC con detección por ultravioleta tradicionalmente desplegadas.

3.4.9. ANÁLISIS DE CALCIO

El método de referencia empleado fue el AOAC 2011.14 (FAO, 2011), que se basa en ICP-OES (Espectroscopía de Emisión Atómica con Plasma de Acoplamiento Inductivo, por sus siglas en inglés). Crujisen *et al.* (2019) mencionan que este método usa la digestión por microondas de muestras y espectroscopía de emisión atómica con plasma de acoplamiento inductivo para la determinación de nueve elementos, incluyendo calcio, cobre, hierro, potasio, magnesio, manganeso, sodio, fósforo y zinc.

3.4.10. ANÁLISIS DE CENIZAS TOTALES

Se empleó el método gravimétrico 945.46 (AOAC, 1945) con calentamiento en mufla.

Las cenizas son los residuos inorgánicos que permanecen después de la combustión de la materia orgánica y son determinados mediante el calentando de la muestra a una temperatura de 525 ± 25 °C. No corresponde exactamente en composición a la materia mineral puesto que algunos constituyentes son perdidos por volatilización (Britz & Robinson, 2008).

3.5. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

Las fases del presente trabajo se relacionaron con el proceso de desarrollo de nuevos productos exploradas por Bajnatha & Persad (2019), las cuales son: evaluación de mercado, proyección de ideas, elaboración de prototipos, desarrollo, testeo e industrialización. Este trabajo planteó las etapas que se detallan a continuación.

3.5.1. ETAPA 1: DESARROLLO DE PRUEBAS DE LABORATORIO

Para diseñar las pruebas de laboratorio se tomó inicialmente como base líquida láctea la leche descremada sin lactosa y luego la leche semidescremada sin lactosa con procesamiento UHT. Luego, para obtener un sabor lácteo más intenso en los prototipos se decidió cambiar, previa coordinación con Marketing, a leche semidescremada sin lactosa como base láctea. No se trabajó con leche entera debido a que no estaba dentro de la política de la marca ACTIVAL (nombre ficticio) contar en su portafolio con productos que no sean reducidos en grasa.

Para seleccionar los otros ingredientes se priorizaron los insumos que ya estaban siendo utilizados por la empresa en dicha categoría UHT, luego los que estaban presentes en otras plantas de la compañía y finalmente los ingredientes nuevos de proveedores que ya abastecían a la compañía.

Con la finalidad de diseñar los prototipos, se estableció desde el inicio contar en la receta con un porcentaje bajo de premezcla (entre 1.5 - 2.5%) con respecto a los otros productos

UHT de la compañía que se elaboraban en la maquiladora. Esto se debió a que no estaba considerado el uso de azúcar (ingrediente principal en otras premezclas de bebidas lácteas UHT) en el diseño de la formulación como un requisito de la marca.

En la elaboración de prototipos a nivel laboratorio se trabajó con diferentes formulaciones de premezcla, que fue la principal fuente de ingredientes clave. Para las formulaciones se trabajó con el valor nutricional y energético de los insumos. Asimismo, el factor de costos también fue un criterio del diseño de las recetas.

La Tabla 2 presenta los límites máximos de los alimentos líquidos establecidos por el Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (MINSAL, 2017a) para evitar el uso de octógonos en el etiquetado. En la Figura 2 se muestran los cuatro octógonos que llevan los alimentos líquidos en el etiquetado al sobrepasar aquellos límites máximos.

Tabla 2: Límites de contenido de energía, sodio, azúcares totales y grasas saturadas en alimentos líquidos

Nutriente o Energía	Fecha de entrada en vigencia*	24 meses después de entrada en vigencia**	36 meses después de entrada en vigencia***
Energía (kcal/100 ml)	100	80	70
Sodio (mg/100 ml)	100	100	100
Azúcares totales (g/100 ml)	6	5	5
Grasas saturadas (g/100 ml)	3	3	3

*Fecha de entrada en vigencia: 27/06/2016. **Fecha de entrada en vigencia: 27/06/2018. ***Fecha de entrada en vigencia: 27/06/2019.

FUENTE: Tomado del Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (MINSAL, 2017a)



Figura 2: Descriptores nutricionales en el etiquetado para alimentos que sobrepasen límites máximos

FUENTE: Tomado del Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (MINSAL, 2017a)

En el laboratorio, los ingredientes previamente pesados en balanzas de tipo analítica y de precisión se mezclaban con la leche sin lactosa en el vaso de precipitación donde se agitaban manualmente con una cuchara hasta disolver toda la mezcla. Luego se calentaban en un horno microondas para simular parcialmente el tratamiento térmico del proceso. Finalmente se evaluaban por el equipo de panelistas sensoriales con pruebas monádicas con escala numérica para cada prototipo antes de ser degustadas y aprobadas por el área de Marketing.

3.5.2. ETAPA 2: DESARROLLO DE ENSAYO INDUSTRIAL

a. DIAGRAMA DE FLUJO

En la Figura 3 se muestra el diagrama de flujo de la elaboración a nivel industrial de la leche semidescremada sin lactosa sabor chocolate y con procesamiento UHT que se realizó en la planta maquiladora. Este procedimiento se realizó para los tres prototipos seleccionados tras la etapa 1. Posteriormente se detallan las etapas del proceso.

b. DESCREMADO Y ESTANDARIZADO DE LA LECHE FRESCA

La leche fresca recepcionada previamente en tanques de acero inoxidable se descremó en un separador centrífugo y se estandarizó a un porcentaje de grasa de 1.2% en la unidad de estandarización Tetra Alfast.

c. PASTEURIZACIÓN

Tras la estandarización al nivel de grasa requerido, la leche recorrió un intercambiador de calor de placas para ser pasteurizada a una temperatura de 85 °C por 15 segundos. El fin de la pasteurización es la destrucción de los microorganismos patógenos que pueden estar presentes en la leche. Después de ser calentada la leche se enfrió inmediatamente en el mismo intercambiador de calor a una temperatura objetivo de 4 °C con la finalidad de pasar rápidamente la zona de peligro que corresponde a la mayor reproducción de microorganismos. Asimismo, tras el enfriamiento, la leche semidescremada se transfirió a un tanque de formulación de acero inoxidable con agitador.

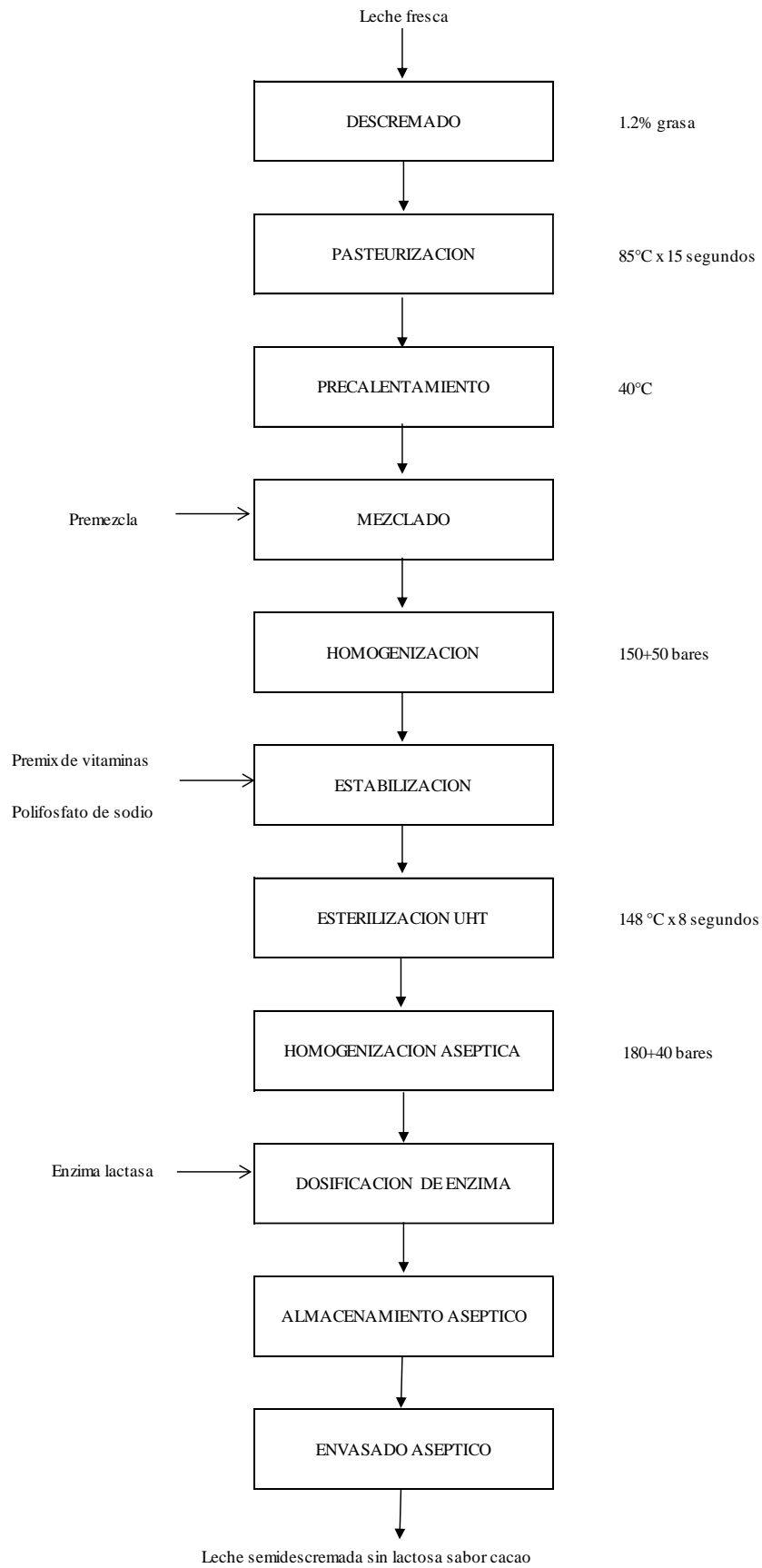


Figura 3: Diagrama de flujo de la elaboración de leche semidescremada sin lactosa sabor cacao y con procesamiento UHT

d. PRECALENTAMIENTO DE LECHE

Una parte de la leche semidescremada, aproximadamente mil litros (20%), se calentó a 40 °C a través de un intercambiador de calor de placas para poder servir como medio para disolver la premezcla de ingredientes. Una vez calentada se transfirió a un tanque de acero inoxidable más pequeño.

e. ADICIÓN DE PREMEZCLA

La premezcla en presentación de sacos de papel *kraft* de 25 kg se añadió manualmente al mezclador para disolverse con parte de la leche semidescremada previamente calentada a 40 °C.

f. HOMOGENIZACIÓN

La leche separada con la premezcla ya añadida pasa por un homogenizador con la finalidad principal de reducir el tamaño de las partículas no solubles de la mezcla y facilitar el mezclado para que sea más estable.

g. RECIRCULACIÓN

A continuación, la leche con la premezcla incorporada recirculó por 15 minutos entre el tanque y el mezclador para terminar de disolver lo añadido. La mezcla de leche con premezcla de ingredientes previamente disuelta atravesó un intercambiador de calor de placas para enfriarse a una temperatura entre 6-8 °C y luego regresar al tanque de formulación.

h. ESTABILIZACIÓN EN TANQUE

En el tanque de formulación se agregó el polifosfato de sodio para estabilizar las proteínas de la leche para el tratamiento térmico UHT posterior. Adicionalmente, se añadió el Premix de vitaminas para la fortificación de la leche.

i. AGITACIÓN EN TANQUE

La mezcla láctea es agitada por 15 minutos para disolver los insumos previamente añadidos.

j. LIBERACIÓN DE LA FORMULACIÓN

Se retiró una muestra de la leche saborizada del tanque para análisis de grasa que debe oscilar entre 1.3 - 1.4%, y además para evaluación sensorial. Al ser conforme ambos, se liberó el ensayo industrial para su procesamiento aséptico.

k. PROCESAMIENTO ASÉPTICO

La leche liberada almacenada en el tanque de formulación se envió al área de procesos de la planta a través de tuberías de acero inoxidable hacia el procesador aséptico Tetra Souprano, que consta básicamente de un intercambiador de calor tubular de varias secciones y un homogenizador aséptico. Primero, pasó por la zona de precalentamiento donde se llevó a 95 °C para luego esterilizarse a 148 °C por 8 segundos. Luego, se enfrió a 80 °C para ser homogenizado asépticamente en dos etapas a una presión de 180 + 40 bares. Por último, la leche esterilizada y homogenizada se enfrió a 20 - 22 °C en la zona de enfriamiento del intercambiador de calor tubular.

l. DOSIFICACIÓN DE ENZIMA LACTASA

La solución de enzima β -galactosidasa se adicionó a un dosificador aséptico Tetra Aldose para que luego de pasar por un filtro estéril se mezcle en línea, a través de un mezclador estático, con la leche saborizada ya estéril y homogenizada en la tubería que se dirige al tanque de almacenamiento aséptico.

m. ALMACENAMIENTO ASÉPTICO

Luego de agregarse la enzima lactasa, la leche saborizada se almacenó en un tanque de acero inoxidable aséptico con agitador Tetra Alsafé en condiciones estériles antes de ser envasada asépticamente.

n. ENVASADO ASÉPTICO

El producto se dirigió por una tubería hacia las envasadoras asépticas Tetra Pak, TBA 19 y A3/Speed para ser llenado mediante un tubo en envases multicapa Tetra Pak de 200 ml, cuya bobina fue previamente esterilizada con peróxido de hidrógeno en el mismo equipo, como ocurre en un envasado aséptico. Luego, los envases fueron codificados, se les adhirió un sorbete en una cara principal a través del aplicador de sorbetes Tetra Pak Straw Applicator, fueron empacados en formato de seis unidades mediante la empacadora Film Wrapper, para ser finalmente encajonados cada 10 paquetes en cajas de cartón corrugado y paletizados en parihuelas de madera por 80 cajas.

3.5.3. ETAPA 3: DESARROLLO DE PRIMER LOTE COMERCIAL

Los productos terminados correspondientes a los ensayos industriales de los tres prototipos pasaron una evaluación sensorial con el público objetivo para ser evaluados con un producto similar y con el mejor desempeño de ventas en la categoría. El porcentaje mínimo para aprobar un prototipo fue la elección del prototipo frente a la leche semidescremada sabor chocolate de la competencia por al menos el 60% de las participantes. El prototipo ganador fue seleccionado para la aprobación como ensayo industrial por parte de la División Técnica local, y luego por el PTC-SBU.

Una vez aprobado el ensayo industrial, se coordinó la compra de insumos para el primer lote comercial (20 toneladas aprox.). Cuando se tuvieron los insumos se procedió a coordinar la elaboración del primer lote comercial en la misma planta maquiladora.

Después de su liberación, se ejecutaba la primera producción comercial del nuevo producto en la maquiladora con el envase definitivo. Para el procesamiento de este primer lote comercial, se procedió de forma similar al diagrama de flujo de la Figura 2.

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

En la Figura 4 se muestra el diseño experimental de la etapa 1 de desarrollo de prototipos a nivel laboratorio.

	Diseño de prototipos	Elaboración de prototipos	Evaluación por Marketing	Aprobación de prototipos
Tratamientos	SCHOCO 1	●—————>●	●—————>●	●—————>●
	SCHOCO 2	●—————>●	●—————>●	●—————>●
	SCHOCO 3	●—————>●	●—————>●	●—————>●
	SCHOCO 4	●—————>●	●—————>●	
	SCHOCO 5	●—————>●	●—————>●	
Parámetros	Azúcares totales: ≤ 5 g/100 ml Calorías: ≤ 70 kcal/100 ml Grasas saturadas: ≤ 3 g/100 ml Sodio: ≤ 100 mg/100 ml Lactosa: $<0.2\%$ Sacarosa: $<0.5\%$	Porcentaje de grasa en leche: 1.2-1.3% Lactosa en leche: $<0.2\%$ % premezcla: 1.94%		
Análisis	Cálculo de nutrientes por programa GREAT	Densidad, sólidos totales	Evaluación sensorial monádica	

SCHOCO: Prototipo ACTIVAL Chocolate

Figura 4: Diseño experimental de la etapa 1 de desarrollo de prototipos a nivel laboratorio de leche saborizada sin lactosa y con procesamiento UHT

En la Figura 5 se muestra el diseño experimental de la etapa 2 de ensayo industrial en la planta maquiladora. Finalmente, en la Figura 6 se presenta el diseño experimental de la etapa 3 de la producción del primer lote comercial en la planta maquiladora.

		Operaciones											
		Evaluación sensorial	Pasteurizado	Mezclado de ingredientes	Liberación para UHT	Tratamiento térmico UHT	Homogenización aséptica	Dosificación de lactasa	Almac. aséptico	Envasado aséptico	Producto final	Evaluación consumidores	Aprobación por Div. Tec. Local y PTC/SBU
Tratamientos	SCHOCO 1	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	SCHOCO 2	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	
	SCHOCO 3	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Parámetros	% grasa de leche:	Porcentaje de grasa=1.2%	85°C x 15 segundos Enfriamiento: 6-8°C	T° disolución premezcla=40°C Pesado de ingredientes	Porcentaje de grasa=1.3-1.4%	T° esterilización: 148°C x 8 segundos	Presión homog: 180+40 bar a 80°C	Caída de presión < 1 bar durante producción	T°: 20-22°C Presión aire estéril: 1.5 bar	T°:20-22°C %peróxido:>30% T° peróxido: ≥67°C Peso neto: 207.2+/-3 g		60% favorable frente a pdto. de la competencia	
Análisis		Determinación de grasa			Determinación de grasa						Análisis proximal,lactosa,sacarosa, sodio,Vit. D, calcio. % sol. totales, pH, RAM	Evaluación sensorial monádica	

SCHOCO: Prototipo ACTIVAL Chocolate

Figura 5: Diseño experimental de la etapa 2 de producción del ensayo industrial de la leche saborizada sin lactosa y con procesamiento UHT

		Operaciones										
		Descremado	Pasteurizado	Mezclado de ingredientes	Liberación para UHT	Tratamiento térmico UHT	Homogenización aséptica	Dosificación de lactasa	Almac. aséptico	Envasado aséptico	Producto final	Liberación por Div. Tec. Local
Tratamiento	SCHOCO 3											
Parámetros		Porcentaje de grasa=1.2%	85°C x 15 segundos Enfriamiento: 6-8°C	T° disolución premezcla=4 0°C Pesado de ingredientes	Porcentaje de grasa=1.3-1.4%	T° esterilización: 148°C x 8 segundos	Presión homog: 180+40 bar a 80°C	Caída de presión < 1 bar durante producción	T°: 20-22°C Presión aire estéril: 1.5 bar	T°:20-22°C %peróxido:> 30% T° peróxido: ≥67°C Peso neto:		
Análisis		Determinación de grasa			Determinación de grasa Evaluación sesorial comparativa						Análisis proximal, lactosa, sacarosa, sodio, Vit. D, calcio. % sol. totales, pH, RAM	

SCHOCO: Prototipo ACTIVAL Chocolate

Figura 6: Diseño experimental de la etapa 3 de producción de primer lote comercial de la leche saborizada sin lactosa y con procesamiento UHT

3.7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la liberación del primer lote comercial, como requisito se debió aprobar el nuevo producto en una evaluación sensorial de tipo comparativo con panelistas entrenados internos. Como referencia se empleó una especificación sensorial que se muestra en la Figura 7.





ESPECIFICACIÓN SENSORIAL DE PRODUCTO TERMINADO				
Nombre del Producto:		ACTIVAL Sin Lactosa Cacao		
Definición del Producto:				
Leche semidescremada sin lactosa sabor cacao. Ingredientes: leche semidescremada, cacao (1,0%), maltodextrina, estabilizantes (celulosa microcristalina, goma de celulosa, carragenina, goma gelana), polifosfato de sodio, fosfato de calcio, saborizantes idéntico al natural, natural y artificial, edulcorantes (SUCRALOSA 10 mg/100 ml; 20 mg/por porción-IDA Máx. 15 mg/kg peso corporal. ESTEVIA 8 mg/100ml; 16 mg/por porción - IDA Máx. 4 mg/kg peso corporal, expresado como esteviol), enzima lactasa, vitaminas (E, A, D), canela. Puede contener soya y gluten.				
Información del Producto:				
Vida Útil:	6 meses	Preparación:	Listo para consumir previa agitación.	
Formatos:	200 ml			
Estándares de Calidad:				
Atributos Sensoriales Claves	Definición	Límites de Aceptabilidad		
		DENTRO	DENTRO CON OBSERVACIÓN	FUERA
Color	Intensidad del color café cremoso.			
Sabor	Típico lácteo y cacao. Sin sabores extraños.			
Dulzor	Ligero dulce.			
Textura	Suave y homogénea. Sin grumos ni cortada. Sin separación de fases.	 Producto Fuera		
Aroma	Suave a lácteo y cacao. Libre de aromas a rancio, viejo o extraño.			

Figura 7: Especificación sensorial del producto terminado

Los panelistas que participaron en la evaluación fueron 5, y estos evaluaron 5 atributos claves; donde la puntuación total fue determinada de la siguiente forma:

- Dentro (D) equivale a 3 puntos
- Dentro con observaciones (DO) equivale a 0.5 puntos
- Fuera (F) equivale a 0 puntos

Los resultados de la evaluación sensorial se muestran en la Tabla 3 y Tabla 4.

Tabla 3: Calificaciones cualitativas respecto al primer lote comercial

Atributo clave	Panelista 1	Panelista 2	Panelista 3	Panelista 4	Panelista 5
Color	Dentro	Dentro	Dentro	Dentro	Dentro
Sabor	Dentro	Dentro	Dentro	Dentro	Dentro
Dulzor	Dentro	Dentro	Dentro	Dentro	Dentro
Textura	Dentro	Dentro	Dentro	Dentro	Dentro
Aroma	Dentro	Dentro	Dentro	Dentro	Dentro

Tabla 4: Calificaciones numéricas con respecto al primer lote comercial

Atributo clave	Panelista 1	Panelista 2	Panelista 3	Panelista 4	Panelista 5
Color	3	3	3	3	3
Sabor	3	3	3	3	3
Dulzor	3	3	3	3	3
Textura	3	3	3	3	3
Aroma	3	3	3	3	3

La puntuación defectuosa (PD) se alcanza sumando:

$$PD = (N^{\circ} \text{ de F} \times 3) + (N^{\circ} \text{ de DO} \times 0.5) / N^{\circ} \text{ de panelistas} \times 3$$

$$PD = 0 \times 3 + 0 \times 0.5 / 5 \times 3$$

$$PD = 0$$

$$\% \text{ Dentro} = (1 - PD) \times 100$$

$$\% \text{ Dentro} = (1 - 0) \times 100$$

$$\% \text{ Dentro} = 100\%$$

El valor mínimo de “% Dentro” que se requiere para aprobación es 80%. Por tanto, el primer lote comercial del producto terminado aprueba la evaluación sensorial.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. RESULTADOS DE LA ETAPA 1

La fórmula general de los prototipos elaborados se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5: Fórmula general de los prototipos

Ingredientes	Porcentaje (%)
Leche semidescremada sin lactosa UHT	98.06
Premezcla	1.94
Total	100.00

De acuerdo a la normativa chilena, como el producto presenta 98.06% de leche en su composición, este se puede denominar leche porque su contenido de leche es mayor a 75%. Asimismo, los tres prototipos aprobados recibieron los nombres de SCHOCO 1, SCHOCO 2 y SCHOCO 3. Las listas de ingredientes en orden decreciente de las premezclas de los tres prototipos seleccionados por Marketing se muestran en la Tabla 6. Como se observa, las variaciones en los ingredientes de los tres prototipos fueron a nivel de saborizantes y endulzantes.

Tabla 6: Lista de ingredientes de los tres prototipos seleccionados

INGREDIENTES	SCHOCO	SCHOCO	SCHOCO
	1	2	3
Cacao en polvo alcalinizado 10-12% de materia grasa	X	X	X
Maltodextrina de maíz	X	X	X
Estabilizante 1*	X	X	X
Fosfato de calcio	X	X	X
Saborizante chocolate en polvo idéntico al natural	X	X	X

«continuación»

Saborizante chocolate líquido natural	X	X	X
Goma gelana	X	X	X
Endulzante sucralosa		X	X
Endulzante estevia	X	X	X
Saborizante artificial vainillina			X
Canela en polvo			X

*Estabilizante 1 consta de celulosa microcristalina, goma de celulosa y carragenina

En cuanto a la información nutricional, los tres prototipos presentaron las mismas propuestas de declaración de nutrientes. Esto debido a que los cambios en la formulación entre las premezclas seleccionadas fueron básicamente a nivel de saborizantes y endulzantes, cuya participación a nivel cuantitativo es de valores mínimos que no afectan la información nutricional a declarar en el envase del producto.

En la Tabla 7 se muestra la propuesta de información nutricional que se estableció para su presentación en el etiquetado del producto, con sus límites legales establecidos versus resultados teóricos de nutrientes. Como base se tomaron los resultados de nutrientes de la receta de los prototipos calculados por el programa GREAT del SAP, el cual es un sistema ERP.

Tabla 7: Propuesta de información nutricional a declarar en el envase

Nutrientes	Unidad	Declarado impreso en el envase		Tolerancias RSA ¹ (100 ml)		Desarrollo GREAT ²		
		100 ml	Porción 200 ml	Mín.	Máx.	100 g	100 ml ³	porción
Energía	kcal	51	102		61	49	51	102
Proteínas	g	3.3	6.6	3.3		3.46	3.58	7.17
Grasas totales	g	1.4	2.8		1.68	1.31	1.36	2.71
H. de C. disp.	g	5.7	11.4		6.8	5.5	5.7	11.5
Azúcares Totales	g	5.0	10.0		6.0	4.8	5.0	9.9
Lactosa	g	0.20	0.40		0.20	0.00	0.00	0.00
Sacarosa	g	0.10	0.20		0.10	0.02	0.02	0.04

«continuación»

Sodio	mg	65	130		78	68	70	141
Vitamina D	mg	0.40	16% ⁴	0.32	0.56	0.50	0.52	20%
Calcio	mg	120	30% ⁴	96	150	132	137	33%

¹Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (MINSAL, 2017a). ² Programa interno de recetas del sistema SAP. ³ Densidad del producto: 1.036 g/ml. ⁴ En relación a la dosis diaria de referencias establecida para Chile para mayores de 4 años.

FUENTE: Adaptado del Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (MINSAL, 2017a).

Se observa que los valores de la información teórica cumplieron con los límites mínimos y máximos de nutrientes del Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (MINSAL, 2017a).

La sacarosa fue incluida en la propuesta de información nutricional debido a que en el etiquetado del envase se decidió incluir la indicación de “0% Azúcar” puesto que desde el inicio se consideró no emplear azúcar como endulzante. El contenido de sacarosa máximo para rotularse “0% Azúcar” es 0.5 g por porción de consumo habitual, según el Manual de Etiquetado Nutricional de los Alimentos (MINSAL, 2017c). El único aporte de sacarosa, el cual es marginal, y se muestra en la Tabla 7; es debido a que la goma gelana empleada lleva en su composición este monosacárido como agente transportador.

En cuanto a la lactosa, la propuesta de declaración de 0.40 g/200 ml, que es el tamaño del envase y además la porción de consumo, al ser el envase de formato individual, está conforme a lo señalado en la Norma Técnica N° 191 sobre directrices nutricionales para declarar propiedades saludables de los alimentos (MINSAL, 2017b). Esta norma señala que la porción de consumo debe contener menos de 0.5 g de lactosa por porción de consumo habitual para que se pueda declarar como libre de lactosa y así poder ser consumida por individuos intolerantes a la lactosa.

4.2. RESULTADOS DE LA ETAPA 2

Los tres prototipos seleccionados en la primera etapa y fueron escalados a nivel industrial. Luego pasaron por una evaluación sensorial comparativa con consumidores objetivos llamada Prueba 60/40.

Para el siguiente paso en el desarrollo se requería que al menos un prototipo sobrepase el 60% de aprobación de los panelistas (un mínimo de 150 personas) frente al producto de la competencia con mejor desempeño en el mercado. Este producto también fue una leche semidescremada sin lactosa sabor chocolate destinada al público adulto, en envase Tetra Pak individual de 200 ml. Los resultados se muestran en la Tabla 8.

Tabla 8: Resultados de la evaluación sensorial 60/40

Porcentaje de aprobación	SCHOCO 1	SCHOCO 2	SCHOCO 3
Prototipos	45%	62%	67%
Competencia	55%	38%	33%

Por lo tanto, el prototipo ganador fue el SCHOCO 3 con 67% de aprobación frente a la competencia. El prototipo 2 también pasó el porcentaje mínimo de 60% pero quedó en segundo lugar. La explicación para el primer lugar puede deberse a que el prototipo SCHOCO 3 si bien tiene los mismos endulzantes que el SCHOCO 2, presenta dos sabores adicionales (canela y vainillina) que resaltan el sabor a chocolate.

En la Tabla 9 se muestran los resultados analíticos nutricionales del ensayo industrial correspondiente al prototipo ganador SCHOCO 3. Se observa que todos los valores son cercanos a la información nutricional a declarar en la etiqueta y además cumplieron con las tolerancias mínimas y máximas de nutrientes del Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (MINSAL, 2017a). El ensayo industrial fue envasado en material de color blanco sin ningún etiquetado.

Tabla 9: Resultados analíticos nutricionales del ensayo industrial del prototipo seleccionado SCHOCO 3 vs propuesta de información nutricional a declarar

Nutrientes	Unidad	Declarado impreso en el envase		Tolerancias RSA ¹ (100 ml)		Ensayo industrial		
		100 ml	Porción 200 ml	Mín.	Máx.	100 g	100 ml ²	Porción 200 ml
Energía	kcal	51	102		61	48	50	100
Proteínas	g	3.3	6.6	3.3		3.46	3.6	7.2

«continuación»

Grasas totales	g	1.4	2.8	1.68	1.3	1.35	2.69	
H. de C. disp.	g	5.7	11.4	6.8	5.45	5.65	11.29	
Azúcares Totales	g	5.0	10.0	6.0	4.76	4.93	9.86	
Lactosa	g	0.20	0.40	0.20	<0.05	<0.05	<0.10	
Sacarosa	g	0.10	0.20	0.10	<0.05	<0.05	<0.10	
Sodio	mg	65	130	78	57	59	118	
Vitamina D	mg	0.40	16% ³	0.32	0.56	0.34	0.35	14%
Calcio	mg	120	30% ³	96	150	132	137	34%

¹Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (MINSAL, 2017a). ² Densidad del producto: 1.036 g/ml. ³ En relación a la dosis diaria de referencias establecida para Chile para mayores de 4 años.

FUENTE: Adaptado del Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (MINSAL, 2017a).

Al cumplir los resultados del ensayo industrial con los límites normativos de la propuesta a declarar, se decidió aprobar la información nutricional propuesta para ser impresa en el envase definitivo del producto terminado que sería usado a partir del primer lote comercial. Para el caso de la lactosa y sacarosa, los resultados individuales fueron menores a 0.05 g/100 g de producto terminado. Se expresa este valor debido a que fue el umbral mínimo de detección por parte del método.

En el caso de los micronutrientes, el resultado de la vitamina D está por debajo de la propuesta de declaración, pero por encima del límite establecido por la normativa local. Esto puede haber ocurrido por una concentración de premezcla de vitaminas por debajo de lo expresado en el certificado de análisis por un muestreo no conforme o a un mezclado deficiente al momento de incorporar las otras vitaminas y sustancias transportadoras para elaborar este insumo.

Los resultados microbiológicos se muestran en la Tabla 10. Como se observa, los valores están conformes con la normativa que se presenta en la Tabla 11 y, por tanto, el producto terminado presentó esterilidad comercial. Al cumplir los límites nutricionales y las especificaciones microbiológicas, el ensayo industrial de la leche saborizada fue aprobado por la División Técnica de Chile, y después por el Centro de Tecnología de Producto (PTC) y por la Unidad Estratégica del negocio (SBU), ambas con sede en Europa.

Tabla 10: Resultados microbiológicos del ensayo industrial

Parámetro	Temp. de incubación	n	c	Resultado	Límite legal
Recuento Aerobios Mesófilos	35 °C x 10 días	5	0	<1 ufc/ml	<1 ufc/ml

Tabla 11: Especificaciones microbiológicas de las leches UHT y cremas UHT

Parámetro	Plan de muestreo		Límite por g/ml			
	Categoría	Clases	n	c	m	M
Recuento Aerobios Mesófilos*	10	2	5	0	<1	-

*Previa incubación a 35 °C por 10 días

FUENTE: Adaptado del Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (MINSAL, 2017a)

4.3. RESULTADOS DE LA ETAPA 3

En la Tabla 12 se presentan los resultados de los componentes nutricionales del producto (valores del primer lote comercial vs información nutricional declarada en el envase). En esta etapa, se observa que los valores nutricionales cumplieron con la información ya declarada en el envase. Por esta razón, se confirma que el producto no requiere llevar octógonos de advertencia en el futuro etiquetado comercial del producto.

Tabla 12: Resultados analíticos nutricionales del primer lote comercial vs información nutricional declarada en el envase

Nutrientes	Unidad	Declarado impreso en el envase		Tolerancias RSA ¹ (100 ml)		1° Lote comercial		
		100 ml	Porción 200 ml	Mín.	Máx.	100 g	100 ml ²	Porción 200 ml
Energía	kcal	51	102		61	48	49	99
Proteínas	g	3.3	6.6	3.3		3.48	3.61	7.2
Grasas totales	g	1.4	2.8		1.68	1.3	1.35	2.69
H. de C. disp.	g	5.7	11.4		6.8	5.49	5.69	11.38
Azúcares Totales	g	5.0	10.0		6.0	4.77	4.94	9.9

«continuación»

Lactosa	g	0.20	0.40	0.20	< 0.05	< 0.05	< 0.10	
Sacarosa	g	0.10	0.20	0.10	< 0.05	< 0.05	< 0.10	
Sodio	mg	65	130	78	61	63	126	
Vitamina D	mg	0.40	16% ³	0.32	0.56	0.38	0.39	16%
Calcio	mg	120	30% ³	96	150	127	132	33%

¹Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (MINSAL, 2017a). ² Densidad del producto: 1.036 g/ml. ³ En relación a la dosis diaria de referencias establecida para Chile para mayores de 4 años.

FUENTE: Adaptado del Reglamento Sanitario de los Alimentos de Chile (MINSAL, 2017a)

Además, el ensayo industrial así como el lote comercial cumplen con el límite máximo de lactosa de 0.5 g por porción de consumo habitual mencionado en la Norma Técnica N° 191 (MINSAL, 2017b). Por ello, se concluyó que el desarrollo es conforme con la normativa indicada anteriormente para poder denominarse como una leche sin lactosa.

En cuanto a la sacarosa, como los resultados del ensayo industrial y del primer lote comercial fueron conformes con el máximo de la tolerancia especificada, se desprendió que el producto terminado cumple con el límite máximo de 0.5 g de azúcar por porción de consumo habitual que señala el Manual de Etiquetado Nutricional de los Alimentos (MINSAL, 2017c), por ello este podría ser llamado un alimento “libre de azúcar”. Por tanto, el indicador de 0% azúcar del etiquetado del envase fue conforme.

Asimismo, el contenido de proteínas que fue por encima del valor declarado, tanto en el ensayo industrial como en el primer lote comercial, evidenció que el indicador en la etiqueta de “proteína de buena calidad” es conforme porque supera al límite mínimo (5 gramos por porción de alimento) establecido por el Manual de Etiquetado Nutricional de los Alimentos (MINSAL, 2017c) para llevar en la presentación del envase un descriptor positivo de contenido de proteínas.

La ligera variación de los resultados nutricionales del ensayo industrial con los del primer lote comercial fue predecible debido principalmente a que la composición de la leche de vaca no es exactamente la misma por tratarse de diferentes lotes de recepción de leche fresca. Como señalan Walstra *et al.* (2006), la variabilidad de la leche se debe a factores genéticos, fisiológicos y ambientales.

Adicionalmente, en la etiqueta del producto se consideró incluir el descriptor positivo de “Hecho con leche fresca” debido a que el 100% de la leche empleada fue leche cruda proveniente de productores lecheros a través de cisternas.

Los resultados microbiológicos se presentan en la Tabla 13. Como se observa, los valores están conformes con la normativa ya mencionada. Por tanto, se puede decir que el producto terminado presentó esterilidad comercial y que el tratamiento térmico UHT fue suficiente, además de un correcto envasado aséptico.

Tabla 13: Resultados microbiológicos del ensayo industrial

Parámetro	Temp. de incubación	n	c	Resultado	Límite legal
Recuento Aerobios Mesófilos	35 °C x 10 días	5	0	<1 ufc/ml	<1 ufc/ml

Los límites nutricionales y las especificaciones microbiológicas fueron cumplidos. Estos fueron los requisitos principales para que el primer lote comercial sea liberado en primer lugar por la División Técnica local y luego por el Centro de Tecnología de Producto (PTC) y por la Unidad Estratégica del Negocio (SBU).

El producto final del desarrollo fue la leche semidescremada sin lactosa sabor cacao. En la etiqueta del producto se podía apreciar la información nutricional, la lista de ingredientes, el contenido neto, el fabricante maquilador y los descriptores positivos, así como la ausencia de octógonos de advertencia.

Para la aprobación sensorial se trabajó con un panel sensorial de cinco panelistas entrenados. Se realizó una evaluación “Dentro/Fuera” comparando el producto terminado del primer lote comercial versus la especificación sensorial del producto terminado (Figura 7) mediante cinco atributos claves, tal como se muestra en la Tabla 3. El resultado fue la aprobación sensorial por el 100% de los panelistas.

4.4. APLICACIÓN DE LAS COMPETENCIAS PROFESIONALES

El presente Trabajo de Suficiencia Profesional está estructurado dentro de las actividades realizadas por el Bachiller en Ciencias – Industrias Alimentarias en la empresa PASTEUR S.A., donde se laboró en el puesto de especialista de Grupo de Aplicaciones. La carrera de Industrias Alimentarias permitió el apropiado desempeño al interior de la compañía, tanto en conocimientos como en competencias adquiridas.

En esta posición se lideraron proyectos de desarrollo de productos lácteos con procesamiento UHT. Se desempeñaron las funciones de: innovación y renovación de productos en base a la disponibilidad local de las materias primas y regulaciones del mercado, diseño y costeo de formulaciones, diseño y desarrollo del proceso industrial, escalamiento a nivel industrial de los prototipos aprobados, evaluación sensorial de las materias primas y formulaciones, elaboración de las especificaciones técnicas.

Estas funciones se ejecutaron eficientemente ya que se aplicaron los conocimientos adquiridos en las asignaturas cursadas durante los años de estudio de la carrera (Tabla 14).

Tabla 14: Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados en el desempeño laboral

Cursos	Conocimientos adquiridos puestos en práctica
Microbiología de Alimentos	Deterioro de los alimentos por microorganismos y enfermedades transmitidas por los alimentos
Control de Calidad de Alimentos	Evaluación sensorial de las materias primas y formulaciones, sistema HACCP
Análisis de Alimentos	Metodologías de análisis de alimentos
Tecnología de Alimentos I	Conservación de alimentos por calor
Alimentación y Nutrición Humana	Metabolismo energético, proteínas, carbohidratos, efectos de los procesos tecnológicos sobre la calidad nutricional
Química de Alimentos	Proteínas, enzimas, carbohidratos, lípidos, vitaminas y minerales en alimentos
Envase y Embalaje en la Industria de Alimentos	Envasado de productos lácteos, características físicas y químicas de los materiales de empaque utilizados
Industrias Lácteas	Obtención y tratamiento de la crema de leche

Además, en el presente Trabajo de Suficiencia Profesional se llevó a cabo el desarrollo de una leche sin lactosa saborizada y con procesamiento UHT. Para esto, se aplicaron conocimientos específicos desde la primera hasta la última etapa del proyecto de nuevo producto, que se relacionan con los cursos de la carrera mostrados en la Tabla 15.

Tabla 15: Cursos y conocimientos adquiridos y aplicados en el desarrollo de una leche semidescremada sin lactosa saborizada y con procesamiento UHT

Cursos	Conocimientos adquiridos puestos en práctica
Tecnología de Leche	Características de la leche recepcionada, microbiología de la leche UHT, recepción, pasteurización, esterilización UHT y homogenización de la leche
Alimentación y Nutrición Humana	Valores nutricionales y energéticos de las proteínas, grasas, carbohidratos, vitaminas y minerales para la formulación y declaración de la información nutricional, efecto del tratamiento térmico en la leche
Envase y Embalaje en la Industria de Alimentos	Envasado de la leche saborizada UHT
Control de Calidad de Alimentos	Aceptabilidad de las formulaciones y del producto final
Refrigeración y Congelación de Alimentos	Conservación de la leche antes del tratamiento térmico UHT
Química de Alimentos	Proteínas, carbohidratos, grasa de la leche. Aditivos usados en la formulación como estabilizantes, espesantes, saborizantes.
Análisis de Alimentos	Composición proximal, determinación de acidez, determinación de vitaminas y minerales

Finalmente, el desarrollo de capacidades y competencias durante la carrera universitaria, entre ellas el liderazgo de equipos, búsqueda y redacción apropiada de información técnico-científica, capacidad de análisis y resolución de problemas, toma efectiva de decisiones, entre otros, facilitó un idóneo desenvolvimiento del bachiller en la empresa donde laboró, así como en la ejecución exitosa de las funciones y actividades asignadas para el puesto.

V. CONCLUSIONES

1. Se desarrolló una leche semidescremada sin lactosa sabor cacao y con procesamiento UHT en envase multicapa de formato individual de 200 ml para el público adulto femenino.
2. Se desarrollaron formulaciones de leche sabor cacao, según los requisitos de un producto sin lactosa, bajo en grasa (1.4 g/100 ml), bajo en azúcares totales (5.0 g/100 ml), bajo en sodio (65 mg/100 ml) y bajo en calorías (51 kcal/100 ml). De cinco prototipos, tres fueron seleccionados y aprobados mediante una evaluación sensorial, para posteriormente ser escalados a nivel industrial.
3. De los 3 prototipos escalados, mediante una evaluación sensorial comparativa, se eligió el prototipo SCHOCO 3 que registró la mejor aprobación (67%) que tuvo como ingredientes distintivos los sabores vainillina y canela.
4. En el escalamiento, los resultados fisicoquímicos del ensayo industrial seleccionado (SCHOCO 3) estuvieron de acuerdo a la información nutricional a declarar en el envase. Esta producción cumplió con los requisitos microbiológicos (<1 ufc/ml de recuento de aerobios mesófilos) requeridos para su aprobación técnica.
5. Los resultados fisicoquímicos del primer lote comercial desarrollado estuvieron de acuerdo a la información nutricional declarada en el envase. Esta producción cumplió con los requisitos microbiológico (< 1 ufc/ml de recuento de aerobios mesófilos) y sensorial requeridos para su liberación comercial.

VI. RECOMENDACIONES

- Implementar un equipo de medición de sólidos totales con tiempo más corto que el método tradicional de estufa para su uso en línea y un mejor control de la formulación.
- Evaluar concentraciones de otras variables como las concentraciones de lactulosa y plasmina para verificar la intensidad del tratamiento térmico.
- Evaluar la inclusión del parámetro de pH como requisito de liberación para procesamiento aséptico y para liberación de producto terminado.

VII. BIBLIOGRAFÍA

Association of Official Agricultural Chemists [AOAC]. (1925). Official methods of analysis. Official Method 925.23: Solids (total) in milk. Maryland, Estados Unidos: AOAC International.

Association of Official Agricultural Chemists [AOAC]. (1945). Official methods of analysis. Official Method 945.46: ash of milk -gravimetric method. Maryland, Estados Unidos: AOAC International.

Association of Official Agricultural Chemists [AOAC]. (1990). Official methods of analysis. Official Method 947.05: acidity of milk. Maryland, Estados Unidos: AOAC International.

Association of Official Agricultural Chemists [AOAC]. (1994). Official methods of analysis. Official Method 991.20: nitrogen (total) in milk - Kjeldahl methods. Maryland, Estados Unidos: AOAC International.

Association of Official Agricultural Chemists [AOAC]. (1995). Official methods of analysis. Official Method 992.26: Vitamin D3 (cholecalciferol). Maryland, Estados Unidos: AOAC International.

Association of Official Agricultural Chemists [AOAC]. (2004). Official methods of analysis. Official Method 2000.18: fat content of raw and pasteurized whole milk. Maryland, Estados Unidos: AOAC International.

Bajnath, S. & Persad, U. (2019). Evaluating new product development processes in the food and beverage manufacturing sector of Trinidad and Tobago. West Indian Journal of Engineering, 42(1): 51-57.

- Beckett, S.T. (Ed.). (2009). Industrial chocolate manufacture and use (4° ed.). York, Reino Unido: Blackwell Publishing.
- Brennan, J.G. & Grandison, A.S. (Eds.). (2012). Food processing handbook (2° ed.). Weinheim, Alemania: Wiley-VCH.
- Britz, T.J. & Robinson, R.K. (Eds.). (2008). Advanced dairy science and technology. Reino Unido: Blackwell Publishing.
- Bylund, G. (2015). Dairy processing handbook: Tetra Pak Processing Systems. Suecia: Tetra Pak.
- Contò, F.; Del Nobile, M.; A., Faccia, M.; Zambrini, A.V.; Conte, A. (Eds.). (2018). Advances in dairy products, science and technology. Estados Unidos: Wiley-Blackwell.
- Crujisen, H.; Poitevin, E.; Brunelle, S.L. (2019). Determination of minerals and trace elements in milk, milk products, infant formula, and adult nutrition: collaborative study 2011.14 method modification. Journal of AOAC International, 102(6): 1845-1863. doi: 10.5740/jaoacint.19-0073
- David, J.R.; Graves, R.H.; Szemplenski, T. (2013). Handbook of aseptic processing and packaging (2° ed.). Estados Unidos: Crc Press.
- Díaz, D. (10 de mayo del 2018). Intolerancia a la lactosa, más común de lo que creemos. Instituto de Políticas Públicas en Salud de la Universidad San Sebastián. Recuperado de <https://www.ipsuss.cl/ipsuss/columnas-de-opinion/dominique-diaz/intolerancia-a-la-lactosa-mas-comun-de-lo-que-creemos/2018-05-10/165843.html>
- Food and Agriculture Organization/ World Health Organization [FAO/WHO]. (2011). Codex Alimentarius. Leche y productos lácteos. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

- Food and Agriculture Organization/ World Health Organization [FAO/WHO]. (2016). Codex Alimentarius. CXS 105-1981: Norma para el cacao en polvo (cacaos) y las mezclas secas de cacao y azúcares. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Food and Drug Administration [FDA]. (2020). Code of federal regulations, Title 21, Part 131: milk and cream [sitio web]. Recuperado de <https://www.accessdata.fda.gov/scripts/cdrh/cfdocs/cf CFR/CFRSearch.cfm?CFRPart=131>
- Fuquay, J.W.; McSweeney, P.L.; Fox, P.F. (Eds.). (2011). Encyclopedia of dairy sciences. Estados Unidos: Academic Press.
- Gill, B.D.; Zhu, X.; Indyk, H.E. (2015). A rapid method for the determination of vitamin D3 in milk and infant formula by liquid chromatography/tandem mass spectrometry. Journal of AOAC International, 98(2): 431-435.
- González, I.J. & Medina, A.L. (2005). Determinación de cloruros en leche pasteurizada consumida en el estado Mérida-Venezuela y su incidencia en el punto crioscópico. Revista del Instituto Nacional de Higiene Rafael Rangel, 36(2): 2-17. Recuperado de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0798-0477200500020002&lng=es&tlng=es.
- Jansson, T.; Clausen, M.R.; Sundekilde, U.K.; Eggers, N.; Nyegaard, S.; Larsen, L.B.; ... Bertram, H.C. (2014). Lactose-hydrolyzed milk is more prone to chemical changes during storage than conventional ultra-high-temperature (UHT) milk. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62(31): 7886-7896.
- Kleyn, D.H.; Lynch, J.M.; Barbano, D.M.; Bloom, M.J., Mitchell, M.W.; Cooper, L.S.; Cusak, E.;...Petit, M. (2001). Determination of fat in raw and processed milks by the Gerber method: collaborative study. Journal of AOAC international, 84(5): 1499-1508.

- Lee, A.P.; Barbano, D.M.; Drake, M.A. (2017). The influence of ultra-pasteurization by indirect heating versus direct steam injection on skim and 2% fat milks. *Journal of Dairy Science*, 100(3):1688-1701. doi: 10.3168/jds.2016-11899
- Ministerio de Salud de Chile [MINSAL]. (18 de enero de 2017a). Decreto 37. Modifica Decreto Supremo N° 977, de 1996, del Ministerio de Salud, Reglamento Sanitario de los Alimentos. *Diario Oficial de la República de Chile*. Recuperado de <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1099298>
- Ministerio de Salud de Chile [MINSAL]. (26 de diciembre de 2017b). Resolución N° 860 - Aprueba Norma Técnica N° 191 sobre directrices nutricionales para declarar propiedades saludables de los alimentos. *Diario Oficial de la República de Chile*. Recuperado de <https://www.fao.org/faolex/results/details/es/c/LEX-FAOC208108/>
- Ministerio de Salud de Chile [MINSAL]. (diciembre 2017c). Manual de etiquetado nutricional de los alimentos. Santiago de Chile: Ministerio de Salud de Chile. Recuperado de <https://www.minsal.cl/wp-content/uploads/2018/01/Manual-Etiquetado-Nutricional-Ed.-Minsal-2017v2.pdf>
- Prakash, S.; Huppertz, T.; Karvchuk, O.; Deeth, H. (2010). Ultra-high-temperature processing of chocolate flavoured milk. *Journal of Food Engineering*, 96(2): 179-184. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2009.07.008
- Spreer, E. (1998). *Milk and dairy product technology*. Nueva York, Estados Unidos: Taylor & Francis Group. doi: 10.1201/9780203747162
- Tamime, A.Y. (Ed.). (2009). *Milk processing and quality management*. Reino Unido: John Wiley & Sons.
- Tetra Pak. (2015). *Tetra Pak dairy index: an annual news and information source about the dairy industry*. Recuperado de: <https://www.tetrapak.com/es-pe/insights/tetra-pak-index/dairy-index>

Thorning, T.K.; Raben, A.; Tholstrup, T.; Soedamah-Muthu, S.S.; Givens, I.; Astrup, A. (2016). Milk and dairy products: good or bad for human health? an assessment of the totality of scientific evidence. *Food & Nutrition Research*, 60(1): 32527. doi: 10.3402/fnr.v60.32527

Van Scheppingen, W.B.; van Hilten, P.H.; Vijverberg, M.P.; Duchateau, A.L. (2017). Selective and sensitive determination of lactose in low-lactose dairy products with HPAEC-PAD. *Journal of Chromatography B*, 1060: 395-399.

Walstra, P.; Wouters, J.T.; Geurts, T.J. (2006). *Dairy science and technology* (2° ed.). Estados Unidos: Taylor & Francis Group.