

Evaluación de una matriz láctea con incorporación de aceite microencapsulado extraído de microalga *Parachlorella kessleri* de la laguna de la cocha en la ciudad de Pasto

Juan Camilo Pinchao López

Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD
Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería ECBTI
Ingeniería de Alimentos

2023

Dedicatoria

A la energía del universo por darme salud y aguante, a mi madre por su amor incondicional, por ser ella mi primer maestro en la senda de la vida, por su gran ejemplo, por ser mi refugio en la adversidad, por ser la luz en la sombra, por ser camino y verdad. Está dedicado también a mis hermanos, sobrinos y amigos, a los sueños que están para hacerse realidad, que representan la llama inapagable que nos mantiene vivos a ese fuego intenso, que dobla al acero y forja al guerrero.

Agradecimientos

Manifiesto mi agradecimiento a la docente MSc Clemencia Álava Viteri por su gran carisma, por ofrecerme su confianza y compartirme su valioso conocimiento, también expreso mi agradecimiento por su nivel de profesionalismo, de responsabilidad y compromiso en la realización de esta investigación, de la misma forma expreso mi agradecimiento al Dr. Pablo Fernández Izquierdo investigador principal del grupo Biotecnología Microbiana - UDENAR, y a la Dra. Fedra Lorena Ortiz Co -investigador grupo BIOTICS – UNAD por el apoyo y la oportunidad de desarrollar esta investigación dentro del marco del proyecto: Aprovechamiento sustentable del alga *Chlorella spp*, para la obtención de aceite microencapsulado de la convocatoria de Min Ciencias: 818-2018 CONVOCATORIA I+D+i NARIÑO.

Expreso finalmente mi agradecimiento a la Universidad Nacional Abierta y a Distancia - CCAV Pasto, a la Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería – ECBTI y a la cadena de docentes vinculados a ella los cuales contribuyeron a mi formación profesional.

Resumen

El objetivo del proyecto fue determinar las propiedades nutricionales, características fisicoquímicas y sensoriales de una matriz láctea con adición de aceite micro encapsulado extraído de microalga *Parachlorella kessleri*. El tipo de esta investigación fue experimental, debido a la manipulación de las variables independientes, el método utilizado fue analítico, y el enfoque fue cuantitativo. Se realizó un diseño factorial 2^2 con punto central y tres repeticiones en cada punto factorial. Para el desarrollo del queso fresco se identificó el modelo del proceso, se plantearon diferentes formulaciones de aceite microencapsulado y contenido de sal. Al producto terminado se le realizó análisis fisicoquímico, y bromatológico con el fin de establecer su composición y propiedades nutricionales. También se realizó evaluación sensorial para obtener el perfil del sabor en cuanto a los atributos de sabor, textura y olor.

Teniendo en cuenta la formulación y la etapa después del molido se obtuvieron resultados a escala piloto en concentraciones de (1,8%) [p/p] para microencapsulado y (0,2%) [p/p] para sal, se obtuvo un rendimiento de 6,1kg de leche / 1kg de queso fresco. Los resultados del análisis fisicoquímico indican valores de humedad entre el (58 - 60) %, sólidos totales entre 41,7g/100g y pH entre (5,8 – 6,0) ubicándolo dentro de un queso fresco y blando. Los resultados bromatológicos del queso desarrollado aportan ácidos grasos mono insaturados, poliinsaturados y ácidos grasos esenciales omega-3.

El queso fresco proporciona el 37,6% de monoinsaturados, 5,7% de poliinsaturados y para ácidos grasos omega-3 del 13,3% del total de grasa que contiene el alimento, los resultados también indican que el queso aporta 158 mg de sodio lo cual no requiere de sello frontal de advertencia.

En cuanto al panel de evaluación sensorial desarrollado permitió levantar el perfil del sabor, los resultados para los atributos de sabor, textura y olor correspondieron a las características propias de un queso fresco.

Palabras clave: Matriz alimentaria, Microalgas, Ácidos grasos n -3, Alimento funcional, Microencapsulamiento.

Abstract

The objective of the project was to determine the nutritional properties and the physicochemical and sensory characteristics of a milk matrix with the addition of microencapsulated oil extracted from the microalgae *Parachlorella kessleri*. The type of this research was experimental, due to the manipulation of the independent variables, the method used was analytical and the approach quantitative. A 2^2 -factorial design with a central point and three replications in each factorial point was used. To produce fresh cheese, the process model was identified, and different formulations of microencapsulated oil and salt content were proposed. The finished product was subjected to physicochemical and bromatological analyses to establish its composition and nutritional properties. A sensory evaluation was also carried out to obtain the flavor profile in terms of taste, texture, and odor attributes.

Considering the formulation and post-milling stage, pilot scale results were obtained with concentrations of (1.8%) [w/w] for microencapsulation and (0.2%) [w/w] for salt, with a yield of 6.1kg milk / 1kg fresh cheese. The results of the physicochemical analysis indicate moisture values between (58 - 60) %, total solids of 41.7g/100g and pH between (5.8 - 6.0) placing it within a fresh and soft cheese. The bromatological results of the cheese developed provide monounsaturated fatty acids, polyunsaturated fatty acids, and omega-3 essential fatty acids.

The fresh cheese provides 37.6% of monounsaturated, 5.7% of polyunsaturated and in the case of omega-3 fatty acids 13.3% of the total fat contained in the food, the results also indicate that the cheese provides 158 mg of sodium which does not require a frontal warning seal.

The sensory evaluation panel developed allowed the development of the flavor profile, and the results for flavor, texture and odor attributes corresponded to the characteristics of a fresh cheese.

Keywords: Food matrix, Microalgae, N-3 fatty acids, Functional food, Microencapsulation.

Tabla de Contenido

Introducción -----	14
Planteamiento del problema -----	16
Justificación -----	19
Objetivos-----	24
Objetivo General-----	24
Objetivos Específicos -----	24
Marco Referencial-----	25
Marco Teórico -----	32
Compuestos Bioactivos-----	32
Microencapsulación en la Industria Alimentaria-----	41
Alimentos Funcionales-----	47
Matrices Alimentarias-----	53
Antecedentes de Matrices Alimentarias con Incorporación de Compuestos Bioactivos. ----	56
Antecedentes de Matrices Lácteas con Adición de Bioactivos por Microencapsulación ----	57
Evaluación Sensorial de Alimentos-----	63
Marco legal en Colombia de Alimentos Funcionales y Derivados Lácteos-----	68
Materiales y Metodología -----	75
Fuente de Información Primaria-----	75
Fuente de Información Secundaria-----	75
Localización -----	75
Tipo de Investigación -----	75
Método de Investigación -----	76
Enfoque de la Investigación-----	76
Formulación y Condiciones de Fabricación Para un Queso Fresco -----	76

Diseño Experimental Para el Queso Fresco-----	79
Formulación de Hipótesis -----	81
Identificación del Perfil de Ácidos Grasos del Queso Fresco-----	83
Muestra-----	83
Técnica de Análisis -----	84
Evaluación de las Características Sensoriales de Sabor, Olor, Textura de un Queso Fresco ---	87
Muestra-----	87
Técnica de Análisis -----	88
Preparación de Muestras -----	88
Lugar Para Desarrollar el Panel de Evaluación Sensorial-----	89
Resultados y discusión-----	91
Formulación y Condiciones de Fabricación para un Queso Fresco -----	91
Verificación y Análisis de Supuestos de Normalidad -----	91
Selección de Tratamiento -----	94
Condiciones de Formulación y Elaboración de Queso Fresco -----	97
Identificar el Perfil de Ácidos Grasos y Características Fisicoquímicas del Queso Fresco-----	98
Análisis Fisicoquímico-----	98
Análisis Bromatológico-----	102
Análisis del Perfil Lipídico-----	105
Evaluación de las características Sensoriales de Sabor, Olor, Textura de un Queso Fresco. -	109
Análisis Sensorial del Perfil del Sabor Para Queso Fresco -----	109
Conclusiones -----	117
Recomendaciones -----	119
Referencias bibliográficas-----	120
Apéndices-----	138

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Ubicación de Nariño respecto a Colombia</i>	25
Figura 2 <i>Fronteras y Regiones de Nariño</i>	26
Figura 3 <i>Producción y acopio de leche a nivel nacional</i>	28
Figura 4 <i>Leche acopiada entre 2017- 2022</i>	29
Figura 5 <i>Compuestos Bioactivos en Alimentos Funcionales</i>	34
Figura 6 <i>Ácido Eicosapentaenoico (EPA) C20:5ω3 – 2D y 3D</i>	40
Figura 7 <i>Ácido Docosahexaenoico (DHA) C22:6ω3 – 2D y 3D</i>	40
Figura 8 <i>Recubrimiento de Compuestos Bioactivos</i>	43
Figura 9 <i>Clasificación de procesos y técnicas de microencapsulación</i>	46
Figura 10 <i>Diseño general de los experimentos para queso fresco con microencapsulado</i>	80
Figura 11 <i>Efectos principales para microencapsulado y sal</i>	94
Figura 12 <i>Resultados de la sinéresis del queso medida en g en función de los tratamientos</i>	97
Figura 13 <i>Desuerado del queso en función del % de microencapsulado y sal - días 2,6 y 15.</i>	104
Figura 14 <i>Análisis promedio: perfil del sabor del queso con adición de microencapsulado ...</i>	113
Figura 15 <i>Grafica radial para análisis sensorial del queso - día 2</i>	114
Figura 16 <i>Grafica radial para análisis sensorial del queso - día 15</i>	114

Lista de Tablas

Tabla 1 <i>Bioactivos de interes (PUFA's) obtenidos de Microalgas</i> -----	36
Tabla 2 <i>Resultados obtenidos sobre evaluacion fisicoquimica de diferentes microlgas</i> -----	37
Tabla 3 <i>Materiales de pared usados en microencapsulacion de compuestos bioactivos</i> -----	44
Tabla 4 <i>Definiciones de Alimento Funcional</i> -----	48
Tabla 5 <i>Pruebas sensoriales aplicadas en el campo de los alimentos</i> -----	65
Tabla 6 <i>Pruebas sensoriales aplicadas en alimentos y su clasificacion</i> -----	66
Tabla 7 <i>Normativa nacional e internacional aplicable a leche y derivados lacteos</i> -----	71
Tabla 8 <i>Descripción por etapas del proceso de elaboración de queso fresco</i> -----	78
Tabla 9 <i>Matriz del diseño experimental para la formulación del queso fresco.</i> -----	82
Tabla 10 <i>Instrumentos para recolección de la información objetivo 1</i> -----	83
Tabla 11 <i>Instrumentos para recolección de la información objetivo 2</i> -----	83
Tabla 12 <i>Analisis del perfil lipídico para queso con adición de aceite microencapsulado.</i> -----	84
Tabla 13 <i>Analisis fisicoquímicos para el queso con adición de aceite microencapsulado.</i> -----	85
Tabla 14 <i>Instrumentos para recolección de la información objetivo 3</i> -----	87
Tabla 15 <i>Características para atributos sensoriales de sabor, textura y olor del queso fresco</i> -	89
Tabla 16 <i>Escala de medición intensidad de características sensoriales</i> -----	89
Tabla 17 <i>Matriz de resultados del seguimiento y cuantificación del desuerado -días 2,6 y 15.</i> -	91
Tabla 18 <i>Analisis de la Varianza</i> -----	92
Tabla 19 <i>Prueba de Tukey al 95% de confianza para el factor microencapsulado</i> -----	93

Tabla 20 <i>Prueba de Tukey al 95% de confianza para el factor sal</i> -----	93
Tabla 21 <i>Matriz de coeficientes codificados</i> -----	94
Tabla 22 <i>Análisis fisicoquímicos para queso fresco con adición de microencapsulado</i> -----	99
Tabla 23 <i>Comparación de resultados de análisis fisicoquímicos para queso fresco</i> -----	100
Tabla 24 <i>Información nutricional por 100g y por porción de 30g de queso fresco</i> -----	102
Tabla 25 <i>Perfil lipídico expresada en g/100g para muestra de queso fresco analizada</i> -----	106
Tabla 26. <i>Aporte de la matriz del queso fresco en la recomendación de ingesta de grasa total, ácidos grasos y colesterol en Colombia para dos grupos de edad de lactantes</i> -----	108
Tabla 27 <i>Matriz de resultados para el análisis del perfil del sabor del queso</i> -----	110
Tabla 28 <i>Matriz de resultados para medidas de tendencia central día 2</i> -----	111
Tabla 29 <i>Matriz de resultados para medidas de tendencia central día 15</i> -----	111

Lista de Apéndices

Apéndice A <i>Prueba de normalidad para análisis de la varianza</i> -----	138
Apéndice B <i>Prueba de igualdad de varianzas-comparaciones múltiples y prueba de Levene</i> -	139
Apéndice C <i>Prueba de independencia para análisis de la varianza</i> -----	140
Apéndice D <i>Diagrama de flujo de proceso en bloques para elaboración de queso</i> -----	141
Apéndice E <i>Balance de masa, producción de queso fresco con microencapsulado de aceite obtenido de microalga Parachlorella kessleri</i> -----	142
Apéndice F <i>Descripción por etapa del proceso de elaboración de queso fresco final</i> -----	148
Apéndice G <i>Ficha técnica para queso fresco con adición de microencapsulado</i> -----	151
Apéndice H <i>Informe de análisis fisicoquímico, bromatológico y de perfil lipídico del queso</i> -	154
Apéndice I <i>Formato de resultados individuales para análisis sensorial del queso</i> -----	158
Apéndice J <i>Formato de reporte, resultados por consenso para análisis sensorial del queso</i> -	159

Introducción

La alimentación saludable es un pilar fundamental en el desarrollo óptimo de las funciones cognitivas y motoras de las personas (Feliu et al., 2021) el cambio vertiginoso en los hábitos alimentarios en la actualidad ha causado el desarrollo de enfermedades que afectan el estado de salud y el bienestar social de las personas, a día de hoy, la proporción de omega-3 que se consume a través la dieta es muy reducido, este déficit está relacionado al desarrollo progresivo de enfermedades cardiovasculares, trastornos hormonales e inmunológicos.(Feliu et al., 2021; Vega García et al., 2021). Por lo tanto, una nutrición adecuada y equilibrada debe enfatizar en la calidad de alimentos consumidos con el fin de satisfacer las necesidades energéticas y nutricionales sin generar daños en la salud del consumidor final (Flórez et al., 2022), es así que a través de los años la ciencia y la tecnología han venido desarrollando alimentos con características funcionales los cuales promueven la salud e influyen en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles (Cai, 2019), en este orden de ideas en Colombia existe evidencia de que el consumidor final demanda del consumo de alimentos funcionales, lo que incide en el generación de alimentos más saludables (Posada & Gomez, 2012).

Para lograr este fin en la actualidad existen diferentes técnicas aplicadas al micro encapsulamiento de compuestos bioactivos que serán incorporados posteriormente a matrices alimentarias utilizando una gran variedad de materiales de recubrimiento, los cuales tienen como objetivo proteger el compuesto de interés de factores externos como temperatura extrema, pH, humedad, luz entre otros, estos factores pueden influir negativamente en la estabilidad y viabilidad del bioactivo (Hernández et al., 2016). La técnica de microencapsulación ha sido estudiada muy ampliamente debido a su versatilidad para ser aplicada a diferentes industrias entre las cuales está la alimentaria, cosmética y farmacéutica; sin embargo, en esta investigación

el enfoque esta direccionado al campo de los alimentos, la importancia sobre la aplicación de estas técnicas de encapsulación radica en que maximizan los efectos en cuanto a capacidad antioxidante, mantenimiento de características fisicoquímicas y nutricionales, mejoramiento de propiedades organolépticas ya que es muy útil para enmascarar sabores intensos, reducción de actividad ocasionada por compuesto volátiles aromáticos y control bacteriostático de la matriz alimentaria (Gomez et al., 2020; Ortiz et al., 2021; Pajaro et al., 2020).

El interés de este trabajo de investigación es el de obtener un alimento nuevo e innovador con características funcionales idóneo en la lucha por minimizar problemas de salud pública y contrarrestar el efecto que produce la inseguridad alimentaria a causa del déficit asociado al consumo de ácidos grasos polinsaturados por parte de los habitantes del departamento de Nariño, se promueve realizar un derivado lácteo tipo queso fresco con características funcionales, por tanto, esta investigación propone la evaluación de una matriz láctea con incorporación de aceite microencapsulado extraído de microalga *Parachlorella kessleri* de la laguna de la cocha en la ciudad de Pasto para el mejoramiento de sus propiedades nutricionales.

Finalmente el presente trabajo forma parte de los productos comprometidos al proyecto de investigación “Aprovechamiento sustentable del alga *Chlorella spp* para la obtención de aceite microencapsulado”, en el marco de la convocatoria 818 de Minciencias que lidera la Universidad de Nariño y que se desarrolló en alianza con la Universidad Nacional Abierta y a Distancia (UNAD) y los grupos de investigación adscritos, los cuales fomentan la cultura investigativa de los estudiantes y el desarrollo académico de la UNAD.

Planteamiento del Problema

En América latina la inseguridad alimentaria constituye uno de los problemas más importantes, en lo que manifiesta Aulestia & Capa, (2020) factores como la falta de buenos hábitos alimenticios, utilización inadecuada de los alimentos, políticas sin objetividad, accesibilidad limitada a los alimentos se relacionan coyunturalmente y hacen de este fenómeno un problema que se caracteriza por ser diverso y complejo, afectando significativamente en las poblaciones más vulnerables. Una derivación de la inseguridad alimentaria es la subalimentación, en América del sur y en un intervalo de 4 años la subalimentación ha aumentado su prevalencia pasando de 4,7% en 2014 a un 5,0% proyectado para 2017 (FAO et al., 2021), los factores anteriormente citados influyen en el aumento de estos 3 puntos porcentuales desestabilizando la seguridad alimentaria de estas poblaciones.

En Colombia el tema de inseguridad alimentaria se ha tipificado como un problema serio teniendo en cuenta las afirmaciones del Programa Mundial de Alimentos (PMA) y por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), informa que para 2022, 7,3 millones de colombianos estarían propensos a sufrir inseguridad alimentaria, en especial personas de bajos ingresos (PMA & FAO, 2022, p.19). Plataforma Colombiana de Derechos Humanos Democracia y Desarrollo (PCDHDD), (2022) advierte que la inseguridad alimentaria en el país podría complicarse si no se hace una exploración y reconocimiento de las condiciones actuales por las cuales el país atraviesa poniendo en riesgo uno de los derechos fundamentales como lo es el de la alimentación.

Nariño es uno de los departamentos en donde la seguridad alimentaria se ha visto afectada, por el resurgimiento de actividades ilícitas como el narcotráfico, vías en mal estado el conflicto armado, pobreza entre otras no menos importantes como la falta de ingreso monetario,

que disminuye el poder adquisitivo e influye de manera directa en el acceso a los alimentos, estos factores inciden negativamente en los ejes de la seguridad alimentaria. Con base en el Plan Decenal Derecho Humano a una Alimentación y Nutrición Adecuada - DHANA, (2020-2029) y tomando información de la Encuesta Nacional de Situación Nutricional – ENSIN (2015), indica que para Colombia un 54,2% de los hogares presentan algún tipo de inseguridad alimentaria en el hogar que puede ser leve, moderada o severa (Gobernación de Nariño., 2020). Para el caso del Departamento de Nariño el porcentaje de algún tipo de inseguridad alimentaria alcanza el 61,8% muy por encima del promedio nacional. El Instituto Departamental de Salud de Nariño (IDS), (2012-2015) manifiesta en lo referente a Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT) que las tasas de mortalidad han disminuido pero no significativamente, los índices de desnutrición crónica en el departamento de Nariño se sitúan en un 16% lo cual supera en 4 puntos porcentuales al índice a nivel nacional el cual es del 12%, la desnutrición aguda es del 5% mientras que a nivel nacional es del 1,3% en cuanto a la desnutrición global es del 10% a nivel departamental y del 3% a nivel nacional, estos resultados posiblemente se deban a el bajo consumo de proteína y de alimentos ricos en ácidos grasos polinsaturados de cadena larga lo cual es posible que incida directamente en el aumento de las tasas de mortalidad y de prevalencia de ECNT en el Departamento de Nariño (Gobernacion de Nariño & IDSN, 2015).

La inseguridad alimentaria se caracteriza por la falta de consumo de alimentos inocuos y nutritivos en la dieta diaria, también puede manifestarse desde otra perspectiva, la cual toma forma por medio del consumo de alimentos y productos ricos en determinados componentes los cuales pueden obtenerse de manera natural o por condiciones de elaboración, por ejemplo, el sodio forma parte de la sal y es ampliamente consumido por sus bondades en términos de conservación y de aceptación sensorial; sin embargo, el consumo en exceso de este compuesto

está relacionado con el desarrollo de enfermedades como la presión arterial elevada, la hipertensión, y la osteoporosis, por tanto, resulta pertinente reducir su consumo, controlando y ajustando a los requerimientos normativos los porcentajes definidos en las formulaciones para la elaboración de gran variedad de productos, entre ellos derivados lácteos como el queso, el sodio presente en la sal puede afectar en determinada magnitud la salud del consumidor final, este compuesto puede variar su influencia sobre la microbiota, la actividad enzimática y la composición del queso dependiendo del porcentaje adicionado (Ramírez et al., 2016).

La inseguridad alimentaria es un fenómeno complejo que lo compone muchos factores entre los cuales está el hambre que deriva en desnutrición y bajo desarrollo cognitivo, la deficiencia en el consumo y asimilación de micronutrientes esenciales en el desarrollo de una vida sana como ácidos grasos polinsaturados de cadena larga, ácido alfa -linolénico – ALA, ácido eicosapentaenoico - EPA, y el ácido docosahexaenoico -DHA pertenecientes al grupo de grasas (omega -3), pueden ocasionar problemas de salud en edades tempranas y avanzadas, autores como Bahagat et al., (2019) manifiestan que en la mayoría de dietas modernas la poca ingesta de ácidos grasos como el omega -3 influyen negativamente sobre la funcionalidad cognitiva y la atención siendo de preocupación en grupos poblacionales con alteración de los niveles plasmáticos de omega-6 y omega-3.

Para contrarrestar los efectos que puede generar la deficiencia del consumo de ácidos grasos polinsaturados en los habitantes del departamento de Nariño se propone realizar un derivado lácteo con características funcionales, para ello se realiza la siguiente pregunta de investigación ¿La formulación de una matriz láctea con incorporación de aceite microencapsulado extraído de la microalga *Parachlorella kessleri* mejora sus propiedades nutricionales?

Justificación

El desarrollo de alimentos con características funcionales a los cuales se les ha incorporado compuestos bioactivos con el fin de mejorar sus propiedades nutricionales ha tomado un papel representativo en la industria alimentaria, la investigación de nuevos compuestos bioactivos con efectos benéficos en función de la prevención de enfermedades cognitivas e inmunitarias contribuyen a generar una nueva perspectiva de la producción y consumo de alimentos que demanda el consumidor final, entre los compuestos bioactivos con efectos positivos más representativos están los fenoles, los terpenoides, compuestos organosulfurados, prebióticos, probióticos y lípidos (Guzmán & Caldera, 2019).

Los ácidos grasos polinsaturados de cadena larga son esenciales en la dieta del ser humano; sin embargo, no puede bio-sintetizarlos, razón por la cual los obtiene mediante el consumo de pescado y otras fuentes marinas como las microalgas. En lo que manifiesta Puchades, (2021) las microalgas se caracterizan por ser fuente de compuestos bioactivos los cuales pueden encontrarse en alimentos como el pescado, razón por la cual el cultivo de microalgas puede considerarse una alternativa para la obtención de estos ácidos grasos esenciales importantes en el desarrollo de alimentos funcionales, estableciendo una propuesta de producción sostenible que ayude a reducir los efectos de la sobrepesca (Ruta Pesquera, 2019).

En esta medida es importante mencionar que el Departamento Nacional de Planeación – DNP, (2018) dentro de su Plan de Desarrollo Nacional: Pacto por Colombia, Pacto por la equidad para el período 2018 – 2022, pacto por la sostenibilidad, expone la idea de trabajar la conservación y el manejo adecuado de los recursos naturales existentes en el país, lo cual es muy importante para los habitantes del departamento de Nariño en especial a las personas que pertenecen al corregimiento del Encano de la ciudad de pasto, ya que dentro de la flora y fauna

de este lugar es posible encontrar a *Parachlorella kessleri* la cual es una microalga de agua dulce nativa de la laguna de Guamuez, esta microalga es un recurso natural renovable con alto valor tecnológico y nutricional la cual mediante su aprovechamiento sustentable puede impulsar el desarrollo rural de este corregimiento, paralelo a ello la Gobernación de Nariño, (2020) dentro de su Plan de Desarrollo Departamental: Mi Nariño, en Defensa de lo Nuestro, 2020-2023 contempla en su Línea Estratégica: Mi Nariño Competitivo: Ciencia, tecnología e innovación, la idea de fortalecer las iniciativas en el campo de la investigación en el desarrollo de conocimientos nuevos que generen consecuencias positivas de alto impacto que responda a la resolución de necesidades inmediatas en temas de desarrollo social y productivo en el departamento de Nariño.

A día de hoy la alimentación saludable se configura como un pilar fundamental en el desarrollo óptimo de las funciones cognitivas y motoras de las personas, el cambio vertiginoso en los hábitos alimenticios ha causado el desarrollo de enfermedades que afectan el estado de salud y el bienestar social de las personas, por tanto el Gobierno de Colombia, (2012) dentro del Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PNSAN) 2012 -2019, articulado con los Planes de Desarrollo, a lo establecido en la política nacional de seguridad alimentaria y nutricional (PSAN) - CONPES 113 (Departamento Nacional de Planeación & Consejo Nacional de Política Económica Social, 2008) y dando cumplimiento a los ejes de la seguridad alimentaria en Colombia, establece objetivos encaminados a reducir estos vacíos priorizando a familias altamente vulnerables y poblaciones afectadas por el cambio climático y por consecuencias directas del conflicto armado entre otros factores no menos importantes. Por lo tanto, el desarrollo de este trabajo parte desde un enfoque que contribuya al bienestar alimentario y nutricional, aportando en la reducción de las brechas existentes en temas de seguridad

alimentaria en el departamento de Nariño, y con la idea de contribuir al acceso a una alimentación adecuada y suficiente, meta establecida en el logro de los Objetivos Del Milenio – (ODM), articulado a “metas y estrategias de Colombia para el logro de los objetivos de desarrollo del milenio-2015” CONPES 140 (Departamento Nacional de Planeacion; Consejo Nacional de Política Económica Social; República de Colombia., 2011).

Los avances científicos y técnicos en el diseño y formulación de alimentos más inocuos, de producción sostenible y con mayor probabilidad de potenciar el valor nutricional de los mismos han tomado un papel relevante. La estandarización y formulación de matrices lácteas con bioactivos incorporados como el omega-3 provenientes de microalgas de agua dulce como *Parachlorella kessleri* proporcionan significativamente un campo de acción muy importante e innovador dentro de la industria alimentaria. Según Rios & Gil, (2021) establece que una de las técnicas para conseguir este fin es la microencapsulación la cual es una técnica utilizada en el aislamiento de bioactivos mediante una gama de materiales de pared y un proceso de secado por atomización y/o pulverización que aún sigue vigente.

Es importante tener presente que el consumidor final de un alimento exige del mercado productos que sean el resultado de procedimientos más sostenibles en el tiempo y amigables con el medio ambiente. Para alcanzar este objetivo el cultivo de microalgas aporta significativamente en la reducción de trazas de metales pesados proveniente de pescado marino contaminado, (Gómez et al., 2020), también ayuda a disminuir el dióxido de carbono aportando en la mejora de las condiciones medioambientales y es una alternativa sostenible de obtención de ácidos grasos saludables (Ruta Pesquera, 2019). Como lo manifiesta Hoyos, (2018) el desarrollo algunos alimentos funcionales tiene como fin mejorar el perfil lipídico de la matriz con el objetivo de obtener efectos positivos en la salud de las personas. Por tanto, es importante mencionar que las

bebidas fermentadas, el yogurt, el queso, los helados, algunos postres a base de leche, mantequillas untables, entre otros, han sido las matrices lácteas más estudiadas como vehículos de compuestos con potencial funcional. (Villamil et al., 2020., p.1022), lo que concuerda con Mendoza, (2018) en que las matrices lácteas más utilizadas a las cuales se les ha incorporado ácidos grasos esenciales son el yogurt y el queso con un importante interés por este último y en el cual esta direccionada esta investigación.

El análisis del sector lácteo ofrece un amplio margen para la comercialización y consumo de queso fresco, el colombiano destina cerca de \$214 mil anuales a productos lácteos y consume 41,6 kilogramos de esta categoría, incluyendo leche, quesos y yogurt.(Agronet, 2018), La Asociación Colombiana de Procesadores de la Leche (Asoleche) informa que para 2019 la exportación de queso fresco alcanzo 217 toneladas, para el año 2020 se registra un incremento del 55% frente al 42% del 2019 respecto a su valor CIF (USD), Acuerdo comercial que se caracteriza especialmente por productos de valor agregado. (Asoleche., 2020). En este orden de ideas es importante decir que Nariño ocupa el cuarto lugar a nivel nacional en el inventario bovino con una producción de leche de 931000 litros/día lo cual indica que es una zona lechera de gran impacto y que articulado a los ejes estratégicos del clúster lácteo pueden convertir a Nariño en un referente en Colombia en la aplicación de las mejores prácticas asociadas al incremento de la productividad y al mejoramiento de la calidad de la leche y sus derivados (Contexto Ganadero, 2021).

El queso y los productos anteriormente mencionados son derivados de la leche, la mayoría de ácidos grasos de esta materia prima son de origen saturado a excepción del ácido graso oleico que dentro de la composición de la leche existe en mayor cantidad, por tanto, la importancia del consumo de productos nuevos y con un valor agregado desde el punto de vista

nutricional como la incorporación de AGPCL n-3 en matrices lácteas, radica en que pueden ayudar a contrarrestar la baja ingesta de ácidos grasos benéficos ocasionado por malos hábitos alimenticios, desconocimiento de sus propiedades por parte del consumidor final, y por qué principalmente el cuerpo humano no puede bio sintetizarlos. La importancia del consumo de derivados lácteos radica también en que independientemente de su contenido graso, incide en el mejoramiento parcial de la salud cardiovascular y en la posible disminución del efecto ocasionado por enfermedades crónicas de gran prevalencia como las asociadas a Enfermedades Crónicas No Transmisibles (ECNT) (Salas-Salvadó et al., 2018).

Para dar cumplimiento a lo anteriormente mencionado el presente trabajo está proyectado a la realización y mejora de una matriz láctea con el fin de obtener un alimento innovador el cual ayude a fortalecer los campos de la investigación y sirva como alternativa para brindar una alimentación más nutritiva y saludable. Se tiene como soporte los lineamientos de la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022-2031 establecidos en el CONPES 4069, en el cual se tiene por objetivo el fortalecimiento de las capacidades en investigación del país con el fin de realizar aportes significativos en cuanto a temáticas medioambientales, económicas, de sostenibilidad y desarrollo social (Departamento Nacional de Planeación; Consejo Nacional de Política Económica Social; República de Colombia., 2021) y lo contemplado en el eje de investigación 4.0 en su segunda y tercera línea de acción del Programa Rectoral 2019-2023 articulado al Plan de Desarrollo 2019-2023 “Más UNAD, Más PAÍS” en donde se avala la creación, la consolidación y el fortalecimiento de semilleros y grupos de investigación que serán parte fundamental en el desarrollo de nuevo conocimiento el cual tendrá un alto impacto en entornos nacionales y regionales del país.

Objetivos

Objetivo General

Determinar las propiedades nutricionales, características fisicoquímicas y sensoriales de una matriz láctea con adición de aceite micro encapsulado extraído de microalga *Parachlorella kessleri*.

Objetivos Específicos

Establecer una formulación y condiciones de fabricación para un queso fresco con adición de aceite micro encapsulado extraído de microalga *Parachlorella kessleri* como aspectos relevantes en la estandarización de procesos.

Identificar el perfil de ácidos grasos y características fisicoquímicas del queso fresco con adición de aceite micro encapsulado extraído de microalga *Parachlorella kessleri* para establecer sus propiedades nutricionales.

Evaluar las características sensoriales de sabor, olor, textura de un queso fresco con adición de aceite micro encapsulado extraído de microalga *Parachlorella kessleri* con el fin de establecer la aceptabilidad del producto.

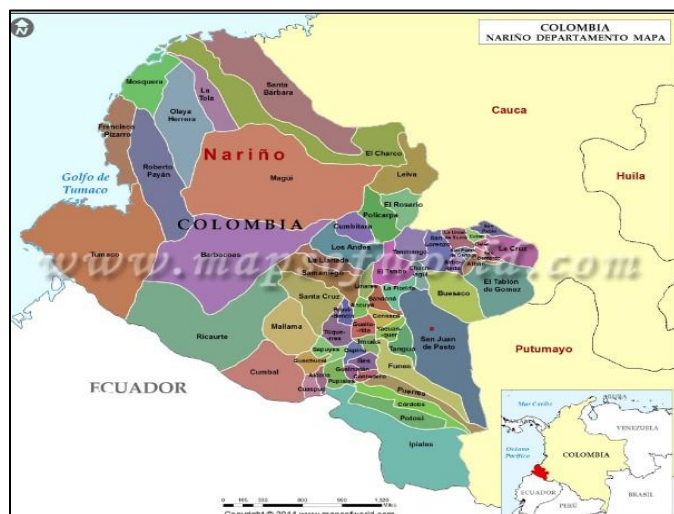
Marco Referencial

Localización y Ubicación Geográfica del Departamento de Nariño

Según la Gobernación de Nariño, (2020) dentro de su Plan de Desarrollo Departamental: Mi Nariño, en Defensa de lo Nuestro, 2020-2023, el departamento de Nariño se encuentra ubicado al suroeste de Colombia y tiene como frontera a la República del Ecuador al extremo suroeste, al Norte limita con el Departamento del Cauca, al oriente con el Departamento de Putumayo y Cauca y al occidente con el Océano Pacífico. El departamento de Nariño posee las siguientes coordenadas geográficas extremas $000^{\circ}21'46''$ y $02^{\circ}38'18''$ de latitud norte $76^{\circ}50'59''$ y $79^{\circ}02'24''$ de longitud oeste.

Figura 1

Ubicación de Nariño respecto a Colombia



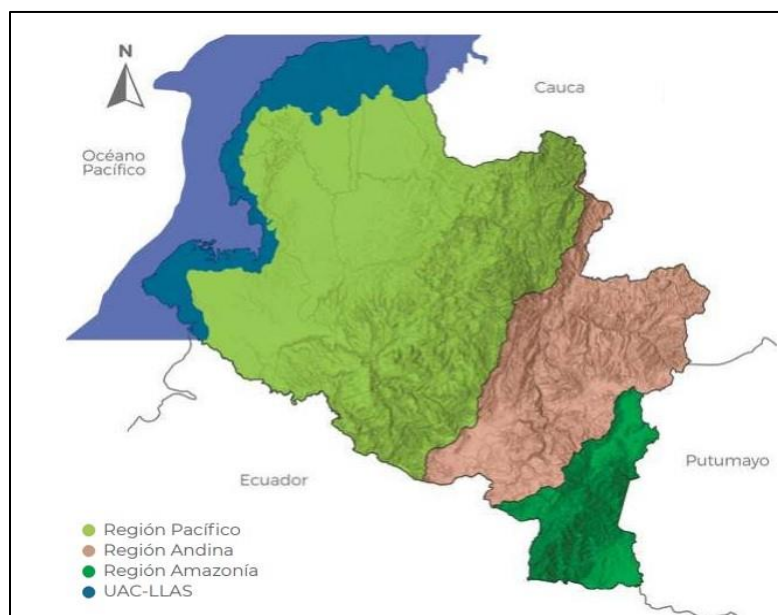
Fuente. Mapsofworld, (2021).

El departamento de Nariño cuenta con una superficie de 33.268 km², equivalente a 2.98% del total del territorio colombiano, también cuenta con tres regiones importantes, la primera es la Región Pacífica que equivale al 52% del departamento, la segunda corresponde a la Región Andina e incluye el Nudo de los Pastos y representa el 38% del territorio, la tercera es la

Región de la Amazonia y representa al 10% del total del área departamental, se incluye también la zona marino - costera articulada en la Unidad Ambiental Costera Llanura Aluvial del Sur (UAC-LLAS) (Gobernacion de Nariño, 2020).

Figura 2

Fronteras y Regiones de Nariño



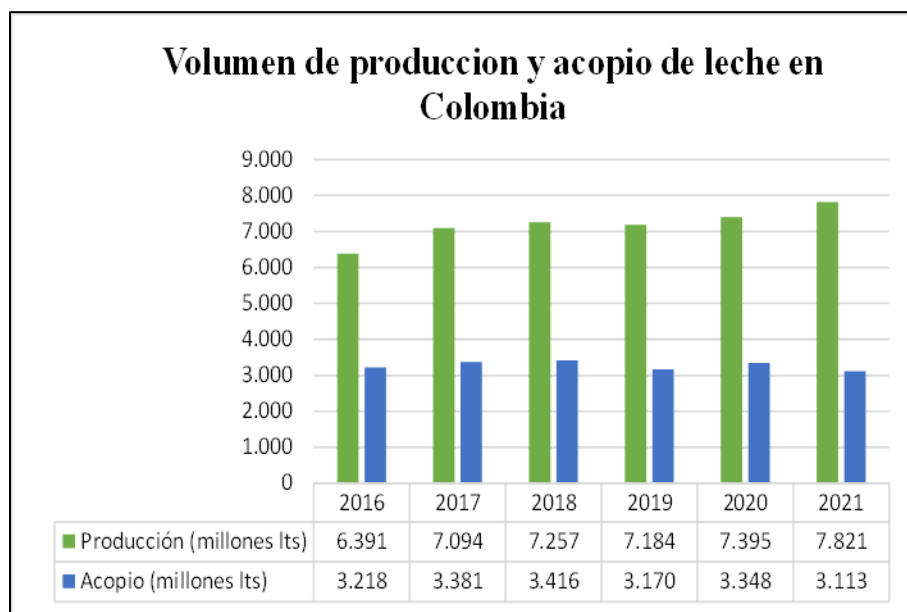
Nota. La figura también explica la posición geoestratégica del Departamento de Nariño, Tomado de Regiones naturales Departamento de Nariño. *Fuente.* Gobernación de Nariño, (2020), p.39

Análisis General Sobre la Producción y Acopio de Leche en Colombia

Según Gómez et al., (2017) Colombia se ubica en la cuarta posición de productores de leche a nivel de Latinoamérica, lo cual representa un lugar favorable desde una perspectiva internacional, en Colombia el sector lácteo se caracteriza por influir de manera significativa en la economía a nivel nacional, ya que representa una fuente importante de empleabilidad debido a la diversidad de eslabones asociados a esta cadena, entre las actividades económicas predominantes en el campo está lo relacionado con la ganadería bovina la cual puede analizarse

desde dos frentes, el primero corresponde a la producción de carne y leche también denominado doble propósito el cual representa el 38,3% el ganado de cría y ceba con 35,% y 20,1% respectivamente, y el segundo involucra la producción de leche especializada con un 6,4%, en Colombia se desarrollan en paralelo estos dos sistemas de producción el de ganadería doble propósito el cual está asociado principalmente a ganado bovino tipo cebuino proveniente de trópico alto, en el cual la producción de leche contabilizada por animal asociado a este sistema es mínima en comparación al segundo sistema el cual se caracteriza por la producción de leche especializada, esta leche proviene en la mayoría de veces de pequeños productores de trópico alto con limitaciones tecnológicas y reducidas extensiones de tierra, en este tipo de sistema predomina la ganadería de subsistencia con menos de 10 animales, estos dos sistemas de producción asociados al sector lácteo están articulados a las macrocuencas y regiones lecheras en Colombia, existen dos regiones focalizadas, la primer región la conforman los departamentos de Antioquia, Boyacá, Caldas, Cauca, Cundinamarca, Quindío, Risaralda, Nariño, y Valle del Cauca, en esta región predomina la producción de leche especializada, mientras que en la región dos que se compone de los departamentos de Amazonas, Atlántico, Bolívar, Caquetá, Cesar, Córdoba, Chocó, Guaviare, Huila, La Guajira, Magdalena, Meta, Norte de Santander, Santander Sucre, y Tolima predomina la producción de ganadería doble propósito (leche y carne) (Maturana et al., 2021).

En Colombia según la Federación Colombiana de Ganaderos (FEDEGAN) la producción de leche desde el año 2016 hasta el 2021 ha reportado un leve incremento pasando de 6391 (14,81%) a 7821 (18,13%) millones de litros de leche.

Figura 3*Producción y acopio de leche a nivel nacional*

Nota. Adaptado con datos obtenidos de la Federación Colombiana de Ganaderos. *Fuente.* FEDEGAN, (2023).

En cuanto a volumen de acopio la Asociación Nacional de Productores de Leche (ANALAC) reporta que la leche acopiada entre enero y octubre creció en comparación al año 2021 en 9,8% y 1% frente a los mismos meses del año 2020, en cuanto a la región 2 en donde tiene más relevancia el trópico bajo creció 24.3% y en la región uno creció 1% en el mismo intervalo de tiempo del año 2021, para el mes de octubre menciona que 14 departamentos crecen levemente y 12 caen en producción frente a septiembre del año 2022 (ANALAC, 2022).

Figura 4*Leche acopiada entre 2017- 2022*

Nota. Adaptado de producción nacional acopiada por la industria. *Fuente.* ANALAC, (2022), p.6

Análisis General Sobre la Producción y Acopio de Leche en el Departamento de Nariño

En Nariño según el Departamento Nacional de Estadísticas. DANE, (2018) en el Departamento el total de personas censadas es de 1.335.521 del cual el 22,4% corresponde a 299,156 personas que se encuentran entre los 0 y 14 años, el 67,9% corresponde a 906.818 personas entre los 15 y 64 años y el 9,7% que corresponde a 129,545 personas pertenecientes a una población mayor a 65 años; sin embargo, la gobernación de Nariño a partir del censo realizado en el 2018 realizó la proyección para el año 2020 en el cual reporta que la cantidad de habitantes en el departamento de Nariño equivale a 1.627.589 de los cuales 832.046 son mujeres con un (51%) y 795.543 corresponde a hombres con un (49%), de lo anterior se puede observar que existe un leve incremento de habitantes en el área departamental entre el año 2018 al 2020, en cuanto a la distribución de la población, la rural predomina más que la población que habita

en zonas urbanas, también podemos mencionar que Nariño se caracteriza por ser un departamento multiétnico y pluricultural en él se encuentran 206.455 indígenas (15.5%), 232.847 afrodescendientes (17.4%) y 141 Rom Gitanos (Gobernación de Nariño, 2020).

Para esta investigación la región pacífica es de vital importancia, en ella se encuentra la cuenca lechera del altiplano nariñense la cual se compone de subregiones, la exprovincia de Obando con una producción láctea del 64% , la subregión centro y sabana con 15% cada una y el resto con 6% , estas subregiones se caracterizan por ser las de mayor concentración de productores de leche en Nariño, en el departamento existe un total de 44791 productores de leche de los cuales 23291 se enfocan al sistema de producción de leche lo que equivale al 52% de total de productores, mientras que 21500 que corresponde al 48% de total se dedica a la ceba y engorde de ganado bovino, en cuanto a transformación de lácteos los municipios con mayor participación en este tema son Ipiiales, Pupiales y Guachucal, en estos municipios predomina la producción de leche especializada y tiene a la raza bovina Holstein como la más representativa con una base alimentaria de pastos y forrajes. En Nariño se producen 931508 litros de leche /día con 95729 vacas en producción de lo cual el 64% de la producción va para la industria y el 30% está destinada a intermediarios y acopiadores (CAMARA DE COMERCIO DE IPIALES, 2019).

Un crecimiento significativo con respecto a los 505214 Litros/ día con 240969 cabezas en producción reportados en 2001 por el Ministerio de Agricultura citado en Solarte et al., (2006) tomando como muestra 11 municipios articulados a las dos cuencas lecheras más importantes que son la provincia y la del municipio de Pasto.

En este orden de ideas en Pasto capital del departamento de Nariño según Alava, (2010) la producción de leche va en aumento lo que permite fortalecer la fabricación de diferentes derivados lácteos, en Pasto predomina la obtención de queso fresco tipo casero, de queso

campesino y queso de pasta hilada, a partir de leche sin tratamiento térmico, la fabricación de estos derivados lácteos han ido mejorando a partir de la inversión en maquinaria más especializada lo cual incide en la mejora continua de los procesos productivos, articulado también a ello la implementación de Sistemas de Gestión de la Calidad en Alimentos como lo son las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) y el Sistema de Análisis de Peligros y Control de Puntos Críticos (HACCP por siglas en inglés), lo cual genera valor agregado, más empleabilidad y potencia su comercialización dentro de la cadena de valor del sector lácteo.

Marco Teórico

Compuestos Bioactivos

Los compuestos bioactivos son considerados metabolitos primarios o secundarios de los alimentos que se encuentran en pequeñas cantidades los cuales pueden influenciar la actividad celular relacionada con el riesgo de enfermedad, más que prevenir las enfermedades están enfocados a la prevención. También pueden actuar como antioxidantes, inhibidores o inductores enzimáticos, moduladores de la expresión de genes entre otros. Sin embargo, para que un compuesto bioactivo sea definido como tal, es necesario evaluar si esos efectos están asociados en humanos con un beneficio para la salud (Etherton et al., 2004).

Vioque & Mill, (2005), indica que los compuestos bioactivos son catalogados como aquellas sustancias de origen vegetal o animal que ejercen un efecto benéfico para alguna función corporal del individuo y su consumo puede llegar a reducir el riesgo de aparición de alguna enfermedad (p.7).

Autores como Batchu et al., (2013) complementan el concepto anterior indicando que los compuestos bioactivos corresponden a metabolitos secundarios de origen vegetal y animal que tienen un valor agregado complementario a la nutrición básica para el ser humano y es que aportan beneficios para la salud. De otra parte, Guzmán & Caldera, (2019) los definen incorporando una visión más amplia dirigida también al desarrollo de nuevos productos; orientados a controlar factores de riesgo involucrados en la aparición de enfermedades crónicas no transmisibles como también el fortalecimiento de las funciones cognitivas y del sistema inmunitario.

Según el autor Gámez (2020), dentro de los ingredientes funcionales se destacan los probióticos, prebióticos, fibra dietaría, antioxidantes, péptidos, vitaminas, omegas, entre otros

dándose una gran oportunidad de innovar con ingredientes funcionales a partir de la biodiversidad. (p.8). En ese sentido, (Ye et al., 2018 citado en Tangarife et al., 2021. p.3) manifiesta también, que han sido reconocidos como componentes bioactivos los tendientes a mejorar la salud humana como fibra dietaria, oligosacáridos, alcoholes de azúcar, aminoácidos, péptidos y proteínas; glucósidos, vitaminas, bacterias ácido lácticas, minerales, ácidos grasos insaturados y antioxidantes.

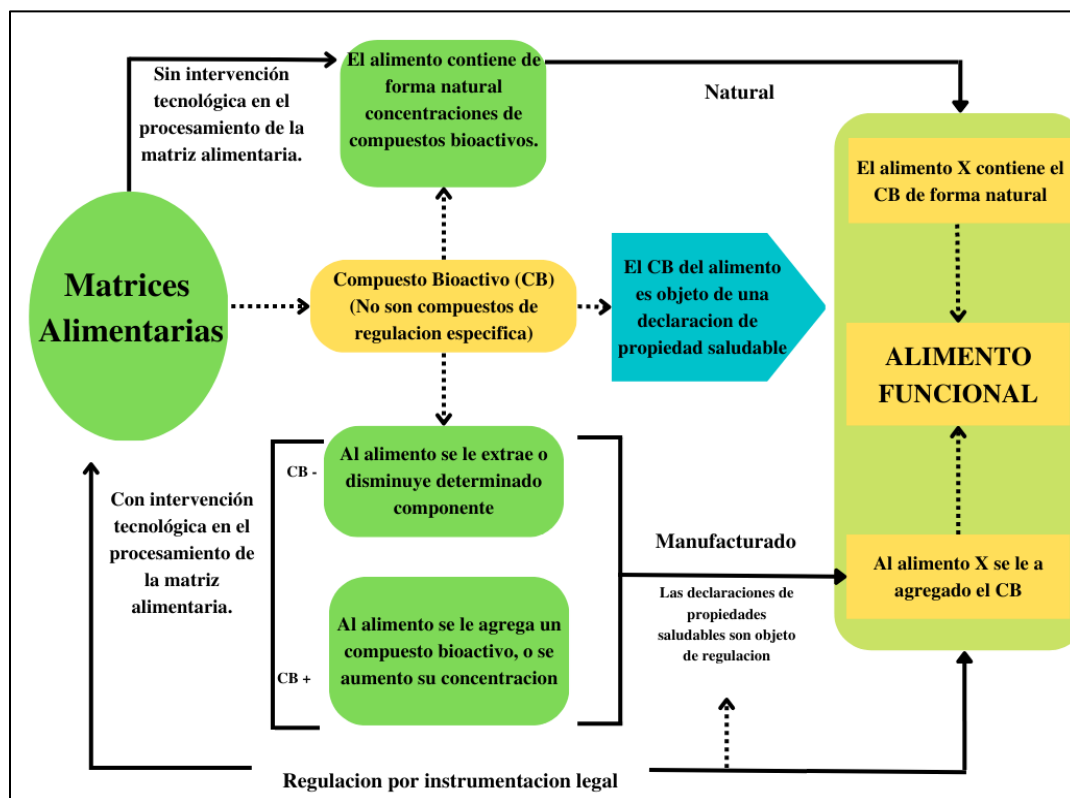
Castrillón, (2018) en cuanto a los compuestos bioactivos menciona que se encuentran naturalmente en los alimentos en donde su consumo puede dar lugar a gozar de sus beneficios; afirma también que se pueden extraer u obtener de los alimentos o a partir de la biodiversidad e incorporarlos en alimentos y constituirse en alimentos funcionales, alimentos biofortificados o suplementos dietarios (p.20.).

Sin embargo, es importante mencionar que en el campo regulatorio, científico y académico se sigue trabajando en la unificación de criterios mediante lo cual se pretende dar paso a la implementación de una base científica robusta y sólida, estableciendo así un apalancamiento importante en la consolidación de marcos regulatorios aplicables a los diversos países en cuanto a declaración de compuestos bioactivos o matrices alimentarias que los contengan inherentemente o no, o que se le agregue o extraiga el bioactivo, no existe una legislación clara y sobre todo que sea específica la cual aborde de manera eficiente la declaración del bioactivo en función de un alimento funcional, enriquecido, fortificado etc. En este orden de ideas la reducción de estas brechas tiene como fin el proteger al consumidor final de información falsa y declaraciones engañosas, por tanto las partes interesadas han venido trabajando este tema con atención y cuidado debido al potencial de los compuestos bioactivos y

su papel dentro de temas de salud pública, de marketing, promoción, innovación y desarrollo de alimentos con características funcionales (Guzmán & Caldera, 2019).

Figura 5

Compuestos Bioactivos en Alimentos Funcionales



Nota. Adaptado de Compuestos bioactivos en alimentos funcionales y sus áreas objeto de regulación y control por instrumentación legal, *Fuente.* Guzmán & Caldera, (2019), p.85

Desarrollo e Innovación

Microalgas Como Fuente de Compuestos Bioactivos

En la industria alimentaria la necesidad de desarrollar alimentos con características funcionales ha llevado a la ciencia a establecer nuevos modelos de innovación, la interacción entre las bases científicas, tecnológicas y de inversión económica son fundamentales para llevar a cabo la materialización de estos nuevos alimentos, los compuestos bioactivos provenientes de

las microalgas se caracterizan por aportar un valor nutricional significativo a las matrices alimentarias, debido a su facilidad de reducir moléculas complejas y producir biomasa, CO₂ y compuestos nutritivos lo que conlleva a profundizar la viabilidad de algunas microalgas debidamente autorizadas para consumo humano en el desarrollo de nuevos alimentos, los cuales deben ser más seguros, sanos, nutritivos y asociados al desarrollo sostenible y la producción responsable (Nova et al., 2020).

Biotechnología Microalgal

Un Campo de Estudio en Expansión

A través de diferentes estudios los resultados indican que las microalgas poseen un fuerte potencial como fuente de compuestos bioactivos, los cuales pueden ser aplicados en el desarrollo de productos nutraceuticos y funcionales los cuales actualmente son de gran interés dentro de la industria alimentaria y el campo de salud, (Liu et al., 2016) existe gran variedad de microalgas productoras de exopolisacáridos (EPS), con características de gran interés debido a que influyen en diferentes actividades como “capacidad antioxidante, antitumorales, antihiperlipidémicas, antibacterianas y anticoagulantes” (García et al., 2017., p.2); sin embargo, aunque existe evidencia de un avance significativo en este campo de estudio quedan muchas variedades de microalgas las cuales aún no han sido caracterizadas, por lo cual los compuestos bioactivos asociados a estas siguen sin ser identificados (García et al., 2018), lo que se traduce en seguir ampliando más el interés en investigaciones posteriores.

En la siguiente tabla se recopila algunos compuestos de interés aplicados en la prevención de enfermedades.

Tabla 1*Bioactivos de interés (PUFA's) obtenidos de Microalgas*

Producto	Microalga
Alimento humano	<i>Chlorella</i> , <i>Espirulina</i> , <i>Odontella auriata</i> , <i>Tetraselmis chunii</i> , <i>Aphanizomenon flosaquae</i> , <i>Nostoc</i> , <i>A. sacrum</i> , <i>Spirogyra</i> , <i>Oedogonium</i>
PUFA's	
Ácido Eicosapentaenoico (EPA)	<i>Phaeodactylum tricornutum</i> , <i>Monodus subterraneus</i> , <i>P. cruentum</i> , <i>Chaetoceros calcitrans</i> , <i>Nannochloropsis</i> , <i>Schizochytrium</i>
Acido Docosahexaenoico (DHA)	<i>Crypthecodinium cohnii</i> , <i>Isochrysis galbana</i> , <i>Pavlova salina</i> , <i>Schizochytrium</i>
Acido Linoleico	<i>D. salina</i>
Ácido γ -linolénico	<i>Espirulina</i>
Ácido Oleico	<i>D. salina</i> , <i>Espirulina</i>
Acido Láurico	<i>Espirulina</i>

Nota. Adaptado de Productos de microalgas. *Fuente.* García et al, (2017), p.3

Aspectos Generales Sobre la Microalga *Parachlorella kessleri*.

La especie de *Parachlorella kessleri*, al igual que *Chlorella vulgaris*, *Chlorella*, *Lobophora*, y *Chlorella sorokiniana* se deriva inicialmente de la división *Chlorophyta* del género *Chlorella*, algas verdes las cuales han sido objeto de muchas investigaciones, a través del tiempo los estudios confirmaron que el tipo de morfología de los cloroplastos de *Parachlorella kessleri* era diferente por lo cual llevo a redefinir su nombre pasando a llamarse *Chlorella kessleri*. (Latorre, 2020); sin embargo, posteriormente gracias a los avances de la ciencia y estudios de Krienitz et al., (2004) a la “subunidad 18S del ARN ribosomal (ARNr) de *Chlorella* y otros taxa relacionados y la región ITS2 de 17 cepas de *Chlorellaceae*” (Latorre, 2020., p.40), se lograría clasificar en dos clados o ramas con un ancestro común a *Parachlorella* y *Chlorella*, por tanto

Chlorella kessleri entraría posteriormente a formar parte del género *Parachlorella*, si bien es cierto existe relación entre estos dos géneros, existen investigaciones que demuestran su diferencia (Latorre, 2020).

Evaluación Físicoquímica y Potencial Biotecnológico de *Parachlorella kessleri*

Sandoval et al., (2021) informa que *Parachlorella kessleri* puede ser usada en el tratamiento de aguas residuales, aunque la biomasa residual de esta microalga puede tener un gran valor agregado para ser usado en la industria alimentaria. Como se había mencionado anteriormente el género de *Chlorella* es muy cercano al género de *Parachlorella* en un estudio realizado por Mtaki et al., (2021) revelan que en el cultivo de *Chlorella vulgaris*, “el contenido total de clorofila, proteínas, lípidos y carbohidratos de la biomasa de microalgas estuvo en el rango de 0.05–0.862%, 44.062–57.089%, 17.064–23.260% y 15.217–21.896% respectivamente”(p.1). Existen variedad de microalgas con alto potencial biotecnológico el cual puede ser aplicado a la industria farmacéutica, química, alimentaria entre otras, la siguiente tabla se muestra diferentes microalgas y resultados obtenidos en cuanto a proteínas, carbohidratos, lípidos y fibra.

Tabla 2

Resultados obtenidos sobre evaluación físicoquímica de diferentes microalgas

Microalga	Proteínas	Carbohidratos	Lípidos	Fibra
<i>Spirulina platensis</i>	40-63	7-22	4-9	8-40
<i>Chlorella vulgaris</i>	20-60	5-50	3-26	16-35
<i>Dunaliella salina</i>	10-55	25-40	3-17	2-9
<i>Haematococcus pluvialis</i>	10-35	1-7	2-3	15-35

Nota. Tomado de Composición nutricional de las principales especies de microalgas (g/100g en peso seco). *Fuente.* Molino et al., (2018) citado en Agudelo, (2020), p.17

En una investigación se evaluó la producción de biomasa seca y ácidos grasos de *Parachlorella kessleri* bajo diferentes condiciones fisicoquímicas, los resultados indicaron una producción de biomasa de 1,1256 +/- 0,1907 y de lípidos totales de 0,6641 +/- 0,0101, (Cerón, 2022) en este mismo estudio también se realizó un análisis del perfil lipídico de *Parachlorella kessleri* microalga nativa de la laguna de la cocha ubicada en el Encano lugar cercano al municipio de Pasto -Nariño en cuanto a los resultados del perfil lipídico (Ésteres Metílicos de Ácidos Grasos (FAMES) (Área %) se obtuvo ácido palmítico (36,52), ácido esteárico (36,49), ácido linoleico (10,91), ácido linolénico (9,62), (Ceron, 2022), en este orden de ideas en comparación con resultados de la tabla 2, en cuanto lípidos totales *Parachlorella kessleri* revela una alta producción de lípidos por los que puede ser aplicada en la producción de biocombustible o alimentos, lo que concuerda con las conclusiones a las que llego (Sandoval et al., 2021).

Ácidos Grasos Poliinsaturados Como Compuestos Bioactivos

Importancia y Efecto Sobre Algunas Enfermedades

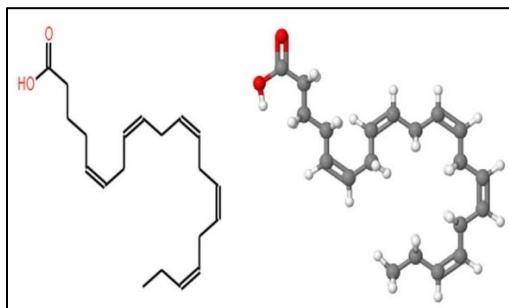
Dentro de la alimentación del ser humano el consumo de ácidos grasos es muy habitual y de gran importancia debido a que son una fuente esencial de energía metabólica y sirven como componente principal en el debido funcionamiento de las membranas celulares, los ácidos grasos son biomoléculas de naturaleza lipídica y se los puede obtener generalmente de alimentos provenientes de origen animal o vegetal; sin embargo, la naturaleza de estos ácidos grasos depende principalmente de cómo se estructuran químicamente, existen por tanto ácidos grasos saturados los cuales pueden obtenerse de alimentos de origen animal y en casos particulares de origen vegetal como las grasas obtenidas a partir de la palma y el coco, se caracterizan por no poseer insaturaciones en su cadena carbonada, también existen ácidos grasos insaturados de los cuales se derivan ácidos grasos monoinsaturados (AGMI) también llamados Omega-9, los

cuales se caracterizan principalmente por poseer una sola insaturación en su estructura química, ósea poseen un solo doble enlace carbono-carbono, la fuente de la cual proviene estos ácidos grasos generalmente es de origen vegetal, el ácido oleico esta entre los más representativos en cuanto ácidos grasos monoinsaturados, luego están los ácidos grasos poliinsaturados (omega -3 y omega-6) los cuales son de gran interés dentro de la nutrición humana y del campo científico, esto debido a su gran potencial como compuestos bioactivos en la prevención o reducción de enfermedades no transmisibles, con respecto a estos ácidos grasos se caracterizan porque el cuerpo humano no puede biosintetizarlos y por tanto se deben obtener directamente desde la dieta (Marchena et al., 2011).

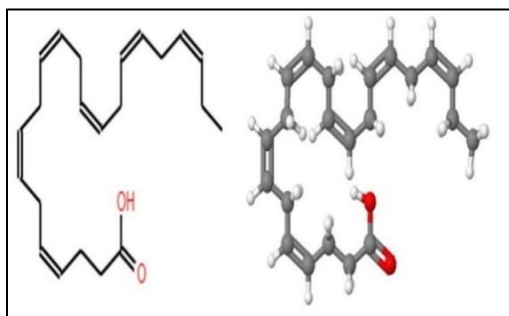
Los ácidos grasos poliinsaturados (AGPI o PUFA's por sus siglas en inglés) se caracterizan por tener enlaces tipo *cis* en su estructura hidrocarbonada, en esta configuración los hidrógenos que están unidos a un doble enlace carbono-carbono se ubican en una misma dirección, mientras que en el isómero *trans* su ubicación en el espacio es diferente predominando la forma de silla en la cadena hidrocarbonada, en las figuras 6 y 7 podemos observar las configuraciones *cis* bidimensional y tridimensional de los dos ácidos grasos poliinsaturados de mayor relevancia el Ácido Eicosapentaenoico (EPA) C20:5 ω 3 y el Ácido Docosahexaenoico (DHA) C22:6 ω 3. Cabe resaltar la importancia del ácido α -linolénico (ALA) el cual posee tres dobles enlaces en su cadena hidrocarbonada, este ácido graso se caracteriza por ser el precursor del EPA y el DHA, en cuanto a la fuente de estos ácidos grasos omega-3 proviene del consumo de semillas de lino, nueces, pacanas, avellanas, kiwis, pescados de aguas profundas o azules, como salmón, arenque, atún y algunas algas debidamente autorizadas para el consumo humano (Chamorro et al., 2016; Mendoza, 2018).

Figura 6

Ácido Eicosapentaenoico (EPA) $C_{20}:5\omega 3$ – 2D y 3D

**Figura 7**

Ácido Docosahexaenoico (DHA) $C_{22}:6\omega 3$ – 2D y 3D



Es de especial interés mencionar que otra fuente de obtención de omega-3 provienen de microalgas de las especies *Cryptheconium*, *Mortierella* y *Schizochytrium sp* de las cuales se extrae mayoritariamente DHA y en menor cantidad EPA, a día de hoy el DHA se encuentra caracterizado como un compuesto bioactivo el cual se encapsula utilizando métodos asociados a la microencapsulación el secado por aspersión es una técnica muy común y económica para lograr este objetivo, el producto que se obtiene posteriormente será incorporado en matrices lácteas las cuales han sido estudiadas como vehículos óptimos para la adición de compuestos bioactivos, en cuanto a la incidencia del EPA y DHA en la prevención o reducción de algunas enfermedades las investigaciones han arrojado resultados prometedores en cuanto a la reducción

de riesgos asociados a diabetes tipo 2, hipertensión, de procesos inflamatorios, disminución de colesterol en la sangre específicamente de LDL-colesterol y al control y buen desarrollo de la función fetal, neuronal, cardiovascular, retinal e inmunitaria y función cognitiva en pacientes con Alzheimer leve (Conchillo et al., 2006; Swanson et al., 2012).

Para el desarrollo de este estudio el compuesto bioactivo de interés proviene de microalgas específicamente de *Parachlorella kessleri* microalga nativa de la laguna de la cocha en la ciudad de Pasto. En diferentes trabajos de investigación estos ácidos grasos poliinsaturados o PUFA's (por sus siglas del inglés *Poly Unsaturated Fatty Acids*) fueron aislados con el fin de determinar y cuantificar su concentración lipídica y posteriormente micro encapsulados usando como técnica el secado por aspersión, todo esto con el objetivo de incorporar el producto obtenido a una matriz láctea lo cual hace parte del desarrollo de esta investigación.

Microencapsulación en la Industria Alimentaria

La tecnología usada en la protección de bioactivos y en la reducción de la degradación y/o oxidación de ácidos grasos es la microencapsulación, esta tecnología ayuda a minimizar problemas recurrentes en cuanto a incompatibilidad (interacción compuesto bioactivo y medio ambiente), entre sus beneficios se encuentra aumentar la biodisponibilidad de los compuestos bioactivos y retardar las reacciones químicas entre los elementos que conforman la nueva matriz alimentaria, enmascara sabores y olores desagradables, transforma líquidos en sólidos, aumenta la vida útil de producto final lo protege de reacciones de oxidación, de la luz y de gases, la microencapsulación se convierte en una técnica promisoría para enriquecer alimentos con ingredientes funcionales u otro tipo de micronutrientes (Rivera et al., 2020).

Yáñez et al., 2002; citado en Cabrera et al., (2022). En concordancia con lo anterior, indica que los alimentos funcionales contienen compuestos bioactivos que tienen efecto benéfico

en la salud del consumidor. Sin embargo, estos componentes pueden quedar expuestos a factores ambientales como la luz, oxígeno, calor, humedad o estar expuestos a factores tecnológicos que afectan la estabilidad de estos compuestos y afectar negativamente sus propiedades funcionales (p.5.).

Para contrarrestar estos efectos, se tiene presente el aporte de Choudhury et al., (2021) En donde manifiesta que existen tecnologías como la encapsulación, cuyo propósito es proteger y mejorar la estabilidad de los compuestos bioactivos por lo que las microcápsulas, ayudan a que se resistan las condiciones de procesamiento y empaado lo que puede mejorar el sabor, aroma, valor nutritivo, apariencia de los productos. La técnica de microencapsulación utiliza una película o matriz para cubrir y rodear gotas líquidas o sólidas diminutas (p.2).

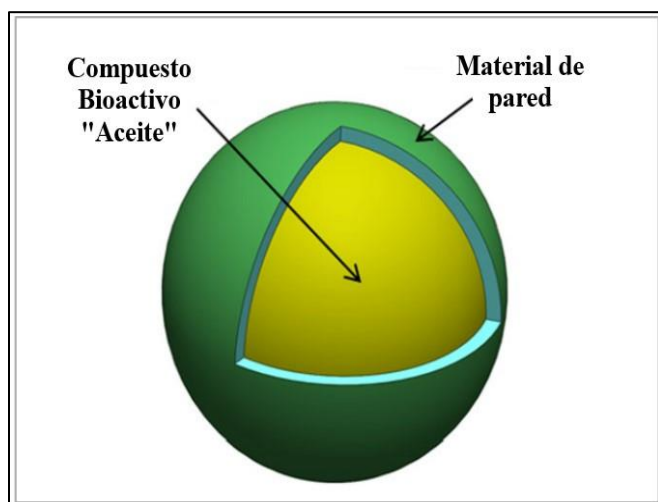
Materiales de Pared

Relevancia en el Proceso de Microencapsulación de Compuestos Bioactivos

En la microencapsulación es de gran importancia el material de pared que se utilizará para micro encapsular por lo que este puede tener incidencia en la eficiencia de la encapsulación y la conservación de las propiedades del material encapsulado proporcionando estabilidad a las microcápsulas que se obtienen; siendo el material encapsulante un componente que forma un recubrimiento de capa delgada sobre una superficie. Esta capa puede ser de naturaleza orgánica, inorgánica o una combinación de ambas (Ríos & Gil, 2021).

Figura 8

Recubrimiento de Compuestos Bioactivos



Nota. Adaptado de Composición de una microcápsula de aceite en forma simplificada. *Fuente.*

Bakry et al., (2016), p.144

Luna et al., (2016), anota que el primer material de pared que se utilizó fue la gelatina G. O. Fanger; sin embargo, en la actualidad se cuenta con una variedad de compuestos que responden a las diferentes necesidades de las matrices y compuestos bioactivos que se desean micro encapsular. De todas maneras, estos materiales de pared deben cumplir con ciertas características para que puedan cumplir con el propósito de recubrir de manera satisfactoria. En ese sentido, algunas de estas características son: baja viscosidad a altas concentraciones, facilitar formación de películas, tener propiedades emulsificantes, baja higroscopicidad para evitar aglomeración, fácil manejo, bajo costo, no tener sabor, soluble con la matriz que se va a incorporar y de fácil adquisición. (p.4). Así también, la eficiencia de la microencapsulación y estabilidad de las microcápsulas durante el almacenamiento depende en la composición del material de pared; así es que en algunos casos es necesario realizar combinaciones de estos materiales de pared para obtener mejores resultados como en el caso de la combinación de goma

arábiga y maltodextrina porque las diferencias entre sus propiedades hacen que en conjunto se comporten de mejor manera (p.5).

Tabla 3:

Materiales de pared usados en microencapsulación de compuestos bioactivos

Tipo de material encapsulante	Cobertura específica	Características de interés
Carbohidratos	Almidón y derivados, maltodextrinas, jarabes de maíz, sacarosa, dextrana, ciclodextrinas.	Formador de película, muy buen emulsionante.
Gomas	Arábica, mezquite, guar, alginato de sodio, carragenina, alginato de sodio.	Emulsionante, formador de película
Tipo de material encapsulante	Cobertura específica	Características de interés
Proteínas	Gelatina, proteína de soja, caseinatos, suero de leche, zeína, gluten, caseína.	Emulsionante, formador de película.
Lípidos	Ceras, parafinas, grasas, ácido esteárico, triestearina, mono y diglicéridos	Formador de película, emulsificante
Celulosas	Carboximetilcelulosa, metilcelulosa, etilcelulosa, nitrocelulosa, acetilcelulosa	Formador de película

Nota. Tomado de Características de materiales de recubrimiento usados en la microencapsulación de alimentos. *Fuente.* Rios & Gil, (2021), p.9

Rios & Gil, (2021). Refieren que los materiales de pared encapsulante son diversos y los más reconocidos son: carbohidratos (Almidón y derivados, maltodextrinas, jarabes de maíz, sacarosa, dextrana, ciclodextrinas.), gomas (Arábica, mezquite, guar, alginato de sodio,

carragenina, alginato de sodio), proteínas (Gelatina, proteína de soja, caseinatos, suero de leche, zeína, gluten, caseína), lípidos (Ceras, parafinas, grasas, ácido esteárico, triestearina, mono y diglicéridos) y celulosas (Carboximetilcelulosa, metilcelulosa, etilcelulosa, nitrocelulosa, acetilcelulosas).

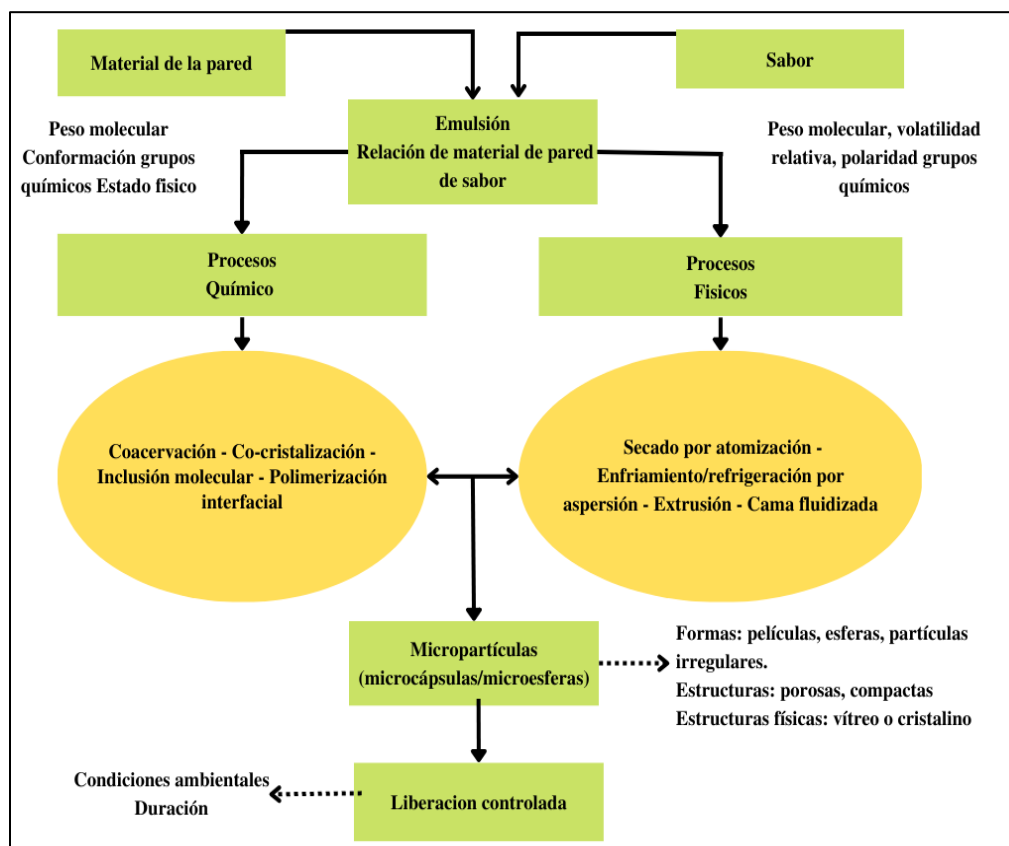
Reyna et al., (2015) en articulación con lo manifestado por Ríos y Gil, (2021) expresa que, de los anteriores materiales, los carbohidratos como los almidones, los sólidos de jarabe de maíz, las maltodextrinas, las gomas como la arábica y las proteínas como la de suero y soja se han usado generalmente como agentes encapsulantes en la industria de alimentos.

Técnicas de Microencapsulación Aplicado en Alimentos

Existen variedad de métodos o técnicas asociadas con la encapsulación o microencapsulación de compuestos bioactivos (omega-3) dentro de la industria alimentaria.

La microencapsulación se realiza mediante dos tipos según Madene et al., (2006) Métodos químicos y métodos mecánicos; en los químicos, están la técnica de coacervación, co-cristalización, polimerización interfacial, gelificación iónica, incompatibilidad polimérica, atrapamiento por liposomas e inclusión molecular; en los mecánicos, se encuentra el secado por aspersión, secado por congelamiento y enfriamiento; y, extrusión. (p.3).

Autores como Yakdhane et al., (2021), clasifican la microencapsulación en tres tipos; químico por entrecruzamiento y polimerización; físicos, a través de secado por aspersión, secado por congelación y fisicoquímicos por coacervación compleja, gelificación iónica, (p.2). En la figura 9 se puede visualizar de manera resumida la clasificación y las técnicas de microencapsulación.

Figura 9*Clasificación de procesos y técnicas de microencapsulación*

Nota. Adaptado de una ilustración esquemática de diferentes procesos de encapsulación de compuestos de sabor. *Fuente.* Madene et al., (2006), p.7

Como podemos observar en la figura 9 existen diferentes técnicas para la obtención de micropartículas asociadas a dos procesos tanto químicos como físicos, de los cuales se puede obtener microcápsulas de diferente forma y estructura, cabe resaltar que las microesferas dependen fundamentalmente de los materiales de pared y formulación de la emulsión.

Parra, (2010) indica que estos polvos finos son incorporados en matrices alimentarias, fármacos, entre otros, brindando estabilidad en la interacción con la matriz; también,

conservando las propiedades fisicoquímicas, de emulsificación; como enmascarando sabores y colores del material original del que fue extraído el compuesto bioactivo. (p.3).

El aceite microencapsulado extraído de microalga *Parachlorella kessleri* el cual fue incorporado una matriz láctea como producto de esta investigación, proviene de la aplicación del método de secado por aspersión.

Técnica de Secado por Aspersión

Esta técnica se encuentra entre las más utilizadas dentro de la industria alimentaria, farmacéutica y cosmética, ha sido ampliamente estudiada, debido a su versatilidad lo cual permite trabajar materias primas de distinto origen natural en diferentes áreas y aplicaciones como la obtención de leches en polvo encapsular sabores, esencias, prebióticos, colorantes, aceites con concentraciones deseables de omega -3 etc., entre las ventajas de esta técnica es que reduce los tiempos de secado, facilita soluciones individuales a problemas específicos su bajo costo, la protección del bioactivo, la liberación controlada y la posibilidad de extrapolar esta técnica desde un fase experimental a un nivel industrial la convierte en una de las más populares y usadas dentro de los diferentes campos de acción anteriormente mencionados (Hernandez, 2020; Padial, 2021; Rios & Gil, 2021).

Alimentos Funcionales

El concepto de alimento funcional presenta a nivel mundial una clara divergencia, lo cual no permite establecer una definición que sea universal y concluyente, la historia de este concepto converge a la década de 1980 en Japón quien dio iniciativa al desarrollo de investigaciones enfocadas al mejoramiento del perfil nutricional de los alimentos como estrategia para aumentar la calidad de vida de sus habitantes (Beltran, 2016).

Teniendo en cuenta lo anterior en la siguiente tabla se presenta diferentes definiciones del concepto.

Tabla 4

Definiciones de Alimento Funcional

Concepto	Definición	Referencia
	Para el Centro de Alimentos Funcionales de los Estados Unidos (FFC).	
	“Alimentos naturales o procesados que contienen compuestos biológicamente activos que, en cantidades definidas, efectivas y no tóxicas, proporcionan un beneficio para la salud clínicamente probado y documentado utilizando un biomarcador específico para la prevención, el manejo o el tratamiento de enfermedad crónica o sus síntomas”.	(Martirosyan et al., 2018. p. 387)
Alimento Funcional	Para el Instituto Internacional de Ciencias de la Vida, (ILSI). “Un alimento puede considerarse funcional si se demuestra satisfactoriamente que ejerce un efecto beneficioso sobre una o más funciones selectivas del organismo, además de sus efectos nutritivos intrínsecos, de modo tal que resulte apropiado para mejorar el estado de salud y bienestar, reducir el riesgo de enfermedad, o ambas cosas”.	(Ashwell, 2004, p. 5)
	“Los alimentos funcionales son los alimentos mejorados y fortificados que brindan beneficios para la salud junto con el valor nutricional regular cuando se toman regularmente en una cantidad específica”.	(Mohanty & Singhal, 2018. p, 515)

Nota. Definiciones diferentes del concepto alimento funcional.

De manera general la definición del concepto posee ambigüedades que dificultan el consenso entre países y académicos expertos en el área, en las definiciones anteriormente descritas existe relación en que uno de sus fines es proporcionar un efecto positivo en la salud de

las personas, minimizando el riesgo de padecer enfermedades crónicas (Comunian et al., 2017). Sin embargo, (Mohanty & Singhal, 2018) manifiestan que si bien es cierto la reducción del efecto de este tipo de enfermedades es atribuido a los alimentos funcionales, cuando la enfermedad ya está presente la acción terapéutica debe realizarse posterior a la manifestación lo cual requerirá lineamientos médicos más específicos. En esta medida los alimentos funcionales no pueden considerarse estrictamente como forma de suplemento alimenticio, ya que existe una diferencia conceptual y de presentación comercial entre estas dos formas de alimento; sin embargo, estos dos conceptos se relacionan en que deben ir en función de una rutina diaria de ejercicio y una dieta normal y balanceada con el fin de obtener el efecto positivo y a la vez preventivo en la salud del consumidor final (Ashwell, 2004).

Relación Entre Alimento Funcional y Alimento Nutracéutico

La relación existente entre estos dos conceptos radica en que los alimentos funcionales y los alimentos nutraceuticos ayudan a mejorar la salud y el bienestar de las personas; sin embargo, aunque existe diferencia en su definición estos conceptos poseen semejanza en determinadas características como las anteriormente mencionadas, lo que probablemente ocasiona confusiones entre las personas en la elección y consumo de estos productos, por lo tanto el alimento funcional se caracteriza por poseer ingredientes o compuestos bioactivos presentes en la matriz alimentaria, ya sea que los posea de manera intrínseca o por procesos de modificación eliminando los componentes que puedan alterar la salud del consumidor final.(Meléndez et al., 2020), Osea los atributos asociados a un alimento funcional provienen de un alimento o una matriz alimentaria en forma convencional, mientras que los alimentos nutraceuticos son productos a los cuales se les ha realizado procesos de aislamiento o purificación de sus ingredientes o compuestos bioactivos con el fin de comercializarlos en forma de capsulas,

pastillas, polvos, tabletas entre otros; sin embargo, para Eussen et al.,(2011) son los suplementos dietarios quienes toman esta forma de presentación comercial, lo cual concuerda con la definición adoptada por el Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (INVIMA) el cual manifiesta que los suplementos dietarios son una fuente concentrada de nutrientes, los cuales puede ser presentados en formas farmacéuticas para uso oral, no estériles, sólidas, semisólidas y líquidas. (INVIMA, 2019), por lo tanto, se deduce que existe relación entre estos dos conceptos, pero que si bien es cierto los nutraceuticos no están asociados directamente a los alimentos esto no afecta la importancia que tienen en la reducción o prevención de enfermedades crónicas. (Gul et al., 2016). En relación con lo anterior, los suplementos dietarios pueden coadyuvar a suplir deficiencias nutricionales, contribuir a la prevención de enfermedades, pero, no están dirigidos a la curación o tratamiento de patologías específicas (Eussen et al., 2011., p.2).

A diferencia en lo que hace referencia a alimentos fortificados, la Asociación Americana de Dietética American Dietetic Association ADA, (citado por Guzmán & Caldera, 2019) define que “alimentos funcionales como aquellos que pueden ser convencionales o modificados (fortificados, enriquecidos o mejorados), alimentos para uso médico y dietario especial los cuales tienen un efecto benéfico para la salud cuando forman parte de una dieta variada”(p.2).

Por tanto, la investigación en este campo seguirá creciendo lo que conlleva a realizar esfuerzos progresivos entre los centros de investigación, el consumidor final, la industria alimentaria y el estado. Por lo tanto, los compuestos bioactivos y/o ingredientes provenientes de matrices alimentarias clasificados con gran potencial en el desarrollo de nuevos productos, deben estar identificados, la caracterización del efecto fisiológico debe estar sujeto al rigor científico,

por lo tanto, debe ser seguro, de información clara y no representar ningún problema de salud pública (Guzmán & Caldera, 2019).

Características de los Alimentos Funcionales

Según (Beltrán, 2016) la creciente demanda de alimentos funcionales por parte del consumidor final radica en que existen diversos factores como el riesgo de contraer enfermedades crónicas, aumento de la vejez, interés de las personas por consumir alimentos que produzcan un efecto benéfico en el organismo, reducción en los costos sanitarios y el interés por el desarrollo tecnológico. Teniendo en cuenta lo anterior estos factores justifican que la ciencia y la industria alimentaria trabajen en el desarrollo de alimentos funcionales, en lo mencionado por (Beltrán, 2016, p.12) para alcanzar este objetivo se deben cumplir las siguientes características. Deben presentarse en forma de alimentos de consumo cotidiano, su consumo no produce efectos nocivos, cuenta con propiedades nutritivas y beneficiosas para el organismo, disminuye y/o previene el riesgo de contraer enfermedades, además de mejorar el estado de salud del individuo, deben poder demostrarse sus efectos beneficiosos dentro de las cantidades que normalmente se consumen en la dieta.

Tendencias de Consumo de Alimentos Funcionales

La dinámica de las sociedades actualmente es acelerada, las dietas y los hábitos alimentarios han cambiado los estándares de consumo a través del tiempo, estableciéndose preferencias por los alimentos a corto o a largo plazo lo que influye de manera transitoria o definitiva en los patrones de consumo, los estilos de vida y ritmos acelerados en el cumplimiento de horarios laborales y recorrido de grandes distancias disminuyen el tiempo disponible para preparar y consumir alimentos ocasionando afectaciones en la salud física y mental de las personas, por lo cual actualmente el consumidor final ha elegido una transición

paulatina a una alimentación más saludable, más amigable con el medio ambiente, de producción sostenible y que contemple un marco ético claro, seguro y eficaz (Meza et al., 2018 ; Martínez et al., 2019; Encalada et al., 2021).

Derivados Lácteos Como Alimentos Funcionales

La Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), manifiesta que la apropiación y desarrollo tecnológico aplicado a lácteos permite una característica diferencial lo cual incrementa el consumo de quesos y otros derivados lácteos, el consumo se ha visto fortalecido debido a la reducción de la des - información en lo correspondiente al consumo de leche y porque cada día más el consumidor final exige que los productos estén articulados a políticas sobre desarrollo sostenible y bienestar animal, se establece que el eslabón de procesamiento se ha incrementado en la última década y que si bien es cierto algunos productos lácteos han aumentado su auge, los que mayor crecimiento y dominio en ventas mantienen son los quesos y la leche líquida (UPRA, 2020).

Existen diferentes formas en que este tipo de alimentos se comercializan debido a su alta demanda de consumo, la gama de derivados lácteos funcionales puede ofertarse en forma de leches para infantes en etapas de iniciación y continuación, yogur, leches fermentadas, diferentes variedades de quesos, mantequillas, y bebidas lácteas. Estos alimentos vienen enriquecidos o fortificados con componentes bioactivos o funcionales como ácidos grasos polisaturados de cadena larga n-3 como el EPA y DHA, ácido graso oleico, vitaminas A y D, minerales como el fosforo y el calcio, fitoesteroles, y con bacterias prebióticas específicas entre otros, los cuales poseen un efecto positivo prometedor en beneficio de la salud del consumidor final (Rodríguez et al., 2019).

Beneficios de los Alimentos Funcionales

Los derivados lácteos son las matrices alimentarias más estudiadas como vehículos de compuestos con potencial funcional. (Villamil et al., 2020., p.1022), su amplio consumo incide en la manifestación del efecto benéfico en la salud de las personas, a continuación se presentan diversidad de beneficios atribuibles al consumo de derivados lácteos funcionales, 1) Beneficios cardiovasculares; 2) Beneficios para el sistema gastrointestinal; 3) Beneficios metabólicos y para el control de peso corporal; 4) Beneficios para la salud ósea; 5) Beneficios para el desarrollo del sistema nervioso central y visual; 6) Beneficios para el sistema inmune y prevención de alergias (Valenzuela, 2020, p.113).

Matrices Alimentarias

El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) define matriz alimentaria como “Los componentes nutritivos y no nutritivos de los alimentos y sus relaciones moleculares, es decir, enlaces químicos, entre sí” (USDA, 2015), lo que indica que las interacciones de una matriz alimentaria son complejas y deben ser estudiadas en su conjunto, por lo que no resulta viable realizar el análisis individualizando sus componentes, (Donovan & Goulet, 2019).

Matriz Alimentaria Queso Fresco

Teniendo presente el aporte de Walstra et al., (2006) y desde el punto de vista fisicoquímico, el queso es un sistema tridimensional tipo gel, formado por caseína en forma de un complejo caseinato fosfato cálcico que cuando es coagulado atrapa glóbulos de grasa, agua, lactosa, albuminas, globulinas, minerales y vitaminas especialmente; además de sustancias menores de la leche las cuales se mantienen en la fase acuosa que es retenida.

El Ministerio de salud mediante la resolución 2310 de 1986 define al queso como “el producto obtenido por coagulación de leche. de la crema de leche, de la crema de suero, del

suero de la mantequilla o de la mezcla de algunos o todos estos productos, por la acción del cuajo u otros coagulantes aprobados” (p.2).

Para fines de esta investigación, La Norma Técnica Colombiana (NTC) 750 de 2009 define el queso fresco como “producto elaborado a partir de leche higienizada, sin madurar, que después de su fabricación está listo para el consumo” (p.3).

Matrices Lácteas y Seguridad de Extracto Lipídico de Microalgas

La definición de una matriz láctea es la mezcla compleja de nutrientes, como proteínas de la leche (caseínas), proteínas del suero (β -lactoglobulina, α -lactoalbúmina y albúmina sérica), minerales, vitaminas hidrosolubles y liposolubles, los cuales interaccionan con diferentes componentes como los fermentos lácticos usados en la producción de leches fermentadas como el yogurt los cuales consolidan la estructura y las características específicas de las matrices lácteas (Lorenzo et al., 2020).

Diversos estudios han utilizado a las matrices lácteas como vehículos para la incorporación de ácidos grasos polinsaturados de cadena larga (AGPICL n-3), principalmente de semillas de lino o linaza ; sin embargo, existen pocos estudios con inclusión de EPA y DHA moléculas que se derivan del ácido graso Alfa Linolénico (ALA), estos ácidos grasos no pueden ser sintetizados por el organismo humano; por lo tanto, los ácidos grasos esenciales deben ser suministrados a través de una alimentación adecuada lo cual influirá en el desarrollo de diversas funciones fisiológicas (Lopera et al., 2016; Mendoza, 2018). La evidencia científica indica que las matrices lácteas podrían desempeñar un papel fundamental en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles (Lorenzo et al., 2020).

En cuanto a la seguridad de los extractos procedentes de microalgas el Codex Alimentarius (2003) citando en (Hoyos, 2018) revela que “el aceite procedente de la microalga

Schizochytrium sp. está autorizado en el Codex Alimentarius como nuevo ingrediente alimentario, estableciéndose un contenido en ácido docosahexaenoico (DHA) de al menos un 32,0%” (p.5), en 2011 se realizó un estudio donde se evaluó la seguridad de aceite de alga *Schizochytrium sp.* Los resultados demostraron que a una dosis de consumo de 30gr/día existe un perfil de alta seguridad del aceite, (Fedorova et al., 2011), las conclusiones permiten dar paso a que este tipo de compuestos de interés sean utilizados en la funcionalización de matrices alimentarias; sin embargo, es preciso mencionar que los extractos lipídicos provenientes de algas o microalgas deben presentar “altos índices de biodisponibilidad, estar libres de toxicidad subcrónica, presencia de metales pesados y potencial mutagénico”, (Gómez et al., 2020., p.69) de lo contrario no serán considerados como bioactivos autorizados.

Tendencia de Matrices Lácteas con Incorporación de Ácidos Grasos Esenciales

Entre las matrices lácteas identificadas con mayor potencial en el desarrollo de alimentos con características funcionales está la leche, el queso y el yogurt, siendo este utilizado en diferentes gamas para la incorporación de compuestos bioactivos con un 61% seguido por el queso con un 18%, en cuanto a los procesos más utilizados para la incorporación de ácidos grasos esenciales fue el método directo con 35%, la microencapsulación utilizando el secado por aspersión con 26% y la adición de emulsiones tipo aceite en agua con el 23 %, los tres métodos han sido los más utilizados en la producción de yogurt con incorporación de ácidos grasos esenciales, por tanto el yogurt debido a la facilidad de producción, a la demanda de consumo, y a la capacidad de adaptarse como vehículo para la adición de ácidos grasos esenciales, representa hasta el momento la mejor matriz en comparación al queso ya que su estudio aun esta etapa exploratoria (Mendoza, 2018), lo cual representa una oportunidad favorable para la presente investigación.

Antecedentes de Matrices Alimentarias con Incorporación de Compuestos Bioactivos.

Ácidos Grasos Poliinsaturados en Matrices Lácteas

Los alimentos ricos en ácidos grasos omega n-3 se encuentran especialmente en cierto tipo de pescados como el salmón y atún y frutos secos como las nueces y el aceite de oliva; los cuales, no son de fácil acceso para toda la población lo que limita el cubrimiento de los requerimientos nutricionales respecto a estos nutrientes. Lo anterior, hace que su utilización en matrices alimentarias se convierta en un desafío para la producción de alimentos por su inestabilidad, olor y sabor característico predominante; al respecto, como se mencionó anteriormente la microencapsulación de estos compuestos bioactivos se ha convertido en una herramienta con buenos resultados para que posteriormente puedan ser incorporados en matrices alimentarias. Para el caso de matrices de origen lácteo las investigaciones no son suficientes; sin embargo, se encontraron algunos estudios que hacen referencia a la incorporación de microencapsulado de AGPI en matrices lácteas y se obtuvieron los siguientes resultados:

Bermúdez & Barbosa, (2012) elaboraron tres tipos de queso (fresco, mozzarella y cheddar) con diferentes formulaciones de microencapsulado y su adición en diferentes etapas del proceso; como también utilizando como método de pasterización enfoques no térmicos. En lo que tiene que ver con el tipo de queso, el que retuvo al final del proceso mayor contenido de omega 3 fue el queso fresco; en la etapa en que se obtuvieron mayores contenidos de omega 3 fue durante la salazón y el tipo de queso que tuvo mayor deterioro durante el almacenamiento fue el queso fresco.

Goncalvez de Oliveira et al., (2013): desarrollaron un queso de cabra de pasta blanda al cual se le incorporó aceite de pescado en concentraciones de 60,80 y 100g de aceite en leche de cabra. La muestra con 60g de aceite presentó aceptación moderada por parte de los

consumidores. No se vio afectada su vida útil y se obtuvo un queso con un promedio de 127 mg de EPA + DHA por porción (28 g) (p.3). También refiere que, en el mercado comercial de Argentina, leche parcialmente descremada donde se incorporó AG de origen marino, fitoesteroles esterificados y calcio; aportando 0,10 g de AG ω -3/100 ml. También se encontró leche entera y parcialmente descremada con DHA. Estas leches tienen un aporte de 42 mg de DHA/ porción, tratándose de un alimento “fuente” según el CAA (p.3).

Antecedentes de Matrices Lácteas con Adición de Bioactivos por Microencapsulación

Aceites Esenciales en Matrices Lácteas. Caleja et al., (2016) incorporaron a una matriz láctea extractos bioactivos de hinojo y manzanilla con el objetivo de obtener un queso cottage funcional, se empleó como material de pared alginato de calcio el cual fue obtenido mezclando alginato de sodio ($C_6H_7O_6Na$) y cloruro de calcio ($CaCl_2$), se utilizó una técnica combinada atomización/coagulación para obtener las microcápsulas, los extractos micro encapsulados mantuvieron las propiedades nutricionales y mejoraron la actividad antioxidante de la matriz láctea a partir del día 7 de almacenamiento, debido a que promueve un mayor nivel de actividad secuestrante, lo que no ocurre con los extractos de manzanilla e hinojo adicionados directamente (sin micro encapsular) ya que el efecto protector tiende a disminuir a los largo de la vida útil del producto.

Kwak et al., (2016) estudiaron las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un queso Appenzeller el cual fue suplementado o al cual se le incorporo como material de núcleo extracto de tomate en combinación con 6% de licopeno, proporción 1:9 (p/p), como material de pared se usó maltodextrina al 30% (p/v) en agua destilada y el emulsionante al 0,92%, la emulsión obtenida proporción 1:8 (v/v) se sometió a un proceso de secado por aspersion para obtener las microcápsulas que serían incorporadas al queso posterior a la etapa de escurrido, a la cuajada se

le adicionaron microcápsulas de concentraciones 0,1,2,3 y 4% (p/p), los resultados de este estudio informan que las concentraciones adicionadas al queso no afectaron las propiedades fisicoquímicas y tampoco se vio afectado significativamente el recuento de bacterias ácido lácticas durante los 6 meses de maduración del queso a 14°C, en cuanto a la evaluación sensorial atributos como la textura y dureza aumentaron con respecto a la matriz láctea control, mientras que gomosidad, masticabilidad, amargor y acidez no resultaron significativos debido a que los resultados fueron similares al tratamiento testigo, a diferencia del atributo dulzor que aumenta progresivamente en el tiempo de maduración a concentraciones altas de microencapsulado.

Fernandes et al., (2017) realizaron un estudio en el cual el objetivo fue evaluar la actividad bacteriostática del aceite esencial de romero (*Rosmarinus Officinalis*) el cual fue añadido al queso minas frescal, el extracto bioactivo de romero fue microencapsulado usando la técnica de secado por aspersión y utilizando proteína de suero de leche (WPI) e inulina como materiales de pared, la concentración del microencapsulado fue 0,5% y fue contrastado con un tratamiento control, el estudio reveló que el extracto bioactivo microencapsulado redujo la actividad microbiana a los 3 días de almacenamiento con mejor eficiencia; sin embargo, a los 15 días se minimizó la actividad bacteriostática pasando de 1,36 ciclos logarítmicos el día 3 a 0,73 el 15 de almacenamiento. Las microcápsulas no afectaron la composición química del extracto bioactivo, la adición de las microcápsulas tuvieron influencia positiva en el control de la acidez del queso, los autores manifiestan que el extracto bioactivo de romero microencapsulado puede ser usado en la industria alimentaria como método con gran potencial en la conservación de los alimentos debido a su actividad bacteriostática y antioxidante en el tiempo, la cual está relacionada con la volatilidad gradual que viene articulada al efecto del extracto bioactivo y la

eficiencia del microencapsulado, en especial en derivados lácteos como el queso minas frescal el cual presenta alta humedad lo que reduce su tiempo de vida útil.

Kim et al., (2017), el objetivo de este estudio fue evaluar las propiedades fisicoquímicas y sensoriales de un queso tipo Gouda al cual se le incorporo extracto de chile microencapsulado a una concentración de 0,5% y 1,0% (p/p), para obtener las microcápsulas se utilizó coacervación compleja utilizando gelatina de goma arábica como material de pared, el estudio y control de los parámetros fisicoquímicos como pH recuento de bacterias ácido lácticas (BAL), y aminoácidos libres se realizó en la etapa de maduración del queso, en cuanto a la evaluación sensorial realizaron el control durante 6 meses, los resultados obtenidos de este estudio revelan que la adición de las microcápsulas no influyo en el recuento de BAL en el queso gouda y tampoco tuvo influencia en el pH durante el periodo de maduración ($p < 0,05$); sin embargo, se evidencia un aumento progresivo de aminoácidos libres sin influencia significativa en el mismo periodo, el estudio revela que las microcápsulas formuladas a una concentración del 1,0% (p/p) influyeron negativamente la dureza el sabor y la textura del queso ($p < 0,05$), por lo tanto los autores concluyen que a concentraciones de 0,5% el extracto bioactivo microencapsulado no afecta las propiedades fisicoquímicas y sensoriales del queso, por esta razón podría ser usado como ingrediente bioactivo en la funcionalización de quesos.

Jeong et al., (2017) evaluaron las propiedades fisicoquímicas, microbiológicas y sensoriales de un queso blanco el cual estuvo durante 60 días en maduración a 7°C , a este queso se le incorporo anteriormente al prensado extracto de tomate microencapsulado a diferentes concentraciones las cuales fueron 0.5, 1.0, 1.5, y 2.0%, el material de pared utilizado para el recubrimiento del bioactivo fue maltodextrina en disolución con agua destilada al 30% (p/v), la proporción para la obtención de la emulsión fue de 1:9 extracto del núcleo en función del

material de pared, la técnica utilizada para la obtención de las microcápsulas fue el secado por aspersión, los resultados de este estudio revelan que a mayor concentración de microcápsulas disminuye el pH del queso y aumenta la actividad antimicrobiana debido al efecto del licopeno, en cuanto a la textura y firmeza del queso se vieron afectadas positivamente con la adición de las microcápsulas; sin embargo, a concentraciones altas de microencapsulado el amarillamiento del queso aumenta progresivamente al igual que los atributos del sabor en cuanto a acidez y astringencia posiblemente debido a la reducción de humedad del queso.

Fernandes et al., (2018) en este artículo se evaluó la capacidad de inhibir la actividad de hongos filamentosos y levaduras en queso parmesano rallado, para ello utilizaron aceite esencial de orégano con una concentración de 18% (p/p), el cual fue microencapsulado usando el método de secado por aspersión en este estudio utilizaron como material de pared, aislado de proteína de suero de leche. Los resultados de este estudio revelan que a concentraciones de 0,5% de aceite microencapsulado se obtuvo los mejores resultados en cuanto a reducción de actividad de hongos y levaduras en el queso parmesano rallado a 45 días de almacenamiento, los autores confirman mediante este estudio el potencial bacteriostático del aceite esencial de orégano microencapsulado y su papel en la conservación de alimentos y prolongación de vida útil.

Hussain (2020), citado por Davila et al., (2020) enriquecimiento de queso cheddar con fitoesteroides. Las propiedades químicas no variaron, hubo un aumento en el contenido de grasa y las características sensoriales no tuvieron diferencia significativa aun cuando hubo un incremento en el amargor (p.20).

Cardoso et al., (2020) se realizaron el estudio de un queso fundido con inulina y aceite de chíca microencapsulado (*Savilla hispánica*), el queso fundido fue compuesto por virutas de Mozzarella y Grana Padano, en la proporción 70:30 (p/p), las microcápsulas se obtuvieron

mediante gelificación iónica y utilizaron como material de pared alginato de sodio en combinación con cloruro de calcio en proporciones de 1:1, 2:1 y 3:1 (aceite: alginato). El aceite microencapsulado fue añadido al final de proceso y se mantuvo en un intervalo de temperatura de refrigeración (2-5°C), se realizó un análisis químico, microbiológico y sensorial, los resultados para los dos primeros análisis estuvieron dentro de la legislación vigente, en el análisis sensorial 50 panelistas participaron de forma voluntaria y firmaron un formulario de consentimiento informado para la prueba sensorial, la formulación con aceite de chía libre e inulina en comparación con la formulación con aceite de chía microencapsulado e inulina, presentaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$) en el atributo del sabor debido a los efectos benéficos de la técnica de microencapsulación, en cuanto a los atributos de textura, color, apariencia, olor, gusto general no hubo diferencias significativas entre estos dos tipos de formulaciones.

Dueñas. et al., (2020) micro encapsularon aceite esencial de albahaca morada (*Ocimum sanctum*) y se incorporó a una matriz láctea tipo queso criollo y queso pasteurizado, con el objetivo de evaluar el efecto bacteriostático atribuido al aceite esencial de albahaca morada, para la obtención de las microcápsulas utilizaron como material de pared alginato de sodio a 4% (p/v) y la concentración del aceite fue del 15% (p/v), los resultados obtenidos de este estudio revelan que el aceite microencapsulado de albahaca morada tiene influencia positiva en la inhibición de microorganismos perjudiciales a 10 y 20 días de almacenamiento, la adición de las microcápsulas no afectó las propiedades organolépticas del queso fresco y pasteurizado lo que avala su uso dentro de la industria alimentaria como método para prolongar la vida útil del producto.

Melo et al.,(2020) micro encapsularon aceite esencial de limoncillo, las microcápsulas obtenidas en este estudio fueron añadidas a un queso tipo coalho, como material de recubrimiento se utilizó goma arábica en combinación con maltodextrina a diferentes proporciones 3:1 y 1:1, las microcápsulas se obtuvieron mediante secado por aspersión y se evaluó la capacidad de inhibir la actividad microbiana durante 21 días de almacenamiento, el estudio revela que el aceite esencial de limoncillo microencapsulado influye en el efecto bacteriostático del queso coalho positivamente ya que ayuda a controlar la multiplicación de bacterias debido a la liberación progresiva de compuestos volátiles presentes en el aceite, en cuanto a la acidez del queso hubo aumento durante el almacenamiento, por tanto el aceite microencapsulado si afecto este parámetro en esta matriz láctea ya que hubo una variación entre 0,28 g de ácido láctico/100 g y 0,24 g de ácido láctico/100 g, después del día 21 de almacenamiento, la variación más alta corresponde al tratamiento control, mientras que la más baja corresponde al aceite microencapsulado, el estudio revela también que la incorporación del aceite microencapsulado al queso por método directo influye positivamente en el control microbiano; sin embargo, a través del tiempo su eficiencia se ve reducida por la volatilización de sus compuestos lo que disminuye el efecto protector en el queso (Melo et al., 2020).

En la revisión de investigaciones se observa que los productos adicionados con microencapsulado de AGPI tuvieron resultados favorables con respecto a su contenido final. Los estudios realizados indican también tendencia positiva en cuanto al potencial que posee la gama de aceites esenciales que fueron microencapsulados y posteriormente añadidos a matrices lácteas en cuanto a función de las microcápsulas en el control de actividad bacteriostática, capacidad antioxidante (gradual) y como método útil y seguro en la conservación de los alimentos en especial en derivados lácteos tipo queso los cuales en algunas variedades presentan

altos contenidos de humedad lo cual reduce su vida útil; sin embargo, los resultados son diversos. Así como también el estudio de evaluación sensorial; en donde en algunos casos no fue favorable. Lo anterior, evidencia la necesidad de adelantar investigaciones que contribuyan a respaldar la incorporación de omega 3 como ingrediente funcional en matrices lácteas.

Evaluación Sensorial de Alimentos

A través del tiempo la evaluación sensorial se abrió camino como área de gran importancia debido a que “los sentidos son la única vía de comunicación del ser humano con su entorno, nos permiten percibir lo que nos rodea, sentir el placer, pero también, por ejemplo, nos advierten cuando un alimento está descompuesto”(Severiano, 2019., p.47). En relación con esto Hernández, (2005) manifiesta que es importante tener en cuenta las sensaciones antes y después del consumo de los alimentos, ya que existen factores como el espacio y el tiempo que se articulan intrínsecamente con la percepción de cada persona, y por lo tanto esta condición influirá en determinado grado subjetivo la aceptación o rechazo de un alimento.

Manfugas, (2007) define a la evaluación sensorial como una disciplina la cual está articulada a rigor científico, mediante esta disciplina se evalúa las características organolépticas de los alimentos haciendo uso de los sentidos como el olfato, gusto, vista, tacto y cinestésico, atributos clásicos los cuales consolidan una herramienta eficaz en cuanto a definir la aceptación o rechazo de productos terminados.

Los Sentidos Como Herramienta Esencial en el Control de la Calidad

Dentro de la ciencia y tecnología de los alimentos los instrumentos de análisis y medición siempre han representado un factor imprescindible en la toma de decisiones ya que los resultados obtenidos denotan precisión, exactitud y confiabilidad lo que representa una mayor aceptación dentro del rigor científico; sin embargo, los juicios emitidos por el ser humano en cuanto a

objetividad y teniendo como principio la percepción de los sentidos han ido tomando relevancia a través del tiempo en el campo científico con enfoque en alimentos, ya que no siempre los métodos instrumentales miden la totalidad de las características que posee una matriz alimentaria, lo que ha llevado a la ciencia a generar nuevos métodos de evaluación (Zamora, 2007).

Según el Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá (INCAP), (2020) la falta de criterios que sirvan como herramientas de juicio en la evaluación sensorial podría recudir el avance en cuanto a innovación y desarrollo de tecnología aplicables al sector de los alimentos. En esta medida la calidad de los alimentos está sujeta a la percepción que el ser humano dictamina a través de los sentidos lo cual se ha consolidado como una herramienta esencial en transformar las respuestas subjetivas en objetivas siguiendo a total cabalidad un control en las condiciones de realización. (Espinoza, 2007); sin embargo, se debe establecer una constante revisión en el tiempo para garantizar que la percepción sensorial no manifieste desviaciones (Torricella et al., 2007).

Pruebas Sensoriales Aplicadas en la Industria de los Alimentos

El análisis sensorial por lo general está enfocado en obtener resultados a partir de diferentes tipos de pruebas y para ello un factor muy importante es la selección de jueces o participantes estableciendo diferentes criterios (Barcina & Ibáñez, 2001 citando en Osorio, 2018).

La tabla 5 indica diferentes tipos de pruebas las cuales se eligen teniendo en cuenta los objetivos y preguntas predefinidos utilizando como herramienta un árbol de decisiones (Osorio, 2018).

Tabla 5*Pruebas sensoriales aplicadas en el campo de los alimentos*

Tipo de prueba	Pregunta principal	Características del panel sensorial
Afectivas Hedónicas	¿Gustan o disgustan los productos?	Seleccionados por ser consumidores habituales del producto, son personas no entrenadas.
Afectivas de Preferencia	¿Qué productos son los preferidos?	Seleccionados por su agudeza sensorial, orientados al tipo de prueba y, eventualmente, entrenados.
Discriminativas	¿Son diferentes los productos?	Seleccionados por su agudeza sensorial y motivada, las personas son entrenadas o altamente entrenadas.
Descriptivas	¿Qué atributos caracterizan al producto? ¿En qué difieren los productos? ¿Cuánto difieren los productos?	Seleccionados por su agudeza sensorial y motivada, las personas son entrenadas o altamente entrenadas.

Nota. Tomado de Tipos básicos de pruebas en el análisis sensorial aplicado a los alimentos.

Fuente. Barcina & Ibáñez, (2001) citando en (Osorio, 2018), p.5

El Instituto Colombiano de Normas Técnicas (ICONTEC) en la Guía Técnica Colombiana (GTC 165) de 2014 establece que los métodos de prueba más utilizados en el análisis sensorial se dividen en tres grupos, las pruebas de discriminación, pruebas que utilizan escalas y categorías y pruebas descriptivas; sin embargo, Espinoza, (2007) y Torricella et al., (2007) indican que las pruebas pueden clasificarse de la siguiente manera en pruebas analíticas y afectivas.

Tabla 6*Pruebas sensoriales aplicadas en alimentos y su clasificación*

PRUEBAS ANALÍTICAS - BLOQUE 1	
	Pareada
	Dúo-Trio
	Triangular
Pruebas discriminatorias	Pruebas de diferenciación
	Ordenamiento
	Comparación múltiple
	Prueba dos de cinco
	Prueba A no A
	Pruebas de sensibilidad
	Prueba de umbral
	Dilución
Pruebas escalares	Categoría o intervalo
	Estimación de magnitud
	Ordinal
	Tiempo e intensidad
Pruebas descriptivas	Perfil del sabor
	Pruebas descriptivas simples
	Perfil sensorial métodos de análisis descriptivo
	GTC
	165
Perfil de textura	Perfil de libre elección
	Análisis cuantitativo descriptivo
PRUEBAS AFECTIVAS – BLOQUE 2	
Pruebas de aceptación	Muestra simple
Pruebas de preferencia	Pareada
	Ordenamiento
Prueba escalar	Escala hedónica
	Escala de actitud

Nota. Esta tabla indica las diferentes pruebas que pueden ser aplicadas a los alimentos. *Fuente.*

Espinoza, (2007), ICONTEC, (2014).

En la tabla 5 se muestra desde otra perspectiva de clasificación de las pruebas sensoriales en la cual se establece un principio en el que se indica que la elección de la prueba sensorial viene dada en función de objetivos predefinidos y adecuados para la obtención de resultados confiables (Torricella et al., 2007); sin embargo, en la tabla 6 solo se indica de manera más amplia y estructurada las pruebas sensoriales que son utilizadas dentro de la industria alimentaria, con el objetivo de no generar confusión a la hora de la planificación previa de objetivos y selección adecuada de la prueba, cabe resaltar que se debe seguir a cabalidad el mismo principio establecido anteriormente.

Pruebas Sensoriales Analíticas

En el análisis sensorial es de vital importancia establecer la metodología a seguir, por lo tanto en la prueba sensorial analítica el objetivo según (Torricella et al., 2007) es evaluar la calidad de un producto de forma comparativa o descriptiva, teniendo en cuenta la experticia de los degustadores, los resultados que se obtienen a partir de un panel no experto, sin ninguna clase de entrenamiento o que no poseen en su haber adiestramiento empírico son clasificados como no apropiados. En relación a esto Severiano, (2019) indica que las pruebas analíticas estudian “los límites en que son percibidas las muestras, si existen diferencias sensorialmente perceptibles entre ellas, las características de las muestras y la intensidad en las que se presentan”(p.53), en este orden de ideas deriva la importancia de que el degustador debe tener las competencias suficientes para poder comparar con un patrón mental de calidad el producto objeto de análisis sensorial con el fin de obtener resultados confiables tal como lo sugiere (Torricella et al., 2007).

Pruebas Sensoriales Afectivas

Según Manfugas, (2007) establece que las pruebas afectivas pueden ser realizadas por individuos que no han recibido ningún tipo de entrenamiento, el objetivo de estas pruebas es

obtener resultados referente al rechazo o aceptación del producto, datos que provienen de un grupo representativo del consumidor final (habitual o no habitual) al cual va dirigido el producto objeto del análisis, el anterior principio se configura como idóneo para la aplicación de estas pruebas ya que resulta viable realizarlas en diferentes escenarios y contextos reales; sin embargo, Torricella et al., (2007) advierte que en “algunos casos se deben seleccionar cuidadosamente a los degustadores, pues la participación de una población no representativa puede provocar un sesgo tal que desvirtúe los resultados”(p.57).

La información presentada tanto para el método analítico y afectivo hace referencia a una descripción general, aborda el objetivo y las características aplicables a cada prueba sensorial, en esta investigación se hará uso según lo establecido en el boque 1 y se tendrá en cuenta lo referente a la (GTC 165) - Perfil sensorial métodos de análisis descriptivo, dentro de esta prueba descriptiva se encuentra la prueba de perfil sensorial cuantitativo descriptivo.

Prueba de Perfil Sensorial Cuantitativo Descriptivo

Según Vilanova, (2008), manifiesta que la aplicación de esta prueba sirve como base principal para la caracterización de productos estableciendo descriptores específicos que lo definan. La Guía Técnica Colombiana (GTC 165) de 2014 establece que los atributos del producto definidos mediante la evaluación de términos o descriptores deben articularse a una escala de intensidad en donde se les asigna un puntaje determinado y de esta manera determinar un perfil sensorial de un producto evaluando sensaciones por separado o en conjunto (ICONTEC, 2014).

Marco legal en Colombia de Alimentos Funcionales y Derivados Lácteos

Normatividad Sobre Alimentos Funcionales

Dentro del contexto colombiano la normatividad vigente no ha establecido una reglamentación específica en cuanto a la definición de alimento funcional; sin embargo, la resolución 333 de 2011 realiza unas aproximaciones en dos declaraciones, la primera en cuanto a propiedades nutricionales, la cual hace énfasis en “cualquier representación que afirme, sugiera o implique que un producto posee propiedades nutricionales particulares, incluyendo pero no limitándose a su valor energético y contenido de proteínas, grasas, carbohidratos y fibra dietaria, así como, su contenido de vitaminas y minerales” (Ministerio de la protección social, 2011, p.3).

En cuanto a la segunda declaración propiedades de salud menciona “Cualquier representación que declare, sugiera o implique que existe una relación entre un alimento o un constituyente/componente de dicho alimento, y la salud” (Ministerio de la protección social, 2011, p.3).

El Departamento Administrativo de la Función Pública en la ley 2120 de 2021 en su artículo 1 declara.

La adopción de medidas efectivas que promueven entornos alimentarios saludables, garantizando el derecho fundamental a la salud, especialmente de las niñas, niños y adolescentes, con el fin de prevenir la aparición de Enfermedades No Transmisibles, mediante el acceso a información clara, veraz, oportuna, visible, idónea y suficiente, sobre componentes de los alimentos a efectos de fomentar hábitos alimentarios saludables (Congreso de Colombia, 2021; p.1).

Si bien no hay una definición concluyente, las aproximaciones que se realizan poseen similitudes en cuanto a las características que incluye el concepto de alimento funcional.

Normatividad Aplicable a Leche y Derivados Lácteos.

El objetivo de este tipo de normas aplicables en el sector de los alimentos es establecer un marco general de requisitos que deben cumplir obligatoriamente las personas naturales o jurídicas quienes realizan actividades según la Resolución 2674 de 2013 de “fabricación,

procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización” (p.1), con el fin de minimizar los riesgos asociados a la contaminación de los alimentos, principio fundamental dentro de la legislación de alimentos en Colombia y normatividad internacional articulada al Codex Alimentario.

En este orden de ideas nace la necesidad de implementar desde el sector primario normas o reglamentos técnicos como lo son las buenas prácticas agrícolas (BPA), buenas prácticas ganaderas (BPG) y la implementación y aplicación de las buenas prácticas de manufactura (BPM) normativa esencial que sirve de herramientas básicas para la obtención de productos inocuos para el consumo humano, estas prácticas incluyen tanto la higiene y manipulación como el correcto diseño y funcionamiento de los establecimientos, y abarcan también los aspectos referidos a la documentación y registro de las mismas, las tres articulan los procedimientos hacia la implementación del sistema de análisis de peligros y puntos críticos de control (HACCP por sus siglas en inglés), que constituye un elemento preponderante dentro de este campo de acción.

Sin embargo, es importante establecer actividades como auditorías internas y externas que fortalecen aún más este sistema basado en la prevención de riesgos ya que estas aseguran una correcta evaluación de las condiciones prácticas de operatividad del plan para garantizar la inocuidad de los alimentos.

En la tabla 7 se indica la variedad de normas aplicables al sector lácteo en Colombia, requisitos normativos para leche y derivados lácteos.

Tabla 7*Normativa nacional e internacional aplicable a leche y derivados lácteos*

Normativa nacional	Autoridad que emite	Especificación
Resolución 2387 de 1999	Ministerio de Salud	Por la cual se oficializa la norma técnica colombiana NTC 512-1 relacionada con el rotulado de alimentos. (4a. actualización)
Resolución 2310 de 1986	Ministerio de Salud	Regula lo concerniente a procesamiento, composición, requisitos, transporte y comercialización de los derivados lácteos.
Resolución 1804 de 1989	Ministerio de Salud	Por la cual se modifica la Resolución 2310 de 1986. Lácteos
Resolución 11961 de 1989	Ministerio de Salud	Modifica parcialmente la resolución número 2310 del 24 de febrero de 1986. Lácteos
Decreto 3075/1997	Ministerio de Salud	Por el cual establece que todas las fábricas y los establecimientos donde se procesan alimentos deben cumplir con las Buenas Prácticas de Manufactura.
Decreto 60 de 2002	Ministerio de Salud	Por el cual se promueve la aplicación del sistema de análisis de peligros y puntos de control crítico HACCP en las fábricas de alimentos y se reglamenta el proceso de certificación
Decreto 0616 de 2006	Ministerio de la Protección Social	Por el cual se expide el Reglamento Técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano

Norma Técnica Colombiana NTC 5894 de 2011	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)	<p>que se obtenga, procese, envase, transporte, comercializa, expendia, importe o exporte en el país.</p> <p>Esta norma establece las definiciones, clasificación y los requisitos que deben cumplir los quesos frescos destinados para consumo directo.</p>
Resolución 2674 de 2013	Ministerio de la Protección Social	<p>Establece los requisitos sanitarios que deben cumplir las personas naturales o jurídicas que ejercen actividades de fabricación, procesamiento, preparación, envase, almacenamiento, transporte, distribución y comercialización de alimentos y materias primas de alimentos y los requisitos para la notificación, permiso o registro sanitario de los alimentos, según el riesgo en salud pública, con el fin de proteger la vida y la salud de las personas</p>
Resolución 003803 del 2016	Ministerio de Salud y Protección Social	<p>Tiene por objeto establecer las Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes - RIEN para la población colombiana contenidas en el Anexo Técnico que forma parte integral de la presente resolución, encaminadas a promover una</p>

Resolución 810 del 2021	Ministerio Salud y Protección Social	<p>dieta equilibrada que aporte la cantidad y calidad necesaria de energía y nutrientes.</p> <p>Establece el reglamento técnico a través del cual se disponen las condiciones y requisitos que debe cumplir el etiquetado o rotulado nutricional y frontal de advertencia de los alimentos y bebidas envasadas o empacadas para consumo humano, con el propósito de proporcionar al consumidor final una información nutricional lo suficientemente clara y comprensible sobre el producto, y prevenir prácticas que induzcan a engaño o error y permitir al consumidor efectuar una elección informada.</p>
Norma Técnica Colombiana NTC 3929 de 2021	Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación (ICONTEC)	<p>Esta norma describe una familia de métodos para descripción y valoración del sabor de productos alimenticios por evaluadores calificados y entrenados</p>
Resolución 2013 del 2020	Ministerio de salud y Protección Social	<p>Se establece el reglamento técnico que define los contenidos máximos de sodio de los alimentos procesados priorizados en el marco de la Estrategia Nacional de Reducción del Consumo de Sodio y se dictan otras disposiciones</p>

Resolución 2492 del 2022	Ministerio de salud y Protección Social	Establece el reglamento técnico sobre los requisitos de etiquetado nutricional y frontal que deben cumplir los alimentos envasados y empacados para consumo humano
Normativa internacional	Autoridad que emite	Especificación
CODEX STAN 221-2001	Codex Alimentarius	La presente Norma se aplica al queso no madurado, incluido el queso fresco, destinado al consumo directo o a ulterior elaboración, que se ajusta a la descripción que figura en la Sección 2 de esta Norma.

Nota. La tabla indica la normatividad vigente tanto nacional como internacional para derivados lácteos y leche. *Fuente.* Alava, (2010), Lopera et al, (2016).

Materiales y Metodología

A continuación, se describen las fuentes de información, técnicas, métodos o procesos que fueron aplicados en la recolección de datos o evidencias para la construcción de este proyecto de investigación.

Fuente de Información Primaria

Para efectos de esta investigación, las fuentes de información primaria corresponden a los ensayos preliminares realizados para estandarizar la formulación, los análisis fisicoquímicos, perfil lipídico y microbiología enviados por el laboratorio; también el perfil del sabor utilizado durante el desarrollo del panel de evaluación sensorial.

Fuente de Información Secundaria

La fuente de información secundaria corresponde a la información obtenida de los recursos bibliográficos consultados, los cuales están relacionados con el tema de estudio y que fueron recolectados en bases de datos especializadas.

Localización

El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en la ciudad de Pasto; capital del Departamento de Nariño. El queso fresco utilizado para el experimento se procesó en las instalaciones de empresa privada en el Departamento de Nariño.

Tipo de Investigación

La investigación es de tipo experimental debido a la manipulación de dos variables independientes que corresponden al porcentaje de sal comercial y al porcentaje de adición de aceite micro encapsulado extraído de microalga *Parachlorella kessleri*. En cuanto a variable dependiente se establece el desuere del queso fresco después de moldear expresado en gramos el

cual fue analizado por separado, se evaluaron características fisicoquímicas, perfil de ácidos grasos, microbiológicas y sensoriales.

Método de Investigación

El método de esta investigación es analítico por que se experimentó la formulación de queso fresco con incorporación de aceite micro encapsulado obtenido de microalga *Parachlorella kessleri* en diferentes concentraciones analizando por separado características fisicoquímicas, perfil de ácidos grasos, microbiológicas y sensoriales.

Enfoque de la Investigación

El presente trabajo de investigación corresponde a un estudio cuantitativo porque se analizó muestras de queso fresco, al cual se le incorporo micro encapsulado de aceite obtenido de microalga *Parachlorella kessleri*, los resultados obtenidos en el laboratorio y del panel sensorial fueron analizados estadísticamente.

Formulación y Condiciones de Fabricación Para un Queso Fresco

Materiales y Métodos Para la Elaboración de Queso Fresco

Materiales:

Las materias primas para la elaboración de queso fresco:

Leche. Se utilizo leche fresca cruda proveniente de un solo hato de raza Holstein ubicado en la vereda Morasurco vecina de la ciudad de Pasto.

Cuajo. Se empleó cuajo comercial MARSHALL M-50 sólido en pastilla proporcionado por la casa DANISCO. Según el fabricante corresponde a coagulante de origen microbiano, grado alimenticio. Enzima de tipo proteasa producida por la fermentación de un cultivo purificado de la especie fungal *Rhizomucor sp.* Fuerza del cuajo: Potencia 2206 a 2261 IMCU/tableta.

Cloruro de Sodio (NaCl). Se empleó sal refinada yodada y fluorizada apta para consumo humano de marca comercial reconocida.

Aceite Microencapsulado. El aceite fue obtenido por proceso biotecnológico controlado y microencapsulado utilizando la técnica de secado por aspersión. Fue desarrollado en los laboratorios de la universidad de Nariño por los investigadores del proyecto macro aprovechamiento sustentable del alga *Chlorella spp*, para la obtención de aceite microencapsulado presentado a la convocatoria 818-2018 CONVOCATORIA I+D+i NARIÑO.

Elaboración del Queso Fresco. Para la elaboración del queso fresco se tuvo en cuenta la metodología desarrollada por ICTA (1994) con algunas modificaciones: Se utilizó leche entera. Para la formulación se tuvo en cuenta tres formulaciones de cloruro de sodio (0,8%, 0,5% y 0,2%), y tres formulaciones de microencapsulado de aceite obtenido de la microalga *Parachlorella kessleri* (1,8%, 1,4% y 1,0%), los cuales fueron incorporados durante el amasado de la masa de cuajada.

A continuación, se presenta en la siguiente tabla la descripción del proceso de elaboración del queso fresco etapa por etapa.

Tabla 8*Descripción por etapas del proceso de elaboración de queso fresco*

Etapas del proceso	Descripción
Recepción de materia prima	Se realizó una inspección de leche con el fin de verificar condiciones organolépticas y fisicoquímicas sólidos totales, acidez titulable y características fisicoquímicas, de acuerdo con la norma.
Filtración	Luego de recepcionar la leche se procede a traspasarla por un lienzo fino con el objetivo de retener macro impurezas que traiga la leche.
Pasterización leche	Se aplico tratamiento térmico a la leche con el fin de reducir la carga microbiana patógena y conservar sus propiedades nutricionales.
Descenso de temperatura	Luego del proceso de pasterización de la leche esta se sometió a enfriamiento en baño maría, a una agitación constante.
Coagulación	En esta etapa la leche quedo lista para adición del cuajo, se le adiciono la cantidad de cuajo MARSHALL M-50 según especificaciones del fabricante, posteriormente se dejó en reposo hasta la formación del coagulo.
Corte de cuajada	Paso seguido a la formación del gel se procedió a realizar el corte.
Reposo	En esta etapa se incrementó la temperatura, posteriormente se analizó la acidez y pH del suero.
Agitación	Se realizó un proceso de agitación suave a temperatura adecuada con el fin de que se libere la mayor cantidad de suero del grano de la cuajada.
Desuere	Se procedió a retirar el volumen de suero.
Pre-prensado	En esta etapa se tuvo en cuenta los valores obtenidos en cuanto pH y acidez del suero, se utilizó equipos adecuados al Pre-prensado con el fin de facilitar el moldeo, eliminar suero y aire de los granos de cuajada.
Acondicionamiento de microencapsulado y sal	Posteriormente al Pre-prensado se estableció el acondicionamiento de microencapsulado y sal teniendo en cuenta las formulaciones que se establecieron en la tabla 9.
Molido	Se realizó un proceso de molienda, con el fin de obtener una pasta mucho más fina.
Adición de microencapsulado y sal	Después de obtener la pasta fina se le adiciono la combinación de los tres materiales en disolución: microencapsulado, sal y suero, de acuerdo con la formulación presentada en la tabla 9

Amasado	En esta etapa se obtuvo una masa compacta y homogénea a la cual se le adicionó la combinación de los materiales, teniendo en cuenta los porcentajes de la respectiva formulación.
Moldeo	Se peso la masa y se adiciono a un molde cilíndrico de acero inoxidable.
Enfriamiento	El queso fresco se sometió a temperatura de enfriamiento.
Empaque	Se empaco al vacío, el material de empaque utilizado se usó de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
Almacenamiento	En esta etapa el queso fresco empacado al vacío se almaceno temperatura de refrigeración.

Nota. La tabla muestra el proceso por etapa de la elaboración de queso fresco, sin adición de el microencapsulado.

Diseño Experimental Para el Queso Fresco

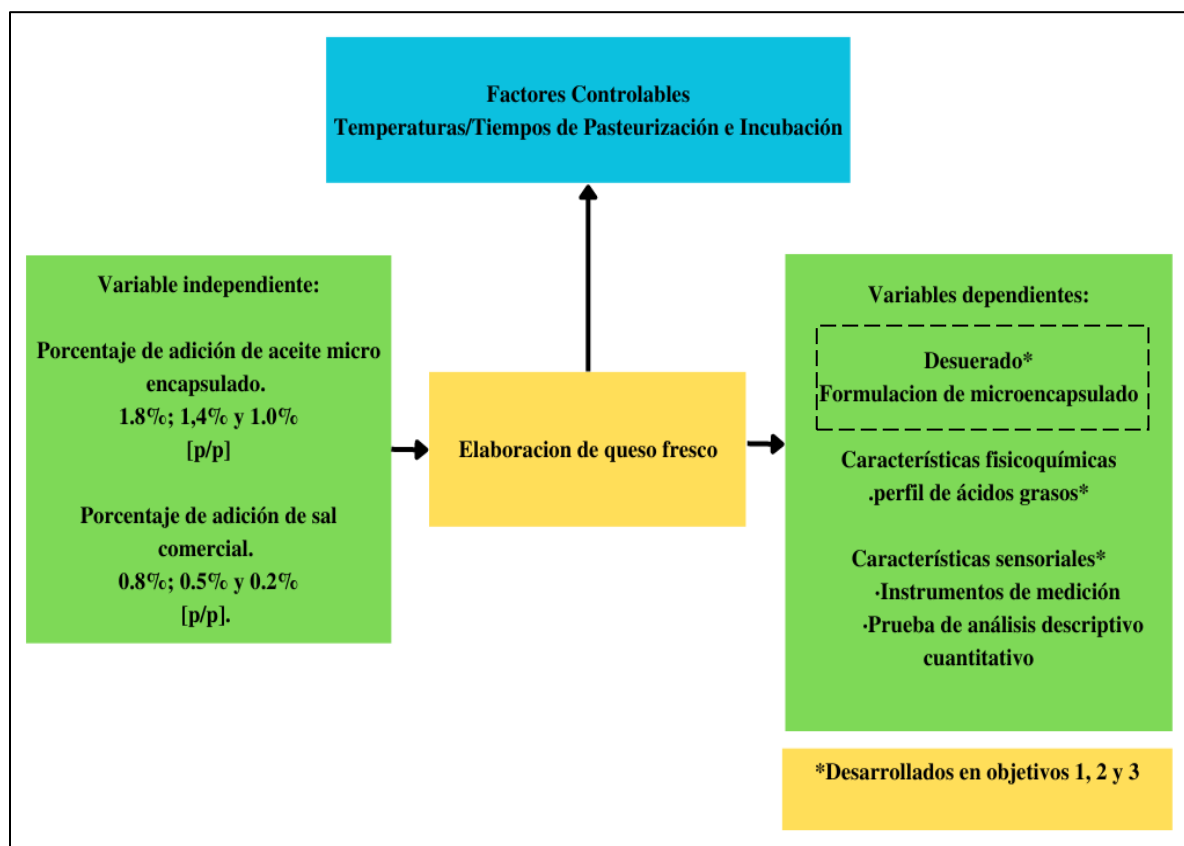
Para el diseño de experimentación se tomó como variables independientes el porcentaje de adición de aceite micro encapsulado y de sal comercial, como variable dependiente se estableció el desuerado del queso fresco después del moldeo medido en g.

Para el objetivo 1 se estableció analizar el efecto de las variables independientes en el desuerado del producto terminado. Se emplearon diferentes porcentajes adicionados a la formulación inicial del queso fresco. Las temperaturas y tiempos de pasteurización e incubación se fijaron como factores controlables ya que son parámetros preestablecidos que permanecieron constantes durante la experimentación.

En figura 10 se presenta de manera general la estructura del diseño experimental para los tres objetivos específicos.

Figura 10

Diseño general de los experimentos para queso fresco con microencapsulado



Nota. La línea punteada hace referencia al desarrollo del objetivo específico 1.

Se empleó un diseño experimental factorial 2^2 con cuatro tratamientos y tres puntos centrales. Se realizaron tres replicas con tres repeticiones se realizó seguimiento y medición del peso en gramos de suero sobrenadante los días 2, 6 y 15 de almacenamiento, el día 15 se dejó como dato para el análisis estadístico. Se estableció como primer factor el porcentaje de adición de aceite microencapsulado extraído de microalga *Parachlorella kessleri* con formulaciones de 1,8%, 1,4% y 1,0% teniendo en cuenta el peso de la masa de cuajada obtenida después del molido. Relación [p/p]. Como segundo factor el porcentaje de adición de sal con formulaciones de 0,8%, 0,5% y 0,2% teniendo en cuenta el peso de la masa de cuajada obtenida después del

molido. Relación [p/p]. La variable de respuesta definida para esta investigación es el desuere del queso después de moldear expresado en g. El modelo estadístico que define el diseño experimental fue el planteado por Gutiérrez & Salazar, (2012), y viene dado por lo siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk};$$

$$i = 1,2, \dots, a; j = 1,2, \dots, b; k = 1,2, \dots, n$$

Donde:

μ = corresponde a la media general

α_i = es el efecto debido al i – ésimo nivel del factor A

β_j = es el efecto debido al j – ésimo nivel del factor B

$(\alpha\beta)_{ij}$ = representa al efecto de interacción en la combinación ij

ε_{ijk} = representa al error aleatorio.

Formulación de Hipótesis

Para el presente trabajo de investigación se estableció las siguientes hipótesis

H₀: El % de adición de aceite microencapsulado y el % de sal comercial no afectan el desuerado en la matriz láctea

H_a: El % de adición de aceite microencapsulado y el % de sal comercial afectan el desuerado en la matriz láctea

Hipótesis de investigación: El % de adición de microencapsulado influirá en menor significancia que el % de adición de sal comercial en la matriz láctea.

Los resultados se recolectaron mediante la herramienta de Excel y posteriormente se estudiaron mediante análisis de varianza (ANOVA) entre los diferentes tratamientos con un nivel de confianza del 95% con el fin de determinar si existen diferencias estadísticamente significativas, en el análisis de datos se verificaron los supuestos de normalidad mediante la

prueba de Shapiro Wilk para $n \leq 50$, si el valor - p es $< 0,05$ indica que los datos no provienen de una distribución normal, si el valor - p $> 0,05$ indica que los datos provienen de una distribución normal con un nivel de confianza del 95% y a un nivel de significancia del 5%. Para el tratamiento de la información se aplicó el paquete estadístico MINITAB 18.

Lo anterior se presenta en la tabla 9.

Tabla 9

Matriz del diseño experimental para la formulación del queso fresco.

Tratamiento	Factor		Sinéresis		
	A	B	Replica 1	Replica 2	Replica 3
T1	-1	-1			
T2	-1	1			
T3	1	-1			
T4	1	1			
T5	0	0			
T6	0	0			
T7	0	0			

T1: tratamiento con 1% de aceite microencapsulado y 0,2% de sal, T2: tratamiento con 1% de aceite microencapsulado y 0,8% de sal, T3: tratamiento con 1,8% de aceite microencapsulado y 0,2% de sal, T4: tratamiento con 1,8% de aceite microencapsulado y 0,8% de sal, T5: tratamiento con 1,4% de aceite microencapsulado y 0,5% de sal,

Replicas: 3

Total, tratamientos: 21

Nota. La tabla indica de manera resumida el diseño factorial del objetivo específico 1.

Instrumentos Para Recolección de la Información Objetivo 1

En la siguiente tabla se presentan los instrumentos propuestos para recolectar la información correspondiente al aspecto a evaluar.

Tabla 10*Instrumentos para recolección de la información objetivo 1*

Aspecto	Instrumento	Recolección de datos
Pauta de elaboración del queso fresco	Diagrama de flujo	Formulación del queso fresco consignada en diagrama de flujo, ficha técnica y balance de materia.

Nota. La tabla brinda información sobre los instrumentos de recolección de datos, para la pauta de elaboración de queso.

Identificación del Perfil de Ácidos Grasos del Queso Fresco***Muestra***

Para el desarrollo de este objetivo se tomó el mejor tratamiento de la matriz láctea obtenido en el objetivo 1 que corresponden a la formulación de queso fresco con adición de tres (3) porcentajes de sal comercial y (3) porcentajes de aceite micro encapsulado extraído de microalga *Parachlorella kessleri*.

Instrumentos Para Recolección de la Información Objetivo 2

En la siguiente tabla se presentan los instrumentos propuestos para recolectar la información correspondiente al aspecto a evaluar.

Tabla 11.*Instrumentos para recolección de la información objetivo 2*

Aspecto	Instrumento	Recolección de datos
Análisis fisicoquímicos	Protocolo análisis fisicoquímicos	Formato reporte análisis de laboratorio para muestras con información:

Fecha de recibo – fecha de análisis - tipo de muestra – código y/o lote de la muestra - presentación – tipo de análisis – técnica utilizada – valores obtenidos – observaciones – firma del responsable.

Nota. La tabla indica los aspectos relevantes en la recolección de datos para objetivo específico 2.

Técnica de Análisis

La determinación de ácidos grasos en el mejor tratamiento del queso fresco se realizó en laboratorios especializados particulares para estos fines.

Tabla 12

Analisis del perfil lipídico para queso con adición de aceite microencapsulado.

Parámetro	Técnica	Laboratorio
Grasa saturada	P-LF-106 Versión 1	Biotrends
	(Cromatografía de gases GC-FID)	laboratorios S.A.S.
Grasa monoinsaturada	P-LF-106 Versión 1	Biotrends
	(Cromatografía de gases GC-FID)	laboratorios S.A.S.
Grasa poliinsaturada	P-LF-106 Versión 1	Biotrends
	(Cromatografía de gases GC-FID)	laboratorios S.A.S.
Grasa insaturada total	P-LF-106 Versión 1	Biotrends
	(Cromatografía de gases GC-FID)	laboratorios S.A.S.

Grasa cis	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	Biotrends laboratorios S.A.S.
Grasas trans	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	Biotrends laboratorios S.A.S.
Contenido de Omega 3	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	Biotrends laboratorios S.A.S.
Contenido de Omega 6	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	Biotrends laboratorios S.A.S.
Contenido de Omega 9	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	Biotrends laboratorios S.A.S.

Nota. Biotrends laboratorios S.A.S. (informado por laboratorios calidad microbiológica S.A.S).

En la siguiente tabla se presentan los análisis y técnica para las características fisicoquímicas del tratamiento seleccionado (Tx: con x% de aceite micro encapsulado y x% de sal comercial) para su posterior evaluación.

Tabla 13

Análisis fisicoquímicos para el queso con adición de aceite microencapsulado.

Parámetros	Técnica	Laboratorio
Humedad	P-LF-008 Versión 3 (Gravimetría – Secado en estufa a 105°C)	Biotrends laboratorios S.A.S.
Sólidos totales	P-LF-008 Versión 3 (Gravimetría - cálculo)	Biotrends laboratorios S.A.S.

por diferencia)

Proteína Total (Cálculo obtenido del nitrógeno Total, bajo ISO 1871:2009, ensayo acreditado por ONAC)	Cálculo matemático basado en ISO	Biotrends laboratorios S.A.S.
Grasa total	AOAC 920.111 Ed. 21:2019 (Roese-Gottlieb modificado)	Biotrends laboratorios S.A.S.
Cenizas	P-LF-001 Versión 5 (Gravimetría - calcinación a 600°C)	Biotrends laboratorios S.A.S.

Nota. Biotrends laboratorios S.A.S. (informado por laboratorios calidad microbiológica S.A.S).

El mejor tratamiento del queso fresco se comparó con las recomendaciones de ingesta de energía y de nutrientes (RIEN), con la Resolución 003803 de 2016 en cuanto a recomendaciones de ingesta de ácidos grasos y colesterol por grupos de edad para la población colombiana, Resolución 2492 del 2022 sobre etiquetado nutricional y frontal que modifica a la resolución 810 de 2021 la cual establece el reglamento técnico de etiquetado nutricional y frontal para alimentos envasados y empacados para consumo humano y la Resolución 2013 de 2020 por la cual se establece el reglamento técnico que define los contenidos máximos de sodio de los alimentos procesados priorizados en el marco de la estrategia nacional de reducción del consumo de sodio, con el fin de establecer los siguientes aspectos que inciden en el estado nutricional de la población y los hábitos de consumo saludables: rotulado nutricional de alimentos, sellos de

advertencia en cuanto al contenido de sodio y contenido de componentes con propiedades funcionales.

Evaluación de las Características Sensoriales de Sabor, Olor, Textura de un Queso Fresco

La evaluación sensorial se realizó con el propósito de establecer el grado de aceptabilidad y las características sensoriales de sabor, olor, textura las cuales quedaron consignadas en el perfil del sabor para el tratamiento seleccionado en el objetivo 1.

Muestra

Para el desarrollo de este objetivo se tomó al tratamiento seleccionado (Tx: con x% de aceite micro encapsulado y x% de sal), de acuerdo con los resultados estadísticos y los análisis de laboratorio obtenidos (del objetivo 1 y 2) y se elaboraron las muestras de queso fresco, a las cuales se les realizó evaluación sensorial por parte de los panelistas entrenados.

Instrumentos Para Recolección de la Información Objetivo 3

En la siguiente tabla se presentan los instrumentos propuestos para recolectar la información correspondiente al aspecto a evaluar.

Tabla 14

Instrumentos para recolección de la información objetivo 3

Aspecto	Instrumento	Recolección de datos
Analisis sensorial	Formato reporte	Formato reporte para resultados individuales, formato reporte para resultado por consenso.

Nota. La tabla muestra el instrumento y los aspectos relevantes para la recolección de datos del objetivo específico 3.

Técnica de Análisis

Los panelistas realizaron el perfil del sabor teniendo en cuenta el método por consenso con algunas modificaciones establecido en la Norma Técnica Colombiana (NTC 3929), esta técnica de análisis se realizó con el objetivo de obtener una descripción consensuada del sabor de la matriz láctea, de manera individual se diligenció un formato que integra la información presentada en la tabla 12 correspondiente a las características para atributos sensoriales de sabor, textura y olor del queso fresco y la tabla 13 relativa a escala de medición intensidad de características sensoriales que se mencionan en la tabla 12. La evaluación individual y en consenso se realizó los días 2 y 15 de almacenamiento.

Los panelistas fueron personas entrenadas y conocedoras de las características sensoriales propias del queso fresco. El número de panelistas fue de mínimo 8 atendiendo a lo que indica Mahecha (1985), y la GTC (165) de 2014 que en este caso no se trató de un estudio de factibilidad sino de establecer si hay diferencias o no en las características sensoriales de sabor, olor y textura que pudieran presentarse para el tratamiento del queso fresco seleccionado en esta investigación.

Preparación de Muestras

La muestra de queso fresco fue servida en recipientes de plástico no reutilizables de acuerdo con la Guía Técnica Colombiana (GTC 165). En cuanto a las dimensiones de las muestras de queso fresco fueron largo (7 cm), ancho (3,5 cm) y alto (1,5 cm), previamente rotuladas con los códigos asignados. Se presentaron las muestras de forma aleatoria. Se proporciono a los panelistas agua potable para consumo para que enjuague su boca después de probar cada una de las muestras.

Lugar Para Desarrollar el Panel de Evaluación Sensorial

Se realizó en un ambiente acondicionado para tal fin, con buena iluminación natural, aislado de ruidos y olores extraños. Dispuesto de una mesa acondicionada para presentación de las muestras a los panelistas, de acuerdo con la Guía Técnica Colombiana (GTC 226).

Tabla 15

Características para atributos sensoriales de sabor, textura y olor del queso fresco

Atributo	Característica
	Característico
Sabor	ligeramente salado
	salado
	rancio
Textura	firme
	adherencia a la boca
	sensación de humedad
Olor	lácteo
	fermentado
	pútrido

Nota. La tabla indica los tres atributos a evaluar y los descriptivos asignados. *Fuente.* Ramos, (2020).

Tabla 16.

Escala de medición intensidad de características sensoriales

Grado	Valor
Ausencia total	0
Casi imperceptible	1
Ligero	2
Media	3
Alta	4

Nota. La tabla indica la escala hedónica con los valores de intensidad sensorial. *Fuente.* Hernandez, (2005).

Teniendo en cuenta lo establecido en la Norma Técnica Colombiana (NTC 3929) de 2021, los datos consolidados se recolectaron en la herramienta de Excel y posteriormente se estudiaron mediante análisis de medidas de tendencia central como la media, la mediana, la moda, el promedio, entre otros, los resultados fueron expresados en forma tabular y gráfica, el análisis descriptivo se realizó mediante un gráfico radial el cual consiste en identificar y realizar una descripción de los atributos sensoriales, cualitativos y cuantitativos de una muestra.

Resultados y discusión

Formulación y Condiciones de Fabricación para un Queso Fresco

A continuación, se presentan en la tabla 17 los resultados obtenidos en el seguimiento y cuantificación de la variable de respuesta del objetivo 1 de esta investigación, la cual corresponde al desuere del queso fresco después de moldear expresado en gramos.

Tabla 17

Matriz de resultados del seguimiento y cuantificación del desuerado en los días 2,6 y 15.

Tratamientos	Factores Codificados		%		% representado en g		Desuerado en g		
	Microencapsulado	Sal	Microencapsulado	Sal	Microencapsulado	Sal	Día2	Día 6	Día 15
T1	-1	-1	1,0	0,2	3,9	0,78	1,67	1,75	1,98
	-1	-1	1,0	0,2	3,9	0,78	1,65	1,73	1,89
	-1	-1	1,0	0,2	3,9	0,78	1,63	1,72	2,24
	-1	1	1,0	0,8	3,9	3,12	2,15	2,23	2,37
T2	-1	1	1,0	0,8	3,9	3,12	2,18	2,33	2,44
	-1	1	1,0	0,8	3,9	3,12	2,29	2,43	2,58
	1	-1	1,8	0,2	7,02	0,78	1,32	1,44	1,59
T3	1	-1	1,8	0,2	7,02	0,78	1,27	1,35	1,53
	1	-1	1,8	0,2	7,02	0,78	1,15	1,17	1,21
	1	1	1,8	0,8	7,02	3,12	1,56	1,66	1,76
T4	1	1	1,8	0,8	7,02	3,12	1,58	1,69	1,79
	1	1	1,8	0,8	7,02	3,12	1,61	1,72	1,86
T5	0	0	1,4	0,5	5,46	1,95	1,97	2,05	2,11
T6	0	0	1,4	0,5	5,46	1,95	1,99	2,07	2,12
T7	0	0	1,4	0,5	5,46	1,95	1,78	1,92	2,04

Nota. La tabla indica los resultados de la variable dependiente en los días 2,6,15.

Verificación y Análisis de Supuestos de Normalidad

Para el desarrollo del análisis de la varianza (ANOVA) se determinó preliminarmente la prueba de normalidad, el valor-p obtenido fue mayor al valor de significancia del 5% (valor-p 0,100), (ver apéndice A) posteriormente para la prueba de igualdad de varianzas se realizó la prueba de Levene y se obtuvo un valor -p de $0,68 > 5\%$ (ver apéndice B), en la prueba de independencia los residuos no indicaron patrones ni tendencias de correlación, por tanto, se establece que los residuos son independientes entre sí (ver apéndice C).

La tabla 18, análisis de la varianza indica que la fuente de variación que proviene de la interacción microencapsulado*sal no es significativa, debido a que el valor está por encima de 0,05, en otras palabras el estudio no logro demostrar que la diferencia observada en los datos no se deba al azar, pues la probabilidad de que haya sido así es $>$ a 5%, en comparación con el factor microencapsulado y el factor sal ambos factores si resultan ser estadísticamente significativos (valor-p $<$ 0,05), lo cual desde otra perspectiva indica que el estudio puede hacer esta afirmación con una probabilidad $<$ al 5% de que dicha asociación sea producto del azar.

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula (valor-p $<$ 0,05), teniendo en cuenta medidas de evidencia estándar para interpretación del valor- p (Goodman, 2008), y se acepta la hipótesis alternativa la cual establece que el % de adición de aceite microencapsulado y el % de sal comercial afectan el desuerado en la matriz láctea.

Tabla 18

Analisis de la Varianza

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	Valor p
Modelo	4	1,70203	0,42551	23,45	0,000
Lineal	2	1,64227	0,82113	45,25	0,000
Microencapsulado	1	1,17813	1,17813	64,92	0,000*
sal	1	0,46413	0,46413	25,58	0,000*
Interacciones de 2 términos	1	0,00333	0,00333	0,18	0,677
Microencapsulado*sal	1	0,00333	0,00333	0,18	0,677
Error	10	0,18147	0,01815		
Total	14	1,88349			

Nota. * Valores - p $<$ a 0.05 estadísticamente significativos.

La tabla 19 indica que la media de la variable de repuesta en los niveles bajo y punto central del factor microencapsulado no resultan ser diferentes en comparación con el nivel alto, mientras que la tabla 20 indica que la media en el nivel bajo del factor sal difiere de nivel alto y

el punto central a un 95% de confianza para ambos casos. El objetivo 1 de esta investigación fue analizar el efecto del microencapsulado y la sal sobre el desuerado del queso con adición del extracto bioactivo, por lo tanto, teniendo en cuenta los resultados del análisis de la varianza, la prueba de tukey al 5% de significancia y los valores del intervalo de confianza al 95% para ambos factores, estos indican que en el nivel alto del factor microencapsulado y el nivel bajo del factor sal se obtiene la menor cantidad de desuerado en la muestra de queso fresco.

Tabla 19

Prueba de Tukey al 95% de confianza para el factor microencapsulado

Microencapsulado	N	Media	Agrupación	IC de 95%
-1	6	2,250	A	(2,043. 2,457)
0	3	2,090	A	(1,797.2,382)
1	6	1,623	B*	(1,416. 1,830)

Nota. * Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

Tabla 20

Prueba de Tukey al 95% de confianza para el factor sal

sal	N	Media	Agrupación	IC de 95%
1	6	2,133	A	(1,834. 2,433)
0	3	2,090	A	(1,666. 2,513)
-1	6	1,740	B*	(1,44. 2,04)

Nota. * Las medias que no comparten una letra son significativamente diferentes.

En cuanto a los efectos principales, los valores de la tabla 21 y la representación gráfica de la figura 11 muestran una pendiente negativa en el factor microencapsulado (-0,6267), esto significa que hay efecto considerable sobre la media del desuerado, existe un decrecimiento progresivo a medida que pasa del nivel bajo al nivel más alto. En el análisis de la varianza el factor sal también resulto estadísticamente significativo; presenta en determinada magnitud un

efecto sobre la variable de respuesta, la pendiente positiva (0,3933) explica un crecimiento del efecto desde el nivel más bajo hasta el nivel alto en la media del desuerado.

Tabla 21

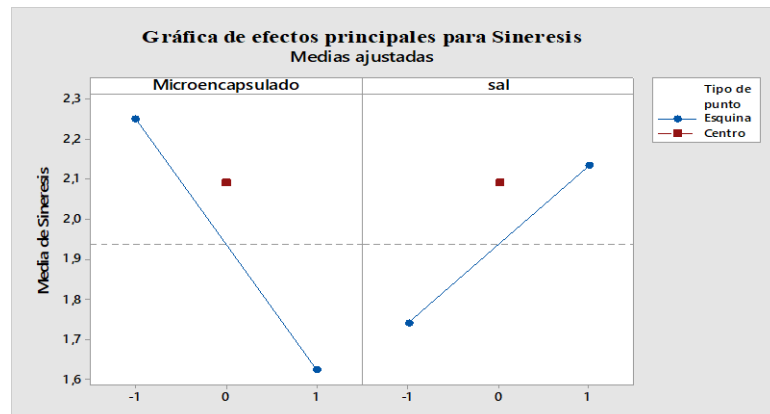
Matriz de coeficientes codificados

Término	Efecto	Coef	EE del coef.	Valor T	Valor p	FIV
Constante		1,9367	0,0389	49,80	0,000	
Microencapsulado	-0,6267	-0,3133	0,0389	-8,06	0,000	1,00
sal	0,3933	0,1967	0,0389	5,06	0,000	1,00
Microencapsulado*sal	-0,0333	-0,0167	0,0389	-0,43	0,677	1,00
Pt Central		0,1533	0,0870	1,76	0,108	1,00

Nota. La tabla indica los efectos por factor sobre la variable dependiente.

Figura 11

Efectos principales para microencapsulado y sal



Selección de Tratamiento

El análisis estadístico indica que el tratamiento seleccionado para realizar los análisis bromatológicos; perfil lipídico y el panel de evaluación sensorial corresponde tratamiento 3, cuya formulación consideró nivel alto de aceite microencapsulado (1,8% con base al peso de la masa de cuajada [p/p]) y nivel bajo de sal (0,2% con base al peso de la masa de cuajada [p/p]).

La figura 12 permite deducir que en el tratamiento 3 es donde se obtiene valores mínimos en la variable de respuesta desuerado (1,44 g de suero en 60 g de cuajada), lo cual representa un resultado favorable en esta investigación debido a que grandes concentraciones de sal favorecen el desuerado del queso, la cantidad de agua juega un papel importante en el tiempo de conservación, la textura del queso y el rendimiento del proceso de elaboración.(Ramírez et al., 2016).

De acuerdo con el Ministerio de Salud y Protección Social (2021), Con la elección del tratamiento 3 se pretende que el producto final tenga un valor agregado representado en el bajo contenido de sal de manera que no sea necesario incluir el rotulo frontal de advertencia “Alto en sal/sodio” de acuerdo con la Resolución 810 de junio del 2021, emitida por el Ministerio de Salud y Protección Social y que contribuya a la reducción de la presión sanguínea factor que desencadena el desarrollo de enfermedades cardiovasculares que se atribuyen al alto consumo de sodio, la reducción de este componente es el objetivo principal de las políticas de salud a nivel mundial (Crespo, 2019).

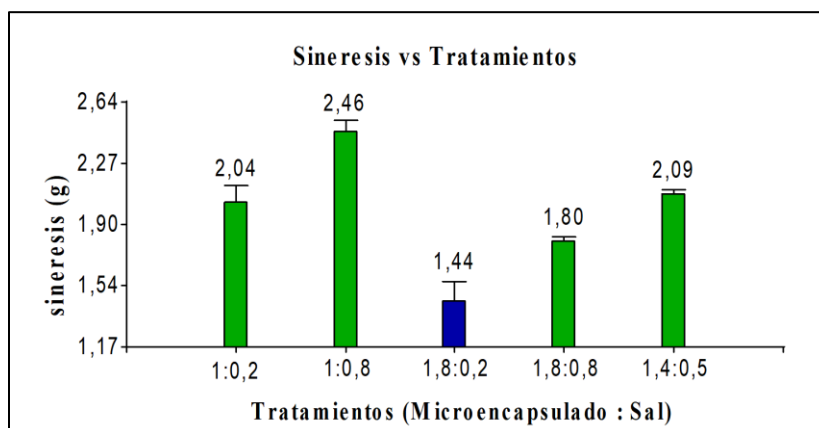
El análisis de la varianza indica que la interacción microencapsulado *sal fue estadísticamente no significativa (valor-p > 0,05), lo cual indica según Jeong et al., (2017) que la adición de microcápsulas en sí misma no afecto la composición proximal del queso, paralelo a ello autores como (García et al., 2017; Gómez et al., 2020) manifiestan que el aceite que proviene de microalgas posee actividad bacteriostática, al igual que los aceites esenciales de hinojo, manzanilla, albahaca y romero los cuales fueron microencapsulados y añadidos a quesos demostrando resultados positivos en el control de la actividad microbiana y el pH (Caleja et al., 2016; Dueñas. et al., 2020; Fernandes et al., 2017; Melo et al., 2020). Lo anterior concuerda con los resultados de esta investigación, el pH final del queso fue de 5,8 con adición de

microcápsulas a una concentración de 1,8% de lo cual se puede deducir que el microencapsulado a porcentajes altos mantuvo el control de la acidez del queso fresco, ya que según McSweeney (2007) citado en Fernandes et al., (2016) “la acidificación promueve la exudación del suero debido a la reducción de la carga negativa de la caseína, al estar cerca del punto isoeléctrico, un fenómeno que facilita las interacciones proteína- proteína” (p.6).

En esta investigación los valores de pH no difieren de un queso sin adición de microencapsulado, lo que concuerda con los resultados de Kim et al., (2017) quienes manifiestan que la adición de microcápsulas no afecta los valores de pH. Los valores de la sinéresis en esta investigación se deben principalmente al porcentaje de sal (0,2%), a la tecnología adoptada, al proceso de elaboración y la etapa en donde fue añadida al queso la cual es muy importante ya que influye en el porcentaje de humedad y la retención del microencapsulado. (Bermúdez & Barbosa, 2012; Fernandes et al., 2016). Del % de adición de sal también depende el sabor salado que haya establecido cada empresa que procesa este alimento, por lo que el cloruro de sodio/sal tiene incidencia en el proceso y producto final interviniendo en la actividad enzimática, actividad acuosa, crecimiento microbiano ejerciendo efecto antimicrobiano, solubilidad de las proteínas y la sinéresis de la cuajada.

Figura 12

Resultados de la sineresis del queso medida en g en funcion de los tratamientos



Nota. La figura muestra el tratamiento en donde se obtuvo mejores resultados en cuanto al desuerado del queso.

Condiciones de Formulación y Elaboración de Queso Fresco

Posteriormente a la elección del tratamiento 3 en los cuales se obtuvo valores mínimos de desuerado se elaboró el queso fresco, la leche fue pasterizada, sometida a coagulación, secado, molido, amasado, salado y adición de aceite microencapsulado (durante el amasado), moldeado y empacado. No tiene adición de fermentos lácticos y tampoco proceso de maduración. Para esta investigación se tuvo en cuenta lo establecido por Alava, (2010) en cuanto al porcentaje de desuerado retirado (70%) lo anterior se debe a que los quesos frescos en su formulación incluyen porcentajes de adición de sal entre el 1 a 3% (Hekken y Farkye, 2003; citado por Van Hekken et al., 2017). El valor adicionado depende de la etapa en la que se suceda la salazón del queso; al respecto, si la sal se adiciona en la etapa del secado del grano (agitación) antes del desuerado el % de adición debe ser mayor pues parte de esta se puede drenar en el desuerado; en cambio que sí se adiciona en el molido o amasado (salado en seco) el % de sal adicionado puede ser mucho menor tal como sucedió para la matriz de queso fresco en donde se utilizó una

formulación baja en sal (0,2%) teniendo en cuenta que el porcentaje de humedad influye en la retención del microencapsulado (Bermúdez & Barbosa, 2012; Fernandes et al., 2016). Es importante mencionar que en la etapa de acondicionamiento se utilizó una solución de suero, microencapsulado y sal la cual se manejó a una temperatura de (60 – 65) °C debido a la capacidad limitada de emulsificación que posee la maltodextrina, por lo cual es importante utilizar materiales de alto peso molecular en la emulsión, como la goma arábica, para mejorar las propiedades físicas y químicas de las microcápsulas, aumentando la temperatura de transición vítrea, y flexibilidad.(Melo et al., 2020), (ver apéndice D, diagrama de flujo de proceso en bloques para elaboración de queso con adición de microencapsulado).

Al respecto, se espera que entre más húmeda sea la masa de cuajada el rendimiento del queso expresado en k de leche necesarios para obtener un kg de queso sea menor. Para el caso del queso fresco analizado, el rendimiento quesero fue de 6,1kg de leche para obtener un kg de queso fresco, siendo un valor que puede obtenerse para quesos frescos. (ver apéndice E, balance de materia), (ver apéndice F, descripción por etapa del proceso de elaboración de queso fresco), (ver apéndice G, ficha técnica del queso fresco).

Identificar el Perfil de Ácidos Grasos y Características Físicoquímicas del Queso Fresco

A continuación, se presenta los resultados y discusión del objetivo 2.

Análisis Físicoquímico

Los análisis físicoquímicos expresados en g/100g indicaron que en el queso con adición de aceite microencapsulado se obtuvo valores de humedad entre (58 - 60) %, sólidos totales 41,7 g/100g y pH entre (5,8 – 6,0), proteína total 16,7 g/100g, grasa total 18,0 g/100g y cenizas de 2,0 g/100g. Lo anterior se presenta en la tabla 22. En lo que tiene que ver para el queso fresco, el

informe completo de análisis fisicoquímicos, bromatológicos, y del perfil lipídico se presenta en el apéndice H.

Tabla 22

Análisis fisicoquímicos para queso fresco con adición de microencapsulado

Parámetros	Técnica	Resultados	Unidad
	P-LF-008 Versión 3		
Humedad	(Gravimetría – Secado en estufa a 105°C)	58,3	g/100g
	P-LF-008 Versión 3		
Sólidos totales	(Gravimetría - cálculo por diferencia)	41,7	g/100g
Proteína Total (Cálculo obtenido del nitrógeno Total, bajo ISO 1871:2009, ensayo acreditado por ONAC)	Cálculo matemático basado en ISO	16,7***	g/100g
	AOAC 920.111 Ed. 21:2019		
Grasa total	(Roese-Gottlieb modificado)	18,0	g/100g
	P-LF-001 Versión 5		
Cenizas	(Gravimetría - calcinación a 600°C)	2,0	g/100g

Nota. Biotrends laboratorios S.A.S. (informado por laboratorios calidad microbiológica S.A.S).

*** Factor de conversión de nitrógeno a proteína %Nx6.38

El queso analizado tuvo una consistencia blanda y alto contenido de humedad, por lo que se considera un alimento perecedero y de consumo en corto tiempo. Las anteriores características lo relacionan con la definición para queso fresco en cuanto al proceso establecido en la

Resolución 2310 de 1986 que indica que es un producto higienizado sin madurar, que después de su fabricación está listo para el consumo (Ministerio de Salud, 1986, p.13). Este tipo de quesos son típicos del territorio colombiano, difundido en Antioquia con el quesito antioqueño; en Boyacá y Cundinamarca, cuajada y queso campesino; molido nariñense y casero en el Departamento de Nariño (p.13). La Norma Técnica Colombiana NTC 750 lo define: “Este tipo de quesos se caracterizan por tener un alto contenido de humedad y después de su fabricación está listo para su consumo” y lo ubica en la clasificación de queso blando de acuerdo con su consistencia. (Alava, 2010) indica que el queso fresco se distingue porque el contenido de humedad es alto, la vida útil es relativamente corta y para su conservación es necesario mantenerlos en refrigeración. Este tipo de quesos se pueden elaborar a través de coagulación enzimática y generalmente sin adición de cultivo láctico. También de acuerdo con el tratamiento mecánico durante el proceso el queso fresco puede incluirse dentro de los quesos de pasta molida, amasada y/o prensada. (Alava et al., 2014)

En cuanto a la composición fisicoquímica del queso fresco analizado, se tiene que los contenidos de grasa, proteína a excepción de la ceniza se encuentran dentro de los valores asignados por Van Hekken & Farkye (2003), para queso fresco.

Lo anterior se presenta en la Tabla 23.

Tabla 23

Comparación de resultados de análisis fisicoquímicos para queso fresco

Parámetros	Resultados Queso fresco Muestra analizada	Resultados Queso fresco según (Van Hekken y Farkye, 2003)
------------	--	---

Proteína Total en g/100g	16,7***	17-21
Grasa Total en g/100g	18,0	18-29
Cenizas en g/100g	2,0	--

Nota. La tabla indica un contraste de resultados fisicoquímicos obtenidos. *Fuente.* Van Hekken y Farkye, (2003) y Biotrends laboratorios S.A.S. (informado por laboratorios calidad microbiológica S.A.S).

En ese sentido, Guinee (2007) citado por Ramírez et al., (2016), indica que la composición de la leche destinada a la elaboración del queso, el tipo de proceso artesanal o industrial, manejo de la cuajada (tamaño del grano, secado, desuerado); tipo de salado y control de los parámetros para las variables del proceso inciden en los contenidos de materia grasa, proteína, sodio y los demás nutrientes del queso, así es que la pauta de elaboración y los parámetros de control además de la formulación son relevantes para garantizar que el producto obtenido se ubique en la clasificación de queso designada. En esta investigación la muestra analizada reportó 18,0g/100g de grasa total, de acuerdo con la NTC 750 para productos lácteos: Queso; la matriz del queso fresco es semigraso por lo que para estos quesos el contenido de materia grasa en extracto seco está en un rango de ($\geq 25,0$ - $< 45,0$), y el % de humedad sin materia grasa (HSMG%) fue de 70,73%, lo que también concuerda con los rangos establecidos por el Codex Alimentario en su NORMA GENERAL PARA EL QUESO CXS 283-1978 en donde se establece que el % de humedad sin materia grasa (HSMG%) > 67 la denominación del queso será “blando” mientras que para el contenido de materia grasa en extracto seco (%GES) el queso se denominara “semigraso” (si el contenido de GES es superior o igual al 25% e inferior al 45%).

Análisis Bromatológico

En cuanto a los análisis bromatológicos para el queso fresco, se realizaron los que forman parte del rotulado nutricional que aplica para Colombia establecidos en la Resolución 810 de junio 2021 para un tamaño de porción de 30g. Los análisis reportados corresponden a: calorías expresadas en kcal; grasa total en g; grasa saturada en g, grasa trans en mg, carbohidratos totales en g, fibra dietaría en g, azúcares totales y añadidos en g, proteína en g. En cuanto al contenido de sodio, hierro, calcio y zinc se expresó en mg, para las vitaminas en microgramo (ug), la vitamina A se expresó en ug ER (Equivalente de Retinol).

Lo anterior se muestra en la tabla 24.

Tabla 24

Información nutricional por 100g y por porción de 30g de queso fresco

Información Nutricional		
Tamaño de porción: 1 tajada 30 g		
Numero de porciones por envase: 12 Aprox.		
	Por 100 g	Por porción
Calorías (Kcal)	250	75
Grasa total	18g	5.4g
Grasa saturada	10g	3.1g
Grasa trans	208 mg	0 mg
Carbohidratos totales	5,0	1,5g
Fibra dietaría	0,0	0g
Azúcares totales	4,0	1,2g
Azúcares añadidos	0	0g
Proteína	17	5,0g
Sodio	158 mg	48 mg
Vitamina A	108ug ER	32ug ER
Vitamina D	3.2 ug	0,97 ug
Hierro	0 mg	0 mg
Calcio	331mg	99 mg
Zinc	1,8mg	0,54 mg

Nota. La tabla indica los resultados obtenidos para la composición nutricional del queso. *Fuente.* Biotrends laboratorios S.A.S.

Implicaciones Sobre la Formulación de Sodio/Sal en el Queso Fresco

El Cloruro de sodio en el queso tiene incidencia en el sabor, textura y funcionalidad según Van Hekken et al., (2017) manifiesta que, en la actualidad la tendencia en beneficio de la salud se enfoca en el consumo de alimentos con ingredientes que sean controlados en su consumo como medida de prevención y tratamiento de la enfermedad (p.1).

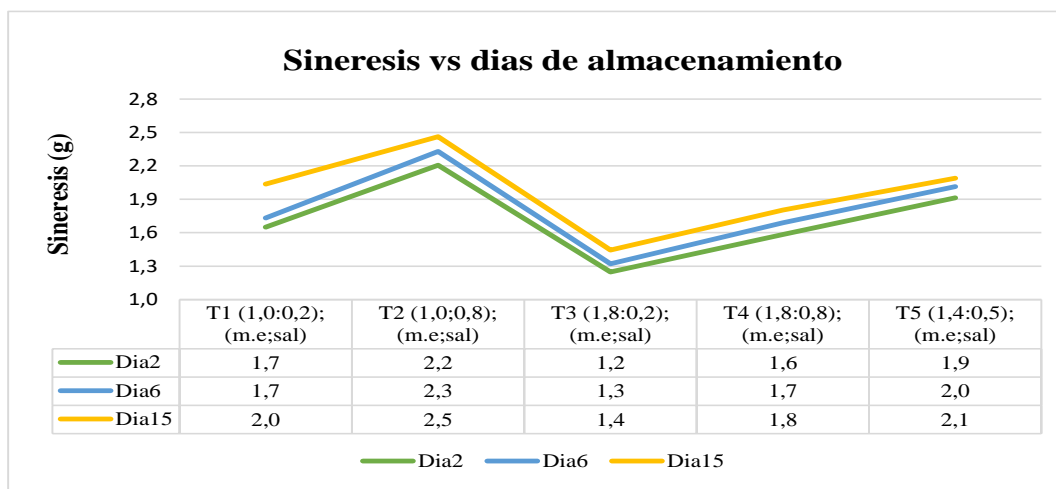
En ese sentido, según (Díaz et al., 2020) los pacientes con problemas renales, edemas (retención de líquidos) y control de la presión arterial es recomendable que la dieta sea baja en cloruro de sodio (Farías et al., 2013). Una dieta alta en sodio está asociada a la hipertensión y un mayor riesgo de accidente cerebrovascular y muerte prematura debido a enfermedades cardiovasculares. Según la Organización Mundial de la Salud, la ingesta diaria máxima recomendada de sal es de 5g por día, equivalente a 2g de sodio por día (OMS, 2020; citado por Díaz et al., 2020).

Si bien el reducir el porcentaje de adición de sal resulta favorable para la salud, la sal también interviene en la calidad del queso y el sabor; así es que lo ideal es determinar una formulación que equilibre lo saludable del producto con la calidad y sabor del producto. Para el caso de esta investigación, el análisis estadístico llevó a seleccionar el tratamiento con menor porcentaje de adición de sal (0,2% relación [p/p]) adicionado durante la etapa del amasado. En la figura 13, se observa el comportamiento del desuerado para 5 tratamientos diferentes que se plantearon en el diseño experimental; la figura 13 muestra que el % de sal adicionado es relevante en el volumen de suero ya que en el tratamiento T2 se adicionó el mayor % de sal se obtuvo la mayor cantidad de suero desprendido de la masa del queso (desuerado), Mientras que si comparamos el % de micro encapsulado en el T3 y T4 podemos observar que a medida que aumentamos la cantidad de sal la sinéresis en el queso aumenta progresivamente, lo que

concuera con los resultados de la interacción en el análisis de la varianza en donde resulto no significativa, es decir el factor que influye en el aumento del volumen en cuanto a sinéresis es la sal la cual tendrá efecto en función del % de adición en el queso, paralelo a ello es posible deducir en cuanto al factor micro encapsulado que a mayores % de adición influye en el control de la acidez del queso, lo cual evita que el pH descienda y se genere pérdida de humedad, como se había mencionado anteriormente según (García et al., 2017; Gómez et al., 2020) manifiestan que el aceite que proviene de microalgas posee actividad bacteriostática lo cual pudo influir en minimizar la producción de ácido láctico, y mantener un pH normal para este tipo de queso; Los resultados obtenidos pueden ser contrastados con lo obtenido por (Jeong et al., 2017) en donde manifiestan que a concentraciones altas de micro encapsulado el pH desciende; sin embargo, se debe tener en cuenta que esto dependerá de la acidez del extracto bioactivo y la eficiencia del micro encapsulado, es decir el descenso del pH “probablemente se debió a los compuestos ácidos en las microcápsulas que contenían extractos de tomate, lo cual hizo reducir el pH del queso”(p.345).

Figura 13

Desuerado del queso en función del % de microencapsulado y sal en los días 2,6 y 15



Nota. La figura indica el promedio de las tres replicas por cada tratamiento.

El plantear un menor porcentaje de adición de sal tuvo como propósito mejorar las condiciones saludables del alimento y que en la producción industrial, se considere como una alternativa favorable obviar el sello frontal de advertencia: “Alto en sal/sodio” si se encuentra por encima del límite máximo de mayor o igual a $\geq 400\text{mg}/100\text{g}$ de alimentos sólidos tal como lo establece la Resolución 810 de 2021 referente a los requisitos de etiquetado nutricional y frontal que deben cumplir los alimentos envasados o empacados para consumo humano. (Ministerio de Salud y Protección Social, (2021). La formulación utilizada en esta investigación dio como resultado un contenido de 158mg de sodio en 100g de queso fresco. Por tanto, con esta formulación, en el diseño de la etiqueta del producto no sería necesario colocar sello frontal de advertencia “Alto en sal/sodio” lo que se considera favorable para el cuidado de la salud del consumidor.

La Resolución 2013 del 2020 hace referencia a los contenidos máximos de sodio de los alimentos procesados priorizados en el marco de la estrategia nacional de reducción del consumo de sodio; en donde se han establecido metas a un año (meta 1) y dos años (meta 2) una vez puesta en vigencia esta resolución. (Ministerio de Salud y Protección Social, 2020, p.16). Para el caso del queso fresco, la meta 1 dispone que el contenido de mg de sodio/100g de producto debe ser de 584mg y la meta 2 el contenido de mg de sodio/100 de producto debe ser de 571mg.

Comparando estos valores con el contenido reportado para la matriz alimentaria de queso fresco se tiene que cumple con las metas establecidas en la resolución por cuanto el valor de sodio para la matriz de queso fresco es de 158mg/100g de queso fresco, situación que también es considerada como favorable en cuanto a la promoción de hábitos de alimentación saludable.

Análisis del Perfil Lipídico

En cuanto al perfil lipídico para el queso fresco, la Tabla 25 muestra los valores en

g/100g para el contenido de grasa saturadas, grasa monoinsaturada y poliinsaturada, grasa insaturada total, grasa cis, grasa trans y contenido de omega 3, 6 y 9.

Tabla 25

Perfil lipídico expresada en g/100g para muestra de queso fresco analizada

Parámetro	Técnica	Resultados	Unidad
Grasa saturada	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	10,20	g/100g
Grasa monoinsaturada	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	6,77	g/100g
Grasa poliinsaturada	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	1,03	g/100g
Grasa insaturada total	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	7,80	g/100g
Grasa cis	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	7,59	g/100g
Grasas trans	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	207,79	g/100g
Contenido de Omega 3	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	0,18	g/100g
Contenido de Omega 6	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	0,71	g/100g

	P-LF-106		
	Versión 1		
Contenido de Omega 9	(Cromatografía de gases GC-FID)	4,00	g/100g

Nota. La tabla indica los resultados obtenidos para el perfil lipídico del queso. *Fuente.* Biotrends laboratorios S.A.S. (informado por laboratorios calidad microbiológica S.A.S).

En lo referente al perfil lipídico del queso fresco se tuvo en su formulación la incorporación de aceite micro encapsulado en una proporción de 1,8% teniendo en cuenta el peso de la masa de cuajada obtenida después del molido. Relación [p/p]. Los resultados del laboratorio para el contenido de la fracción de lípidos reportan el contenido expresado en g/100g de alimento de grasa total, grasa saturada, ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados; y el contenido de ácidos grasos omega 3, 6 y 9 tal como se presentó en la Tabla 25. Al comparar los resultados obtenidos para el queso fresco y las recomendaciones de ingesta adecuada (AI) para este tipo de nutrientes el porcentaje (%) de aporte de 100g de queso fresco a la recomendación de ingesta adecuada (AI)/día para la población lactante en cuanto a grasa total es del (58 y 60) %; para ácidos grasos omega 6 es de (16,33 y 15,43) % y para ácidos grasos omega 3 es de 36% para los dos grupos de edades de lactantes. Entonces, también se tienen aportes que contribuyen al cumplimiento de estos indicadores que propenden por una alimentación saludable.

Lo anterior se presenta en la tabla 26.

Tabla 26

Aporte de la matriz del queso fresco en la recomendación de ingesta de grasa total, ácidos grasos y colesterol en Colombia para dos grupos de edad de lactantes

Grasa dietética o Ácidos grasos	Ingesta adecuada AI*		Cantidadde ácidos grasos en g/100 para queso fresco*	% de aporte de 100g de queso fresco a la recomendación de ingesta adecuada (AI)/día	
	Lactant es0 – 6 (meses)	Lactantes 7 – 12 (meses)		Lactant es0 – 6 (meses)	Lactantes 7 – 12 (meses)
Grasa total	31g/día	30g/día	18	58	60
Ácidos grasos poliinsaturados n- 6	4,4g/día	4,6g/día	0,71	16,33	15,43
Ácidos grasos poliinsaturados n-3 (linolénico)	0,5g/día	0,5g/día	0,18	36	36
Ácidos grasos saturados	-	-	10,20	-10,2**	-10,20**

Observaciones para la tabla: *% de aporte del queso fresco a la recomendación de ingesta adecuada (AI)/día para las dos edades de los lactantes: significa el % que 100g de queso fresco aporta a la recomendación/día dado por la RIEN.

**Para el caso de ácidos grasos saturados las recomendaciones son nulas, entonces, se asume un aporte inadecuado a la recomendación/día

Nota: La tabla establece Recomendaciones de Ingesta de Energía y Nutrientes RIEN para la población colombiana. p.21. *Fuente.* Adaptado de Resolución 3803 de agosto del 2016, BIOTRENDS S.A.S, informados por Calidad Microbiológica S.A.S

En cuanto a lo establecido en la Resolución 810 de 2021 con respecto a la declaración en

el etiquetado de alimentos acerca de “excelente fuente” o “buena fuente” en ácidos grasos monoinsaturados, poliinsaturados y ácidos grasos omega 3 se determinó que para el queso fresco no aplica la inclusión en el rotulo de excelente o buena fuente de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados por cuanto aportan el 37,6% y 5,7% respectivamente y la resolución indica que el contenido de estos ácidos grasos debe ser al menos el 45% de la grasa total que contenga el alimento. Lo mismo sucede para el caso de los ácidos grasos omega 3 contenidos en el queso fresco en donde los valores mínimos deben ser de al menos al 0,3g/100g (Ministerio de Salud y Protección Social, 2016) y el queso fresco contiene 0,18g/100g que equivale al 13,3% (del 45% de la grasa total recomendada. Si se compara el contenido de EPA y DHA de la matriz alimentaria del queso fresco con las recomendaciones de ISSFAL de ingesta diaria de al menos 500mg/d o la de otros países de (300 a 500) mg/d, se tiene que la matriz alimentaria del queso fresco aportaría del 36 al 50% de esta recomendación lo que hace que el queso fresco sea un producto llamativo por el aporte a los hábitos de alimentación saludable, teniendo en cuenta que es un producto típico del departamento de Nariño.

Evaluación de las Características Sensoriales de Sabor, Olor, Textura de un Queso Fresco

Análisis Sensorial del Perfil del Sabor

Para el análisis sensorial del perfil del sabor, se tuvo en cuenta lo establecido en la NTC 3929 de 2021, la técnica de análisis utilizada en esta investigación corresponde a una prueba sensorial cuantitativa descriptiva articulada a la prueba de análisis por método de consenso, la cual consistió en que los jueces entrenados registraron las notas características del sabor de manera individual (ver apéndice I), de acuerdo a los descriptores y/o atributos sensoriales establecidos en la tabla 15 y al nivel de intensidad de la escala hedónica de 5 puntos de la tabla 16,

posteriormente las notas definidas fueron concensuadas y registradas en el formato reporte por consenso (ver apéndice J), estableciendo de esta manera el perfil del sabor.

La tabla 27 muestra los resultados obtenidos en los días 2 y 15 de la evaluación sensorial del queso a temperatura controlada de 4°C.

Tabla 27

Matriz de resultados para el análisis del perfil del sabor del queso

Matriz lactea	Queso fresco y blando con adición de aceite microencapsulado			DESCRIPTORES PARA EL ANALISIS DEL PERFIL DEL SABOR									
				Atributo 1				Atributo 2			Atributo 3		
				Sabor				Textura			Olor		
Técnica de análisis (NTC 3929)	Día	Muestra	Repetición	característico	Ligeramente salado	salado	rancio	Firme	Adherencia a la boca	Sensación de humedad	Lácteo	Fermentado	Pútrido
CONSENSO	2	P1M1	1		3				3		4		
	2	P1M2	2		3				2		5		
	2	P1M3	3		4				3		4		
CONSENSO	15	P2M1	1		4				3		3		
	15	P2M2	2		4				2		4		
	15	P2M3	3		3				3		3		

Nota. La información presenta la recopilación de resultados por consenso.

La tabla 28 y 29 muestra los resultados de parámetros de tendencia central utilizados para cuantificar los descriptores para el análisis sensorial del queso.

Tabla 28

Matriz de resultados para medidas de tendencia central día 2

Matriz lactea	Queso fresco y blando con adición de aceite microencapsulado	DESCRITORES PARA EL ANALISIS DEL PERFIL DEL SABOR									
		Atributo 1				Atributo 2			Atributo 3		
		Sabor				Textura			Olor		
Técnica de análisis (NTC 3929)	Parámetros de tendencia central	característico	Ligeramente salado	salado	rancio	Firme	Adherencia a la boca	Sensación de humedad	Lácteo	Fermentado	Pútrido
Prueba de perfil sensorial cuantitativo descriptivo. Consenso día 2	Promedio		3,33				2,7		4,3		
	Desviación estándar		0,58				0,58		0,58		
	Coefficiente de variación		0,17				0,22		0,13		
	Mediana		3,00				3,00		4,00		

Nota. La tabla indica la recopilación de los resultados obtenidos en el consenso del día 2.

Tabla 29

Matriz de resultados para medidas de tendencia central día 15

Matriz lactea	Queso fresco y blando con adición de aceite microencapsulado	DESCRITORES PARA EL ANALISIS DEL PERFIL DEL SABOR									
		Atributo 1				Atributo 2			Atributo 3		
		Sabor				Textura			Olor		
Técnica de análisis (NTC 3929)	Parámetros de tendencia central	característico	Ligeramente salado	salado	rancio	Firme	Adherencia a la boca	Sensación de humedad	Lácteo	Fermentado	Pútrido
Prueba de perfil sensorial cuantitativo descriptivo. Consenso día 15	Promedio		3,7				2,7		3,3		
	Desviación estándar		0,58				0,58		0,58		
	Coefficiente de variación		0,16				0,22		0,17		
	Mediana		4,00				3,00		3,00		

Nota. La tabla indica la recopilación de los resultados obtenidos en el consenso del día 15.

Los análisis de la evaluación sensorial indican que hubo preferencia por descriptores específicos de acuerdo con cada atributo establecido, para el atributo 1 correspondiente al sabor, el descriptor con más valoración fue el ligeramente salado, para el atributo 2 – textura, fue el

descriptor adherencia a la boca, mientras que para el atributo 3 el cual corresponde a el olor fue el descriptor lácteo.

Los resultados también indican que hubo descriptores por cada atributo los cuales no fueron considerados en la valoración por parte de los jueces entrenados, en el atributo 1 correspondiente al sabor los descriptores no valorados fue característico, salado, y rancio para el atributo 2 perteneciente a textura los descriptores no valorados fueron firme y sensación de humedad, en cuanto a lo correspondiente al atributo 3 correspondiente al olor los descriptores no valorados fueron el fermentando y el pútrido.

De lo resultados anteriores se puede deducir que la matriz láctea tipo queso fresco no presentaba significancia a nivel sensorial estas notas características de sabor. Lo cual representa un factor positivo en la consolidación del perfil de sabor, teniendo en cuenta que a la matriz láctea se le incorporo microencapsulado de aceite extraído de *Parachlorella kessleri*.

La figura 14 indica el análisis promedio de los descriptores con más valoración por parte de los evaluadores los días 2 y 15, el análisis se realiza teniendo en cuenta la escala hedónica estructurada de 1 a 5 puntos que cuantifica la intensidad de los atributos (tabla16), la cual establece asignar 0: si percibe como ausencia total - asignar 1: si percibe como casi imperceptible – asignar 2: si percibe como ligero - asignar 3: si percibe como media - asignar 4: si percibe como alta - asignar 5: si percibe como extrema. La figura 13 indica que el valor 3,3 corresponde a la media, la cual se mantiene para el atributo 1- Sabor en el descriptor ligeramente salado en el día 2 y atributo 3-Olor en el descriptor lácteo en el día 15. La valoración para el atributo 1- Sabor en el descriptor ligeramente salado en el día 2 se incrementó levemente pasando de 3,3 a 3,67 en el día 15 tal y como se puede observar en la figura 14 y figura 15.

En cuanto al atributo 2-Textura en el descriptor adherencia a la boca, las valoraciones por parte del panel evaluador fueron iguales para ambos días (2,67), el cual está por debajo de la media, esto se debe al porcentaje de sal con el cual se formuló el queso, “el queso bajo en sal tiene una consistencia más suave y cremosa (adhesiva) o pastosa, Además, las altas concentraciones de sal resultan en quesos duros, secos y quebradizos” (Ramírez et al., 2016.,p.308). El pH final del queso fue de 5,8 lo cual indica que “habrá un exceso de iones Ca^{2+} vinculados a la molécula de paracaseína, causando una incorporación de Na^+ en la molécula, lo que resulta en un queso suave, pH inferior a 5,0, da lugar a un queso duro y quebradizo”.(Guinee & Fox., 2004., citado en Ramírez et al., 2016., p.308). Lo anterior también concuerda con las valoraciones de los jueces al atributo 2- textura descriptor “firme” en el consenso, debido a que el queso final no presenta altas concentraciones de sal en análisis fisicoquímico, en razón a su bajo contenido en sodio.

Sin embargo, si contrastamos las figuras 15 y 16 en ellas se evidencia una disminución de la valoración del atributo 3 en el descriptor Olor en el día 2, pasando de 4,3 a 3,3 en el día 15, de lo cual se puede deducir que el descriptor lateo es percibido como bajo.

Figura 14

Analisis promedio: perfil del sabor del queso con adición de microencapsulado

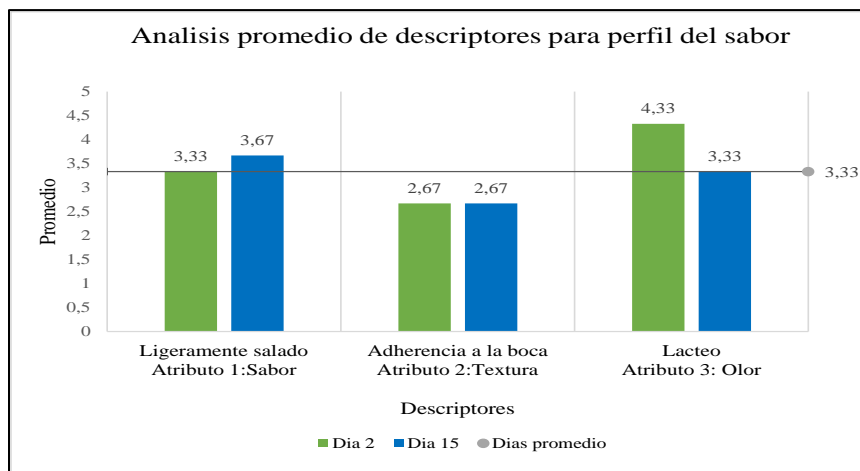
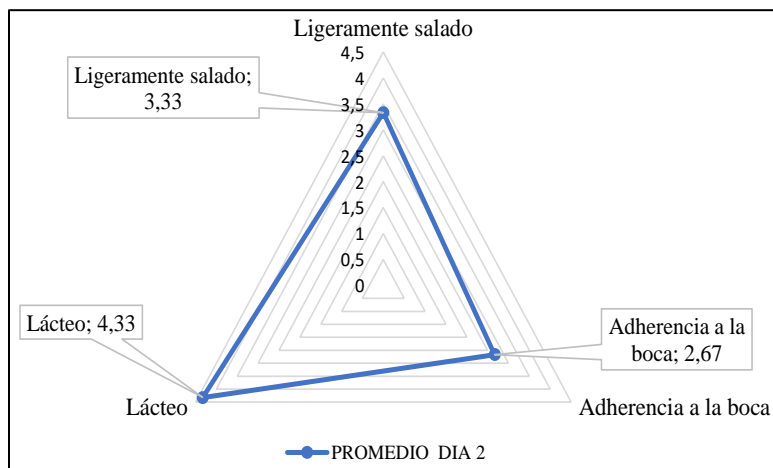
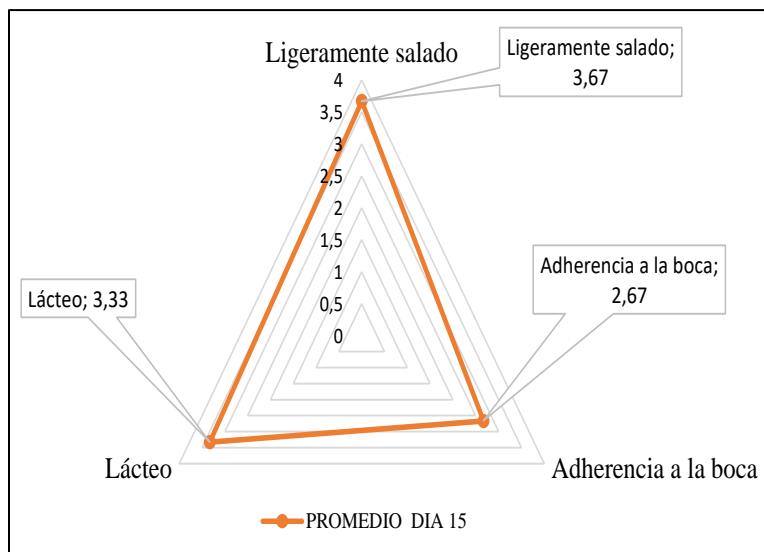


Figura 15*Grafica radial para analisis sensorial del queso - dia 2***Figura 16***Grafica radial para analisis sensorial del queso - dia 15*

El aumento o disminución en el porcentaje de sal es un factor clave y determinante en la calidad final del queso en términos organolépticos y microbiológicos, ya que los altos contenidos de sal no aseguran una adecuada inocuidad en el queso, mientras que la reducción significativa

de NaCl influiría en el umbral sensorial y en el desarrollo progresivo de microorganismos perjudiciales (Pacheco, 2018; Ramírez et al., 2016).

En cuanto a la adición de microencapsulado los resultados de esta investigación indican que no tuvo influencia negativa en términos organolépticos debido a que el pH final del queso fue de 5,8 en contraste con el estudio de Jeong et al., (2017), en donde la textura se vio afectada por adición de las microcápsulas y porque el pH del queso fue de 5,64, lo cual concuerda con las afirmaciones de (Ramírez et al., 2016) en donde establece que un pH inferior a 5,0, da lugar a un queso duro y quebradizo y con (Lawrence et al. 1987 citado en Jeong et al., 2017) el cual menciona que a medida que el pH disminuye las “especies iónicas que se unen covalentemente a las hebras de caseína se protonan durante la formación de la cuajada. Esto aumenta posteriormente las interacciones hidrofóbicas entre las moléculas de proteína, haciendo que la cuajada sea más dura y elástica.” (p.348).

Por tanto, y con relación a los atributos sensoriales para el queso fresco de esta investigación, los panelistas definieron su perfil del sabor con características promedio que pueden encontrarse en productos similares, pero, sin adición de aceite microencapsulado que se adquieren en el mercado regional tal como se muestra en la figura 13. En ese sentido, los cambios reológicos y de textura del queso se relacionan con la red de caseína que se forma durante la coagulación de la leche (Lamichhane et al., 2018). También para el caso del queso fresco se considera que los materiales de pared utilizados para encapsular los ácidos grasos fueron un factor clave en las características sensoriales del queso fresco durante los días 2 y 15 de almacenamiento por la función que el microencapsulado tiene de proteger los componentes bioactivos considerados de interés en incorporar a los alimentos. Por lo que resulta de gran importancia para el análisis sensorial la naturaleza de los materiales de pared (goma arábiga y

maltodextrina), en especial la maltodextrina ligeramente dulce, este polisacárido en combinación con goma arábiga (sabor insípido) fueron utilizados en otro estudio para el microencapsulamiento del bioactivo, el panel evaluador no determino en el queso notas características de dulzor, ni en las pruebas individuales ni en las del consenso, lo que concuerda con lo manifestado por Dueñas. et al., (2020) en que la adición de las microcápsulas no afecta las características sensoriales del queso fresco y pasteurizado lo que avala su uso dentro de la industria alimentaria como método para prolongar la vida útil del producto.

También es importante reconocer que un factor condicionante en los atributos del queso fresco tiene que ver con la definición de la pauta de elaboración del producto que para este caso quedó consignada en la carta tecnológica que se levantó; en el control y seguimiento de la formulación, como también las variables de control y sus especificaciones.

Conclusiones

En esta investigación se logró establecer una formulación y condiciones de fabricación para un queso fresco con adición de aceite micro encapsulado extraído de microalga *Parachlorella kessleri* como aspectos relevantes en la estandarización de procesos, lo que más ayudo a conseguir estos resultados fue la información obtenida de literatura científica, el trabajo de campo desarrollado en cuanto a ensayos preliminares estructurados en un diseño experimental y normatividad vigente nacional e internacional aplicable a matrices alimentarias de origen lácteo. En esta investigación se obtuvieron resultados satisfactorios a escala piloto mediante la formulación y determinación de un modelo de elaboración del queso fresco el cual esta consignado en el diagrama de flujo, balance de masa, ficha técnica, y la descripción por etapa del proceso en donde se establecieron las especificaciones y parámetros técnicos obtenidos en esta investigación que permiten a futuro escalar la producción de queso fresco con adición del micro encapsulado a nivel industrial.

En la investigación también se consiguió identificar el perfil de ácidos grasos y características fisicoquímicas del queso fresco con adición de aceite micro encapsulado extraído de microalga *Parachlorella kessleri* para establecer sus propiedades nutricionales. Lo más importante fue que a partir de los resultados del análisis en el queso fresco, las muestras desarrolladas aportan ácidos grasos mono insaturados, poliinsaturados y ácidos grasos esenciales omega-3; el queso fresco proporciona un 37,6% de monoinsaturados, 5,7% de poliinsaturados y para ácidos grasos omega-3 del 13,3% del total de grasa que contiene el alimento. También de acuerdo con las recomendaciones de ingesta de EPA y DHA dadas por la Sociedad Internacional para el Estudio de Ácidos Grasos y Lípidos; el queso fresco aporta un 36% de la ingesta/día. Lo anterior, indica que su consumo puede contribuir a una alimentación saludable y prevención de

enfermedades crónicas no transmisibles. Por otro lado, las formulaciones para el queso fresco contemplaron utilizar menos cantidad de sal (0,2%) para el queso fresco con resultados satisfactorios en cuanto al contenido de este ingrediente en el producto final lo que permitiría a escala industrial que el etiquetado nutricional evite incluir sellos frontales de advertencia “Alto en sodio” para el queso fresco de acuerdo con la regulación para el etiquetado nutricional en Colombia. Lo anterior, incentivaría el consumo de este tipo de alimentos que van en la misma línea de contribuir en la prevención de enfermedades crónicas no transmisibles.

Los resultados en cuanto a evaluación de las características sensoriales de sabor, olor, textura de un queso fresco con adición de aceite micro encapsulado extraído de microalga *Parachlorella kessleri* con el fin de establecer la aceptabilidad del producto indicaron que el perfil del sabor para el queso fresco para los atributos de sabor, textura y olor evaluados corresponden a características propias de productos de esta naturaleza sin que se hubiera percibido olor, sabor y textura atípicos. Lo anterior indica que el micro encapsulado utilizado en el desarrollo de estos productos cumplió con su propósito de enmascarar sabores, color y olores propios del aceite de manera que no afecte la calidad de las matrices alimentarias en especial las que provienen de origen lácteo como la del queso fresco.

Recomendaciones

El desarrollo de este estudio dio pie para reflexionar que los resultados obtenidos son satisfactorios; pero, deben despertar el interés en la industria alimentaria con el fin de seguir investigando para consolidar resultados que permitan que los componentes bioactivos se mantengan en los alimentos durante y después del procesamiento y hasta que lleguen al organismo humano de manera que se conserven y activen conservando las propiedades funcionales que los caracteriza.

La incorporación de extractos bioactivos en matrices lácteas representa un enorme desafío a nivel tecnológico y científico, por tanto, se recomienda realizar investigaciones a escala industrial en donde sea posible evaluar la actividad en quesos frescos con adición de extracto bioactivo de microalgas.

La vinculación y fortalecimiento entre el estado, empresa y academia son fundamentales en el desarrollo de este tipo de investigaciones, ya que favorece la generación de nuevos conocimientos articulados al interés por el crecimiento departamental en temas de ciencia, innovación y tecnología lo cual puede representar un gran impacto en la mejora de la productividad, la competitividad y beneficio en las regiones; por tanto la recomendación se encamina a identificar estrategias que propicien una efectiva articulación de esta triada estado, empresa y academia para el fortalecimiento de la investigación en proyectos innovadores.

Referencias bibliográficas

- Agronet. (2018). *Industria del yogur sigue creciendo en Colombia*. 19 de Junio.
<https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Industria-del-yogur-sigue-creciendo-en-Colombia.aspx>
- Alava, C. (2010). *INCIDENCIA DE LA HUMEDAD Y DEL TIEMPO DE ALMACENAMIENTO DEL QUESO CASERO EN LA CIUDAD DE PASTO: IMPLICACIONES EN SUS CARACTERÍSTICAS SENSORIALES DE OLOR, SABOR Y TEXTURA* [UNIVERSIDAD PARA LA COOPERACIÓN INTERNACIONAL (UCI)].
<https://www.ucipfg.com/biblioteca/items/show/655>.
- Alava, C., Gomez, M., & Maya, J. (2014). *Caracterización fisicoquímica del suero dulce obtenido de la producción de queso casero en el municipio de Pasto*. 22–32.
<https://doi.org/10.23850/24220582.110>
- Ashwell, M. (2004). Conceptos sobre los alimentos funcionales. In *ILSI Europe concise Monograph series*. <https://www.chilebio.cl/wp-content/uploads/2015/09/Conceptos-sobre-alimentos-funcionales.pdf>
- Asociación Nacional de Productores de Leche (ANALAC). (2022). *Boletín de indicadores Panorama general*. <https://analac.org/wp-content/uploads/2023/01/NOV-2022-BOLETIN-INDICADORES-ANALAC.pdf>
- Asoleche. (2020). *La leche en cifras: marzo-abril de 2020*. 1–48. <https://asoleche.org/wp-content/uploads/2019/10/La-Leche-en-Cifras-mayo-2020.pdf>
- Aulestia-Guerrero, E. M., & Capa-Mora, E. D. (2020). Una mirada hacia la inseguridad alimentaria sudamericana. *Ciencia e Saude Coletiva*, 25(7), 2507–2517.
<https://doi.org/10.1590/1413-81232020257.27622018>

- Bahagat, K. A., Elhady, M., Aziz, A. A., Youness, E. R., & Zakzok, E. (2019). Omega-6/omega-3 ratio and cognition in children with epilepsy. *Anales de Pediatría*, *91*(2), 88–95.
<https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2018.07.015>
- Bakry, A., Abbas, S., Ali, B., Majeed, H., Abouelwafa, M., Mousa, A., & Liang, L. (2016). Microencapsulation of Oils: A Comprehensive Review of Benefits, Techniques, and Applications. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, *15*(1), 143–182.
<https://doi.org/10.1111/1541-4337.12179>
- Barcina, Y., & Ibáñez, F. (2001). *Análisis sensorial de alimentos: métodos y aplicaciones* (T. & Francis. (ed.)).
- Batchu, S., Chaudhary, K., Wiebe, G., & Seubert, J. (2013). *Bioactive Compounds in Heart Disease, Chapter 28. Bioactive Food as Dietary Interventions for Cardiovascular Disease* (University of Alberta (ed.); Edmonton, A).
- Beltran, R. (2016). Alimentos funcionales. *Nutrición*, *30*, 3–5. <https://www.elsevier.es/es-revista-farmacia-profesional-3-pdf-X0213932416546681%0A>
- Bermúdez-aguirre, D., & Barbosa-cánovas, G. V. (2012). *Fortificación de queso fresco , cheddar y mozzarella utilizando fuentes seleccionadas de omega-3 y algunos enfoques no térmicos* Machine Translated by Google. *133*, 787–797.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.093>
- Bermúdez, D., & Barbosa, G. (2012). *Fortification of queso fresco , cheddar and mozzarella cheese using selected sources of omega-3 and some nonthermal approaches*. *133*, 787–797. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.01.093>
- Cabrera, M., Gonzalez, J., Colominas, A., & Monte-Martinez, A. (2022). Encapsulación de bioproductos: Principales técnicas y aplicaciones en la industria alimentaria de los

- últimos 20 años. *REVISTA CUBANA DE CIENCIAS BIOLÓGICAS*, 10(June), 1–11.
- Cai, M. (2019). Fruit-based functional food. In *The Role of Alternative and Innovative Food Ingredients and Products in Consumer Wellness*. Elsevier, 35–72. <https://doi.org/>.
<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816453-2.00002-4>.
- Caleja, C., Ribeiro, A., Barros, L., Barreira, J. C. M., Antonio, A. L., Oliveira, M. B. P. P., Barreiro, M. F., & Ferreira, I. C. F. R. (2016). Cottage cheeses functionalized with fennel and chamomile extracts: Comparative performance between free and microencapsulated forms. *Food Chemistry*, 199, 720–726. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.085>
- CAMARA DE COMERCIO DE IPIALES. (2019). *Ruta de Lácteos de Nariño: HOJA DE RUTA CLUSTER LÁCTEO - NARIÑO*. [file:///C:/Users/INTEL/Downloads/1a Presentación Pública- Nariño \(3\).pdf](file:///C:/Users/INTEL/Downloads/1a%20Presentaci%C3%B3n%20P%C3%9Ablica-%20Nari%C3%B1o%20(3).pdf)
- Cardoso, L. G., Bordignon Junior, I. J., Vieira da Silva, R., Mossmann, J., Reinehr, C. O., Brião, V. B., & Colla, L. M. (2020). Processed cheese with inulin and microencapsulated chia oil (*Salvia hispanica*). *Food Bioscience*, 37(August).
<https://doi.org/10.1016/j.fbio.2020.100731>
- Castrillón, M. (2018). *Análisis de la situación y recomendaciones de política y bioeconomía. Anexo 2. Análisis del sector de alimentos y bebidas. Informe realizado para Biointropic. Medellín. Colombia*. [https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Bioeconomia/Informe 2/ANEXO 2_Análisis sector alimentos%0A y bebidas.pdf.%0A](https://www.dnp.gov.co/Crecimiento-Verde/Documents/ejes-tematicos/Bioeconomia/Informe%202/ANEXO%202_Análisis%20sector%20alimentos%20y%20bebidas.pdf)
- Ceron, L. (2022). *Evaluación del efecto de la aplicación secuencial de factores fisicoquímicos en la producción de lípidos insaturados de la microalga Parachlorella kessleri en un biorreactor de columna de burbujeo*. [Trabajo de grado inédito para optar al título de

bióloga].Universidad de Nariño.

- Chamorro, A., Pacheco, M., & Tamayo, M. (2016). *Estudio científico sobre la adición de Omega-3 (DHA/EPA) para el mejoramiento cognitivo de niños menores de cinco (5) años* [Corporación Universitaria Lasallista].
http://repository.unilasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/1771/1/Estudio_cientifico_a_dicion_Omega3.pdf
- Choudhury, N., Meghwal, M., & Das, K. (2021). Microencapsulation: An overview on concepts, methods, properties and applications in foods. *Food Frontiers*, 2(4), 426–442.
<https://doi.org/10.1002/fft2.94>
- Comunian, T., Chaves, I., Thomazini, M., Moraes, I., Ferro-Furtado, R., de Castro, I., & Favaro-Trindade, C. (2017). Development of functional yogurt containing free and encapsulated echium oil, phytosterol and sinapic acid. *Food Chemistry*, 237, 948–956.
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.06.071>
- Conchillo, A., Valencia, I., Puente, A., Ansorena, D., & Astiasarán, I. (2006). Componentes funcionales en aceites de pescado y de alga. *Nutricion Hospitalaria*, 21(3), 369–373.
http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0212-16112006000300013&lng=es&tlng=pt.
- Congreso de Colombia. (2021). *Ley 2120. MEDIDAS PARA FOMENTAR ENTORNOS ALIMENTARIOS SALUDABLES Y PREVENIR ENFERMEDADES NO TRANSMISIBLES*.
https://funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=168029
- CONtexto Ganadero. (2021). *Nariño y Caquetá, departamentos que le apuestan al clúster lácteo*.
<https://www.contextoganadero.com/economia/narino-y-caqueta-departamentos-que-le>

apuestan-al-cluster-lacteo

Crespo, M. (2019). *Determinación de la reducción de sodio en queso Palmito no perceptible para los consumidores y su efecto sobre el peñil de textura*. [Universidad de Costa Rica].

<http://repo.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/15751/1/45081.pdf>

Davila, M., Granja, P., & Zambrano, V. (2020). *Micro y nano encapsulación de fitoesteroles y omega-3 en la producción de alimentos funcionales: una revisión bibliográfica*.

<https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/10097>

Departamento de Agricultura de Estados Unidos. (2015). *Glosario de terminos*.

<https://lod.nal.usda.gov/nalt/17238>

Departamento nacional de estadísticas. DANE. (2018). *Resultados Censo Nacional de Población y Vivienda 2018 - Pasto, Nariño*.

Departamento Nacional de Planeacion; Consejo Nacional de Política Económica Social;

República de Colombia. (2011, March 28). *Modificacion a Conpes Social 91 del 14 De Junio de 2005: “Metas y Estrategias de Colombia para el Logro de los Objetivos de Desarrollo del Milenio-2015”- (Documento Conpes Social 140.)*.

Departamento Nacional de Planeacion; Consejo Nacional de Política Económica Social;

República de Colombia. (2021, December). *POLÍTICA NACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN 2022 2031 -(DOCUMENTO CONPES 4069)*.

Departamento Nacional de Planeación –DNP. (2018). *Plan de Desarrollo Nacional: Pacto por Colombia, Pacto por la equidad para el período 2018 – 2022*.

<https://id.presidencia.gov.co/especiales/190523-PlanNacionalDesarrollo/index.htm>

Departamento Nacional de Planeación, & Consejo Nacional de Política Económica Social.

(2008). *Politica Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PSAN) - (Documento*

Conpes 113).

- Díaz, M., Reyes, L., & Solano, O. (2020). Application of a multiscale approach in the substitution and reduction of NaCl in costeño-type artisan cheese. *Applied Sciences (Switzerland)*, *10*(24), 1–11. <https://doi.org/10.3390/app10249008>
- Donovan, S. M., & Goulet, O. (2019). Introduction to the Sixth Global Summit on the Health Effects of Yogurt: Yogurt, More than the Sum of Its Parts. *Advances in Nutrition*, *10*(5), 913S–916S. <https://doi.org/10.1093/advances/nmz017>
- Dueñas., H., Bermello., S., Burgos., G., & Alcívar., U. (2020). Encapsulado de aceite esencial de albahaca morada (*Ocimum sanctum*) aplicado como agente antimicrobiano, en queso criollo y pasteurizado. *Polo Del Conocimiento*, *5*(8), 819–834. <https://doi.org/10.23857/pc.v5i8.1625>
- Espinoza, J. (2007). *Evaluación Sensorial de los Alimentos* (E. Universitaria (ed.)). <http://revistas.mes.edu.cu/EDUNIV/legalcode-ar.htm>
- Eussen, S. R. B. M., Verhagen, H., Klungel, O. H., Garssen, J., Van Loveren, H., Van Kranen, H. J., & Rompelberg, C. J. M. (2011). Functional foods and dietary supplements: Products at the interface between pharma and nutrition. *European Journal of Pharmacology*, *668*(SUPPL. 1), 2–9. <https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2011.07.008>
- FAO, FIDA, UNICEF, PMA, & OMS. (2021). El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2021. In *El estado de la seguridad alimentaria y la nutrición en el mundo 2021*. <https://doi.org/10.4060/cb4474es>
- Farías, M., Cuevas, A., Ducci, H., & Magdalena, M. (2013). Beyond sodium: changes in diet and its effect on hypertension. *Chilean Journal of Cardiology*, *32*, 141–151. <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rchcardiol/v32n2/art09.pdf>

- Fedorova, I., Marone, P., Bailey, E., & Ryan, A. (2011). Safety evaluation of Algal Oil from *Schizochytrium* sp. *Food and Chemical Toxicology*, *49*(1), 70–77.
<https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.09.033>
- Feliu, M. S., Fernández, I., & Slobodianik, N. (2021). Importancia de los ácidos grasos omega 3 en la salud. *Actualización En Nutrición*, *22*(1), 25–32.
<https://doi.org/10.48061/san.2021.22.1.25>
- Fernandes, R., Botrel, D., Monteiro, P., Borges, S., Souza, A., & Mendes, L. (2018). Microencapsulated oregano essential oil in grated Parmesan cheese conservation. *International Food Research Journal*, *25*(2), 661–669. <http://www.ifrj.upm.edu.my>
- Fernandes, R., Guimarães, I., Ferreira, C., Botrel, D., Borges, S., & Souza, A. (2017). MICROENCAPSULATED ROSEMARY (ROSMARINUS OFFICINALIS) ESSENTIAL OIL AS A BIOPRESERVATIVE IN MINAS FRESCAL CHEESE. *Journal of Food Processing and Preservation*, *41*(1), 1–9.
<https://doi.org/10.1111/jfpp.12759>
- Fernandes, R. V. de B., Guimarães, I. C., Ferreira, C. L. R., Botrel, D. A., Borges, S. V., & de Souza, A. U. (2017). Microencapsulated Rosemary (*Rosmarinus officinalis*) Essential Oil as a Biopreservative in Minas Frescal Cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, *41*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1111/jfpp.12759>
- Flórez, D., Contreras-Pedraza, C., Escobar, S., & Rodríguez, J. (2022). Key Drivers for Non-Centrifugal Sugar Cane Research, Technological Development, and Market Linkage: A Technological Roadmap Approach for Colombia. *Sugar Tech*, *25*(2), 373–385.
<https://doi.org/10.1007/s12355-022-01200-9>
- Gámez, J. (2020). Avances En La Determinación De Compuestos Bioactivos En Alimentos.

- Revista Agrollania de Ciencia y Tecnología*, 19, 7–17.
<http://revistas.unellez.edu.ve/index.php/agrollania/article/view/960>
- García, J., de Vicente, M., & Galán, B. (2017). Microalgae, old sustainable food and fashion nutraceuticals. *Microbial Biotechnology*, 10(5), 1017–1024.
<https://doi.org/10.1111/1751-7915.12800>
- García, J., Vicente, M., & Galán, B. (2018). Presente y Futuro del Cultivo de las Microalgas para su uso como Superalimentos. *Mediterráneo Económico*, 29(2), 333–350.
- Gobernacion de Nariño. (2020). *Plan Decenal Derecho Humano a una Alimentación y Nutrición Adecuada - DHANA, NUESTRO NARIÑO AL DERECHO POR LA ALIMENTACIÓN Y POR LA NUTRICIÓN*. <https://sitio.narino.gov.co/wp-content/uploads/2020/12/Plan-decenal-DHANA-2020-2029.pdf>
- Gobernacion de Nariño., & Instituto Departamental De Salud (IDSN). (2015). *PLAN DE SALUD TERRITORIAL “Salud para el Buen Vivir.”*
<https://www.minsalud.gov.co/plandecenal/Paginas/mapa/Analisis-de-Situacion-Salud-Narino.pdf>
- Gobernacion de Nariño. (2020). *Plan de Desarrollo Departamental: Mi Nariño, en Defensa de lo Nuestro, 2020-2023*. <https://rap-pacifico.gov.co/wp-content/uploads/2020/07/Plan-de-Desarrollo-Mi-Nariño-en-Defensa-de-lo-Nuestro-2020-2023-2.pdf>
- Gobierno de Colombia. (2012). *Plan Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PNSAN) 2012 -2019*. <https://www.icbf.gov.co/sites/default/files/pnsan.pdf>
- Gomez, B., Sepulveda, J., Alzate, A., Herrera, J., & Rojano, B. (2020). Evaluación oxidativa, microbiológica, sensorial y perfil de ácidos grasos de un yogur con ácido docosahexaenoico (DHA) extraído de aceite de microalgas. *Rev Chil Nutr*, 47(4):, 568-

579. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000400568>
- Gómez, B., Sepulveda, J., Alzate, A., Herrera, J., & Rojano, B. (2020). Evaluación oxidativa, microbiológica, sensorial y perfil de ácidos grasos de un yogur con ácido docosahexaenoico (DHA) extraído de aceite de microalgas. *Nutr, Rev Chil*, 47(4), 568–579. <https://doi.org/10.4067/S0717-75182020000400568>
- Gomez, L., Posada, S., Olivera, M., Noguera, R., & Aguirre, P. (2017). *Acuerdo Con La Variación De La Fuente De Carbohidrato Utilizada En El Suplemento De Vacas Holstein. 1*, 9–22. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.19052/mv.4251>
- Goncalvez de Oliveira, E., Paz, F., Villalva, F., Armada, M., & Ramón, A. (2013). Una mirada hacia los ácidos grasos omega 3: aspectos generales e incorporación a productos alimenticios. *Revista de La Facultad de Ciencias de La Salud*, 1(5), 26–31. <https://ri.conicet.gov.ar/handle/11336/130360>
- Goodman, S. (2008). A Dirty Dozen: Twelve P-Value Misconceptions. *Seminars in Hematology*, 45(3), 135–140. <https://doi.org/10.1053/j.seminhematol.2008.04.003>
- Gul, K., Singh, A., & Jabeen, R. (2016). Nutraceuticals and Functional Foods: The Foods for the Future World. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 56(16), 2617–2627. <https://doi.org/10.1080/10408398.2014.903384>
- Gutiérrez, H., & Salazar, R. (2012). *Análisis y diseño de experimentos* (México D.F: (3a. ed.)). McGrawHill (ed.)).
- Guzmán, V., & Caldera, Y. (2019). *Compuestos Bioactivos en Alimentos Funcionales y Suplementos Alimenticios: Rol en la Salud, Prevención de Enfermedades y Regulación en Latinoamérica y El Mundo*.
- Hernandez, A. (2020). *Desarrollo de Sistemas Microencapsulados de Aceite Esencial de Cubeba*

(Piper Cubeba L.) en Matrices de Biopolímeros por Spray-Drying: Aplicación Potencial como Sistemas de Liberación Lenta de Atrayentes para el Escarabajo Xyleborus Glabratus.

Hernández, C., Iliina, A., Ventura, J., Belmares, R., Contreras, J., Álvarez, G., & Martínez, J.

(2016). La microencapsulación de bioactivos para su aplicación en la industria. *Instituto Cubano de Investigaciones de Los Derivados de La Caña de Azúcar Cuba ICIDCA*, 50, 12–19. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=223148420003>

Hernandez, E. (2005). *Evaluacion Sensorial* (Bogotá D.C. Universidad Nacional Abierta y a Distancia (ed.)).

Hoyos, T. C. (2018). *Caracterizacion del aceite extraido de cuatro especies de microalgas antarticas promisorias para su posible uso en el desarrollo de alimentos funcionales.*

[Universidad Central del Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/15964>

ICONTEC. (2014). *GTC 165. Analisis sensorial. Metodologia. Guia General.*

Instituto de Nutricion de Centro America y Panama (INCAP). (2020). *Análisis Sensorial para control de calidad de los alimentos.* 3 de Marzo.

<http://www.incap.int/index.php/es/noticias/201-analisis-sensorial-para-control-de-calidad-de-los-alimentos>

INVIMA. (2019). *Diferencia entre alimento y suplemento dietario.* 08 Agosto.

<https://www.invima.gov.co/diferencia-entre-alimento-y-suplemento-dietario>

Jeong, H., Lee, Y., Ganesan, P., & Kwak, H. (2017). Food Science of Animal Resources ties of Queso Blanco Cheese Supplemented with Powdered Microcapsules of Tomato Extracts.

Korean Journal for Food Science of Animal Resources, 37(3), 342–350.

<https://doi.org/https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.3.342>

- Kim, Y., Nam, M., & Bae, H. (2017). Characteristics of gouda cheese supplemented with chili pepper extract microcapsules. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 37(6), 833–839. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2017.37.6.833>
- Krienitz, L., Hegewald, E., Hepperle, D., Huss, V., Rohr, T., & Wolf, M. (2004). Phylogenetic relationship of *Chlorella* and *Parachlorella* gen. nov. (Chlorophyta, Trebouxiophyceae). *Phycologia*, 43(5), 529–542. <https://doi.org/10.2216/i0031-8884-43-5-529.1>
- Kwak, H., Chimed, C., Yoo, S., & Chang, Y. (2016). Physicochemical and sensory properties of Appenzeller cheese supplemented with powdered microcapsule of tomato extract during ripening. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 36(2), 244–253. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2016.36.2.244>
- Lamichhane, P., Kelly, A., & Sheehan, J. (2018). Symposium review: Structure-function relationships in cheese. *Journal of Dairy Science*, 101(3), 2692–2709. <https://doi.org/10.3168/jds.2017-13386>
- Latorre, C. (2020). *Evaluación del efecto de la fuente de carbono sobre el crecimiento y la composición bioquímica de la microalga Parachlorella kessleri* [Universidad Nacional de Colombia]. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/78153>
- Liu, L., Pohnert, G., & Wei, D. (2016). Extracellular metabolites from industrial microalgae and their biotechnological potential. *Marine Drugs*, 14(10), 1–19. <https://doi.org/10.3390/md14100191>
- Lopera, S., Chamorro, A., Pacheco, M., & Tamayo, M. (2016). *Estudio científico sobre la adición de Omega-3 (DHA/EPA) para el mejoramiento cognitivo de niños menores de cinco (5) años*. <http://hdl.handle.net/10567/1771>
- Lorenzo, A., Bermejo, L., Rodriguez, E., Ortega, R., & Lopez, A. (2020). Matriz láctea:

- beneficios nutricionales y sanitarios de la interrelación entre sus nutrientes. *Nutrición Hospitalaria*, 37(N.º Extra 2), 13–17.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.20960/nh.03350>
- Luna, J., López, J., Jiménez, O., & Luna, L. (2016). Microencapsulación de algunos compuestos bioactivos mediante secado por aspersión / Microencapsulation of some bioactive compounds through spray drying. *CIBA Revista Iberoamericana de Las Ciencias Biológicas y Agropecuarias*, 5(10), 39. <https://doi.org/10.23913/ciba.v5i10.56>
- Madene, A., Jacquot, M., Scher, J., & Desobry, S. (2006). Flavour encapsulation and controlled release - A review. *International Journal of Food Science and Technology*, 41(1), 1–21.
<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2005.00980.x>
- Manfugas, E. (2007). *Evaluación sensorial de alimentos*. Editorial Universitaria.
- Marchena, L. A. U., Parra, G. A. M., Quiroz, M. A. C., Henao, D. C., Zapata, P. A., Mira, L. L., Castaño, E., López, Á. M. S., Vanegas, C. V., & Loaiza, M. C. (2011). Efecto de los compuestos bioactivos de algunos alimentos en la salud. *Perspectivas En Nutrición Humana*, 11(1), 27–38.
- Martirosyan, D., Mawuntu, M., & Gur, J. (2018). FFC ' s Advancement of Functional Food Definition. *Functional Foods in Health and Disease*, 8(7), 385–397.
<https://doi.org/10.31989/ffhd.v8i7.531>
- Maturana, G. S. L., Otálora, J. C. V., Rozo, C. C. L., Borda, B. C. E., Suárez, M. R., Pacheco, M. C., Virgüéz, O. D. V., Amador, J. A. R., & Hernández, D. R. D. (2021). Análisis del Sector Lácteo en Colombia: Evidencia para el periodo 2010-2020. *Estudios Económicos Sectoriales*. https://www.sic.gov.co/sites/default/files/documentos/032022/ES-SLC_Version-publica.pdf

- Meléndez, M., Montserrat, A., & Ventura, N. (2020). Perspectives and Impact on Health From Functional Food and Nutraceutical Consumption in Mexico. *Revista RD*, 6(1), 114–136.
- Melo, A., Turola, R., Cândido de Souza, W., Laís, L., Barboza de Souza, H., Leocárdio, G., Quirino, M., & Sousa, S. (2020). Microencapsulated lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) essential oil: A new source of natural additive applied to Coalho cheese. *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(10). <https://doi.org/10.1111/jfpp.14783>
- Mendoza, C. (2018). *ALIMENTOS FUNCIONALES DERIVADOS DE LA MATRIZ LÁCTEA, CON INCLUSIÓN DE ÁCIDOS GRASOS ESENCIALES: UNA REVISIÓN DE LITERATURA*. <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/39287>
- Meza, E., Nuñez, B., & Maldonado, O. (2018). Evaluación de la composición nutricional de alimentos procesados y ultraprocesados de acuerdo al perfil de alimentos de la Organización Panamericana de la Salud, con énfasis en nutrientes críticos. *Mem. Inst. Investig. Cienc. Salud*, 16(1), 54–63.
- Ministerio de la protección social. (2011). *RESOLUCIÓN 333: Requisitos de rotulado o etiquetado nutricional para alimentos envasados para consumo humano*. <https://scj.gov.co/es/transparencia/marco-legal/normatividad/resolución-333-2011>
- Mohanty, S., & Singhal, K. (2018). Functional Foods As Personalised Nutrition: Definitions and Genomic Insights. *Functional Food and Human Health*, 1–694. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-1123-9>
- Molino, A., Iovine, A., Casella, P., Mehariya, S., Chianese, S., Cerbone, A., Rimauro, J., & Musmarra, D. (2018). Microalgae characterization for consolidated and new application in human food, animal feed and nutraceuticals. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(11), 1–21. <https://doi.org/10.3390/ijerph15112436>

- Mtaki, K., Kyewalyanga, M., & Mtolera, M. (2021). Supplementing wastewater with NPK fertilizer as a cheap source of nutrients in cultivating live food (*Chlorella vulgaris*). *Annals of Microbiology*, *71*(1), 0–13. <https://doi.org/10.1186/s13213-020-01618-0>
- Nova, P., Martins, A. P., Teixeira, C., Abreu, H., Silva, J. G., Silva, A. M., Freitas, A. C., & Gomes, A. M. (2020). Foods with microalgae and seaweeds fostering consumers health: a review on scientific and market innovations. *Journal of Applied Phycology*, *32*(3), 1789–1802. <https://doi.org/10.1007/s10811-020-02129-w>
- Ortiz, N., Ochoa, L., Gonzáles, S., Rutiaga, O., & Gallegos, J. (2021). Avances en las investigaciones sobre la encapsulación mediante gelación iónica: una revisión sistemática. *TecnoLógicas*, *24*(52), 1–19. <https://revistas.itm.edu.co/index.php/tecnologicas/article/view/1962/2123>
- Osorio, M. (2018). Técnicas modernas en el análisis sensorial de los alimentos [[Tesis de pregrado].Universidad Nacional Agraria La Molina]. In *Universidad Nacional Agraria La Molina*. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/3230>
- Pacheco, M. (2018). Determinación de la concentración mínima de cloruro de sodio que se puede reducir en un queso fresco sin que sea perceptible para los consumidores utilizando un umbral de diferencia y su efecto sobre el desuerado y perfil de textura. *Repositorio.Sibdi.Ucr.Ac.Cr*, 1–107. <http://repositorio.sibdi.ucr.ac.cr:8080/jspui/bitstream/123456789/5974/1/42588.pdf>
- Padial, M. (2021). *Diseño Y Estabilización De Lípidos Funcionales*. Universidad de Granada.
- Pajaro, N., Mendez, G., Fortich, R., Torrenegra, M., & Vega, J. (2020). de *Cinnamomum verum* J . mediante secado antioxidante activity. *Revista Cubana De Farmacia*, *51*(2), 1–15. <https://revfarmacia.sld.cu/index.php/far/article/view/227/133>

Parra, A. (2010). Revisión: Microencapsulación de Alimentos. *Rev.Fac.Nal.Agr.Medellín*, 63(2), 5669–5684.

Plataforma Colombiana de Derechos Humanos Democracia y Desarrollo (PCDHDD). (2022). *Alerta por el hambre en Colombia - Pronunciamiento sobre la situación de inseguridad alimentaria en Colombia*. <https://ddhhcolombia.org.co/2022/02/03/alerta-por-el-hambre-en-colombia-pronunciamiento-sobre-la-situacion-de-inseguridad-alimentaria-en-colombia/%0A%0A>

Posada, S., & Gomez, B. (2012). *Posibilidades De Penetracion Al Mercado Colombiano Con Alimentos Funcionales*. 90.
<http://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/377/1/ADMO0800.pdf>

Puchades, A. (2021). Efecto y consecuencias del cambio climático en el contenido de omega 3 en el pescado . Análisis de la viabilidad de otras fuentes de omega 3 para la nutrición. *Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y Del Medio Natural (ETSIAM)*., *Grado en ciencia y tecnología de los alimentos*, 8–13.

Ramírez, J., Aguirre, J., Aristizabal, V., & Castro, S. (2016). La sal en el queso: diversas interacciones. *Agronomía Mesoamericana*, 28(1), 303.
<https://doi.org/10.15517/am.v28i1.21909>

Reyna, E., Alvarez, G., Hernandez, J., & Anna, I. (2015). Microencapsulación de componentes bioactivos. *Investigación y Ciencia, Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 62(64), 11–18. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5490359>

Rios, S., & Gil, M. (2021). Microencapsulación por secado por aspersion de compuestos bioactivos en diversas matrices: una revisión. *TecnoLógicas*, 24(51), e1836.
<https://doi.org/10.22430/22565337.1836>

- Rivera, M., Gutierrez, M., Basilio, J., Caro, J., Contreras, L., Emus, A., & Castillo, R. (2020). Optimización del proceso de microencapsulación de astaxantina con maltodextrina y goma arábiga mediante secado por aspersion. *Investigación y Desarrollo En Ciencia y Tecnología de Alimentos*. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81343176006>
- Rodríguez, J., Rodríguez, A., González, O., & Mesa, M. (2019). Leche y productos lácteos como vehículos de calcio y vitamina D: papel de las leches enriquecidas. *Nutricion Hospitalaria*, 36(4), 962–973. <https://doi.org/10.20960/nh.02570>
- Ruta Pesquera. (2019). *El cultivo de microalgas, una alternativa para frenar la sobrepesca*. Febrero 8. <https://www.rutapesquera.com/el-cultivo-de-microalgas-una-alternativa-para-frenar-la-sobrepesca/>
- Salas-Salvadó, J., Babio, N., Juárez-Iglesias, M., Picó, C., Ros, E., & Aznar, L. A. M. (2018). The importance of dairy products for cardiovascular health: Whole or low fat? *Nutricion Hospitalaria*, 35(6), 1479–1490. <https://doi.org/10.20960/nh.2353>
- Sandoval, I., Darwich, M., Castañeda, M., Torres, W., & Montenegro, L. (2021). Aproximación al tratamiento de aguas residuales del lavado del café con las microalgas *Parachlorella kessreli* y *Desmodesmus armatus*. *Revista Mutis*, 11(2), 32–43. <https://doi.org/10.21789/22561498.1755>
- Severiano, P. (2019). ¿Qué es y cómo se utiliza la evaluación sensorial? *Inter Disciplina*, 7(19), 47. <https://doi.org/10.22201/ceiich.24485705e.2019.19.70287>
- Solarte Portilla, C., Salas, Á. M., & Burgos Paz, W. (2006). El Tlc Con Estados Unidos: Efectos Y Retos Para La Cadena Láctea De Nariño. *Tendencias*, VII(1).
- Swanson, D., Block, R., & Mousa, S. A. (2012). Omega-3 fatty acids EPA and DHA: Health benefits throughout life. *Advances in Nutrition*, 3(1), 1–7.

<https://doi.org/10.3945/an.111.000893>

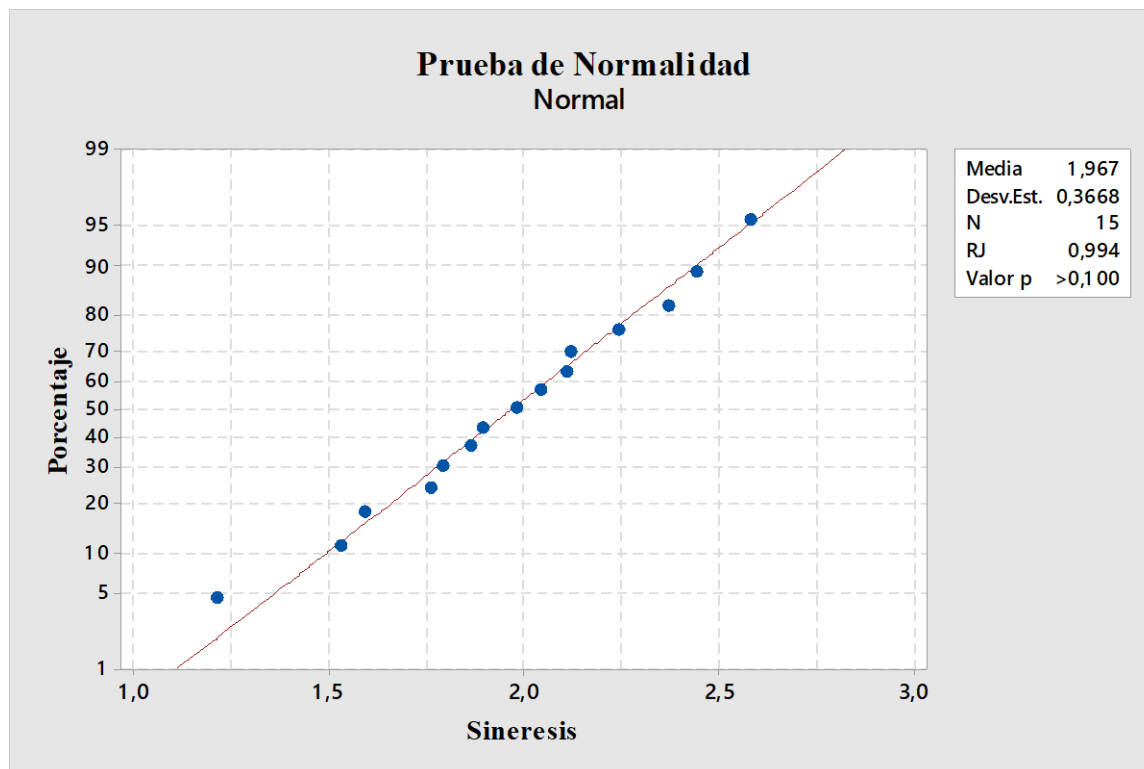
- Tangarife, D., Arias, L., & Zapata, A. (2021). Technological aspects of the microencapsulation bioactive food compounds by spray-drying. *Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 22(1), 1–21. https://doi.org/10.21930/RCTA.VOL22_NUM1_ART:1899
- Toricella, R., Zamora, E., & Pulido, H. (2007). *Evaluación sensorial aplicada la investigación y control de la calidad en la Industria Alimentaria* (Habana: Ed).
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2020). Analisis Prospectivo De La Cadena Lactea Bovina Colombiana. *Minagricultura*, 1(201 8), 45. https://www.andi.com.co/Uploads/20200430_DT_AnalSitLecheLarga_AndreaGonzalez.pdf
- Valenzuela, R. (2020). *LACTEOS: NUTRICION Y SALUD* (Consortio Lechero (ed.); Vol. 59). <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/181877>
- Van Hekken, D., & Farkye, N. (2003). Hispanic Cheeses: The quest for queso. *Food Technology.*, 57, 32–37.
- Van Hekken, D., Tunick, M., Ren, D., & Tomasula, P. (2017). Comparing the effect of homogenization and heat processing on the properties and in vitro digestion of milk from organic and conventional dairy herds. *Journal of Dairy Science*, 100(8), 6042–6052. <https://doi.org/10.3168/jds.2016-12089>
- Vega García, L., Garay Ruiz, I., Diéguez, A. H., & Ganado Miguélez, E. (2021). Beneficios de los ácidos grasos esenciales. *El Farmacéutico*, 596, 24–29.
- Vilanova, M. (2008). *Análisis sensorial descriptivo cuantitativo (QDA) aplicado al estudio del aroma de los vinos gallegos*. CIENCIA. http://www.percepnet.com/cien06_08.htm
- Villamil, R. A., Robelto, G. E., Mendoza, M. C., Guzman, M. P., Cortez, L. Y., Mendez, C. A.,

- & Giha, V. (2020). Desarrollo de productos lácteos funcionales y sus implicaciones en la salud: Una revisión de literatura. *Revista Chilena de Nutrición*, 47(6), 1018–1028.
<http://dx.doi.org/10.4067/S0717-75182020000601018>
- Vioque, J., & Mill, F. (2005). Los péptidos bioactivos en alimentación: nuevos agentes promotores de salud. *Agrocsi*, 1–5. <http://hdl.handle.net/10261/5751>
- Walstra, P., Wouters, J., & Geurts, T. (2006). Dairy Science and Technology Second Edition. New York-Marcel Dekker. *Food Science And Technology*, 147., 140–155.
<https://doi.org/10.1201/9781420028010>
- WFP, & FAO. (2022). *Hunger Hotspots. FAO-WFP early warnings on acute food insecurity: February to May 2022 Outlook. Rome*. <https://doi.org/10.4060/cb8376en>
- Yakdhane, A., Labidi, S., Chaabane, D., Tolnay, A., Nath, A., Koris, A., & Vatai, G. (2021). Microencapsulation of flaxseed oil-state of art. *Processes*, 9(2), 1–16.
<https://doi.org/10.3390/pr9020295>
- Ye, Q., Georges, N., & Selomulya, C. (2018). Microencapsulation of active ingredients in functional foods: From research stage to commercial food products. *Trends in Food Science and Technology*, 78, 167–179. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.05.025>
- Zamora, E. (2007). *Evaluacion Objetiva de la Calidad Sensorial de Alimentos procesados* (E. Universitaria (ed.)).

Apéndices

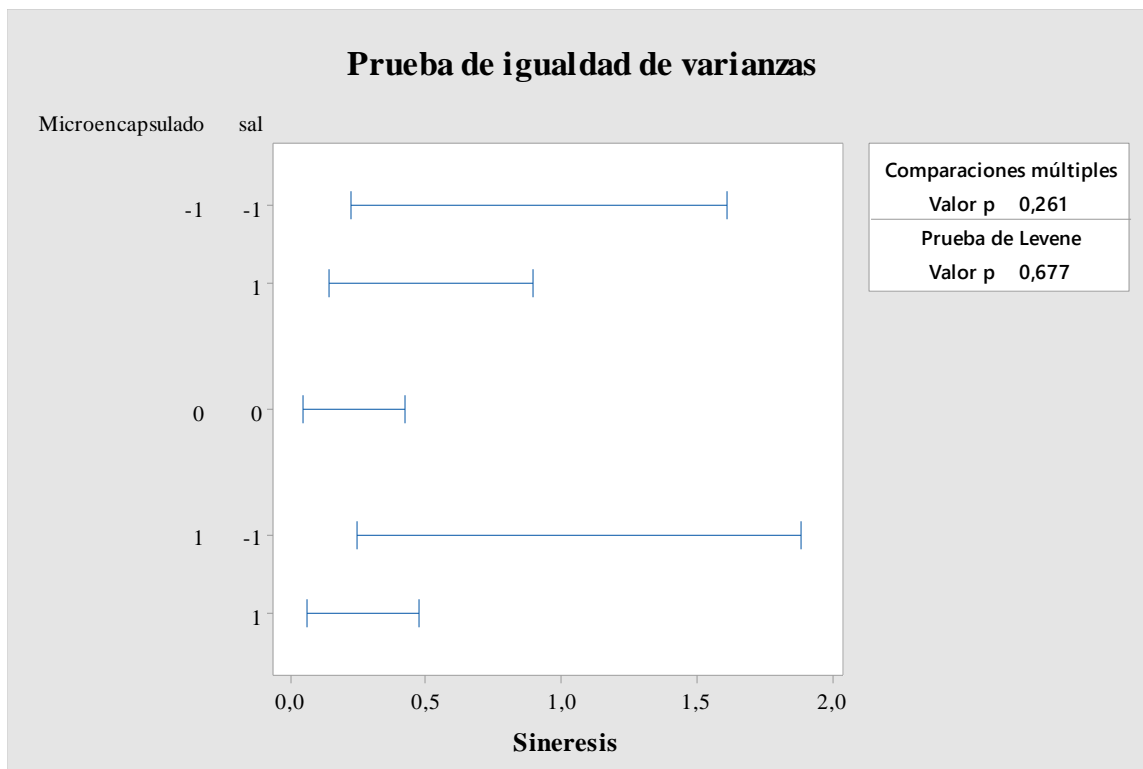
Apéndice A

Prueba de normalidad para análisis de la varianza



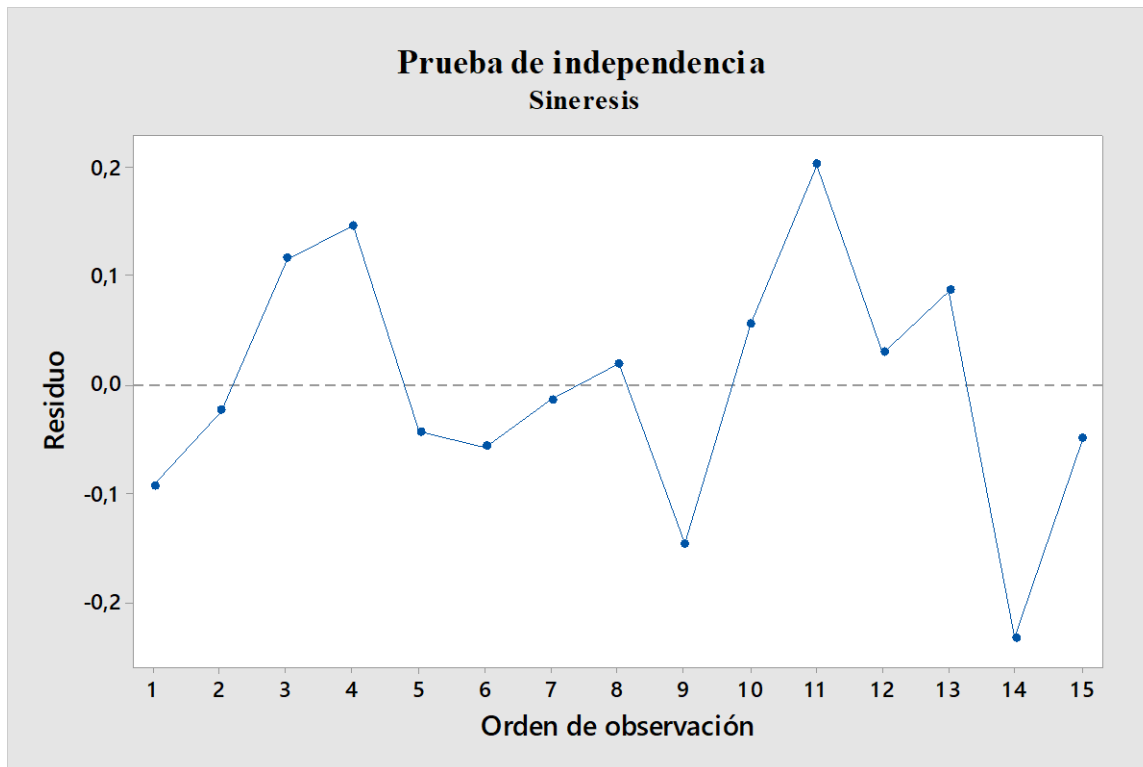
Apéndice B

Prueba de igualdad de varianzas-comparaciones múltiples y prueba de Levene



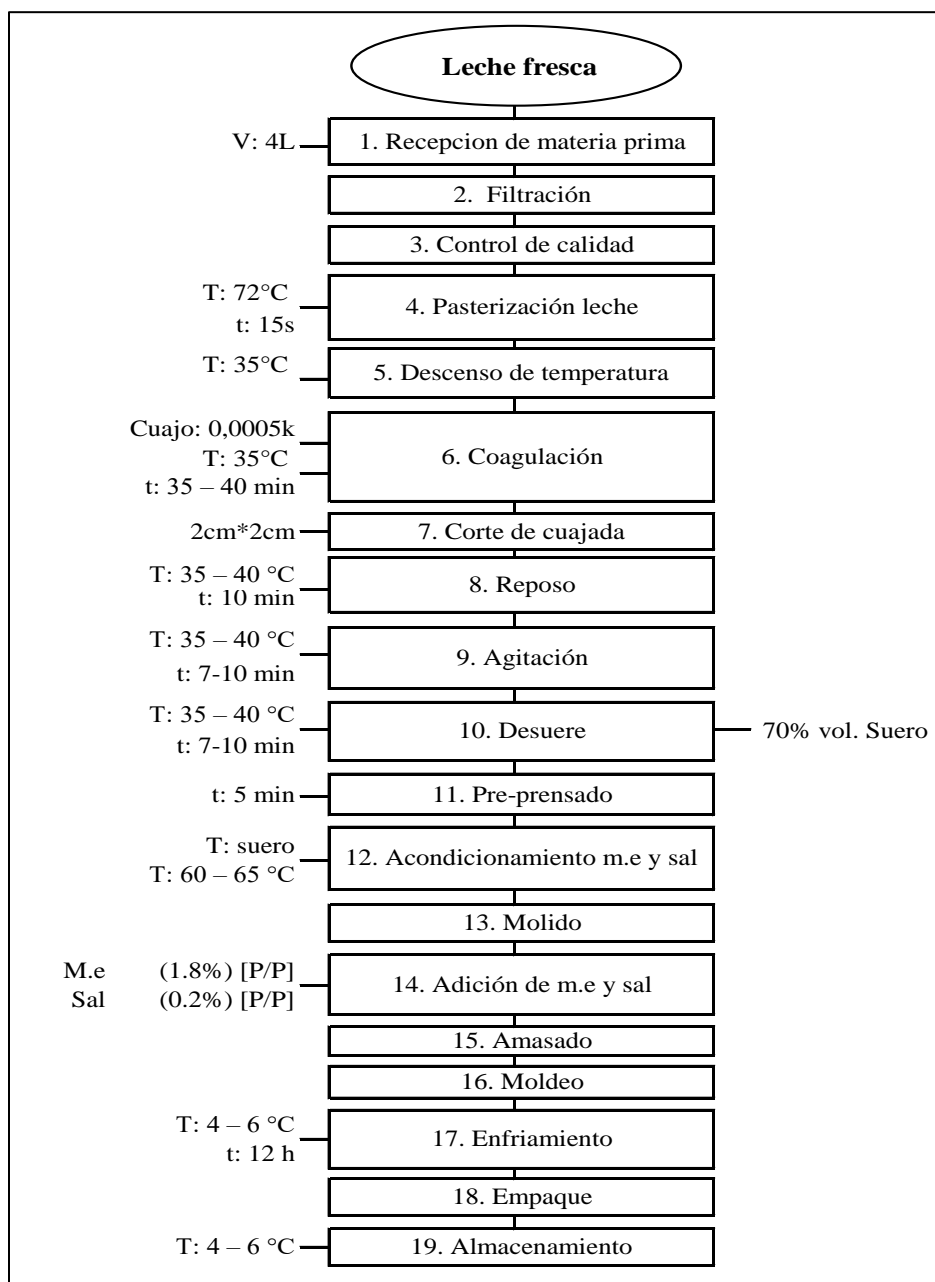
Apéndice C

Prueba de independencia para análisis de la varianza



Apéndice D

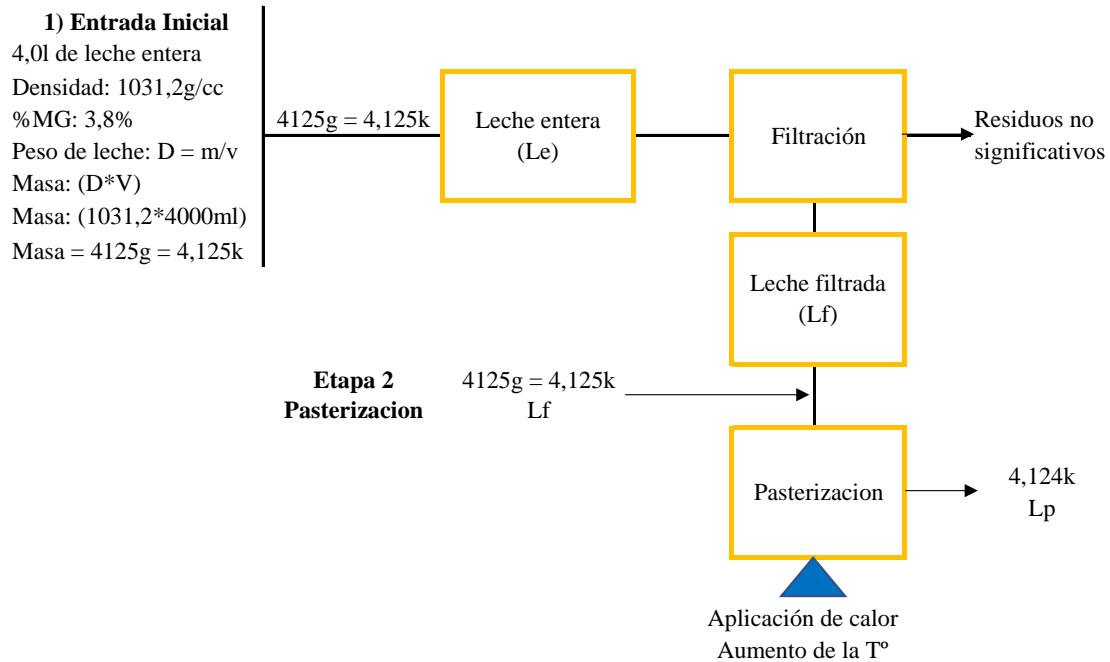
Diagrama de flujo de proceso en bloques para elaboración de queso



Nota. El anexo indica el diagrama de flujo del proceso de elaboración de queso fresco con adición de microencapsulado al (1,8%) y adición de sal al (0,2%).

Apéndice E

Balance de masa, producción de queso fresco con microencapsulado de aceite obtenido de microalga *Parachlorella kessleri*



Cálculos:

Rendimiento en esta etapa en %: $(L_p/L_f) \cdot 100$; despejamos L_p (leche pasteurizada):

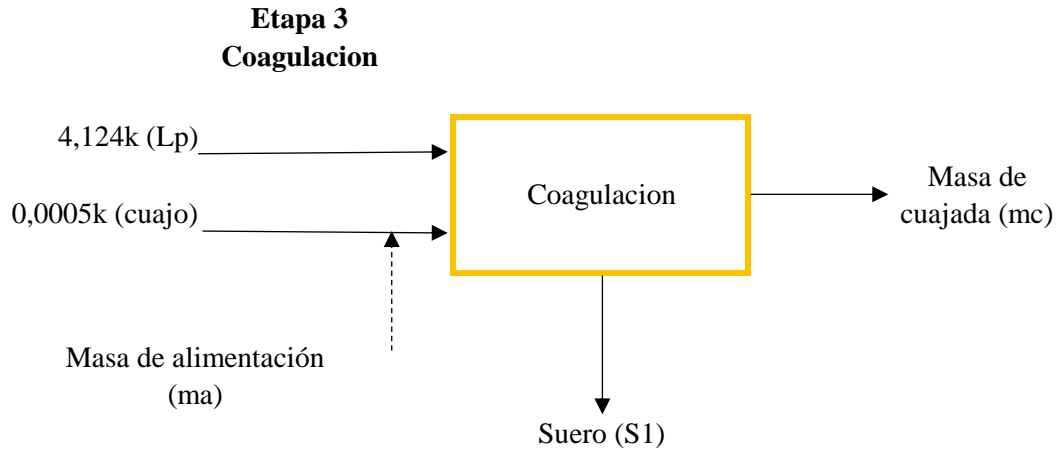
El rendimiento en esta etapa se consideró de un 99,8%

$$L_p = (99,8/100) \cdot 4,125\text{k}; L_p = 4,124\text{kg}$$

$$L_f = L_p + \text{residuos no significativos}$$

$$\text{Residuos no significativos} = (4,125 - 4,124) \text{ kg}$$

$$\text{Residuos no significativos} = 0,001\text{kg}$$



Cálculos:

Masa de alimentación $ma = \Sigma$ (masa de leche pasteurizada Lp + masa de cuajo c)

$$Ma = (4,124 + 0,0005) \text{ kg}$$

$$Ma = 4,1245 \text{ kg}$$

Suero obtenido: 2,8kg

Rendimiento 70%

Rendimiento (%) = (masa de cuajada mc + suero s) / masa de alimentación ma

(Masa de cuajada y suero p) = (Rendimiento/100) * masa de alimentación ma

$$(Masa de cuajada y suero p) = (70/100) * 4,1245$$

$$(Masa de cuajada y suero p) = 2,887 \text{ kg}$$

$$P = 2,887 \text{ kg}$$

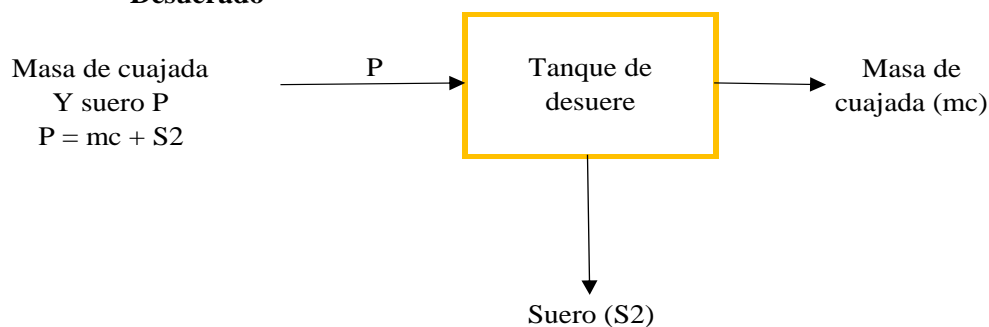
Balance de masa en la tina de coagulación:

$$S1 = ma + p$$

$$S1 = (4,1245 + 2,887) \text{ kg}$$

$S1 = 1,234 \text{ kg}$ que corresponde a la masa de suero en la tina de coagulación

Etapa 4 Desuero



Cálculos:

Rendimiento (%) = $[masa\ de\ cuajada\ (mc) / masa\ de\ cuajada\ y\ suero\ (P)] * 100$

En donde, $mc = (Rendimiento/100) * P$. El desuere fue del 30% [p/p]

Masa de cuajada (mc) = $(30/100) * 2,887$

Masa de cuajada (mc) = 0,866kg

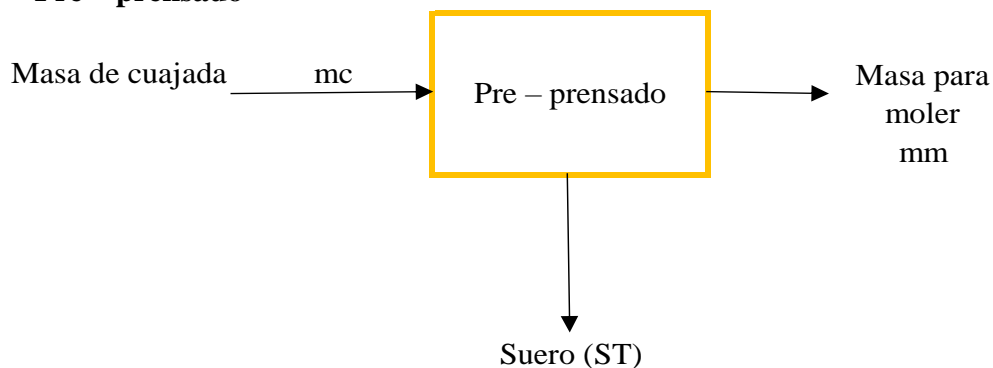
$P = mc + S2$

$S2 = P - mc$

$S2 = (2,887 - 0,866) \text{ kg}$

$S2 = 2,021\text{kg}$, equivalente a la masa de suero que está en el tanque de desuere

Etapa 5 Pre – prensado



En la etapa del pre prensado se tiene un rendimiento del 80% por lo que hay pérdida de suero que se encuentra entre grano y grano de cuajada.

Cálculos

$mc = (ST + mm)$

$$\text{Rendimiento (\%)} = (\text{masa para moler mm} / \text{masa de cuajada mc}) * 100$$

$$\text{En donde, mm} = [\text{Rendimiento (\%)} / 100] * \text{mc}$$

$$\text{mm} = (80/100) * 0,866$$

$$\text{mm} = 0,693\text{kg}$$

ST = mc – mm en la etapa de pre prensado.

$$\text{ST} = (0,866 - 0,693) \text{ kg}$$

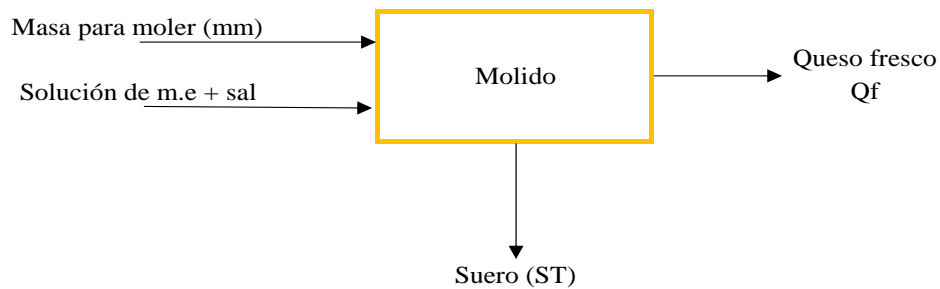
$$\text{ST} = 0,173\text{kg}$$

ST corresponde a masa de suero que se encuentra entre grano y grano de cuajada.

En esta etapa 6 se incorpora solución de suero que contiene microencapsulado y sal. Se utiliza 200g de suero. El rendimiento es del 70% por lo que en el molido se pierden finos de cuajada y solución que contiene suero, m.e y sal.

Etapa 6 Moldeo Molido

Solución de suero, microencapsulado y sal: (de acuerdo con formulación)
200g de suero
72g de microencapsulado de aceite obtenido del alga Parachlorella Kessleri
8g de sal



Cálculos:

$$\text{En donde masa para moler (mm)} = 0,693\text{kg}$$

$$\text{Solución de suero, m.e + sal} = 0,28\text{kg}$$

$$\text{mm} = \text{Qf} + \text{ST}$$

$$\text{Rendimiento (\%)} = (\text{Qf}/\text{mm}) * 100$$

$$\text{Qf} = (\text{Rendimiento}/100) * \text{mm}$$

$$\text{Qf} = (70/100) * (0,693 + 0,28) \text{ kg}$$

$$\text{Qf} = 0,681\text{kg}$$

$$ST = mm - Qf$$

$$ST = (0,973 - 0,681) \text{ kg}$$

$$ST = 0,292 \text{ kg}$$

ST corresponde a masa de suero que contiene finos de cuajada y solución de suero con microencapsulado y sal.

7. Amasado

No se tuvieron residuos o pérdidas

8. Moldeo

No se tuvieron residuos o pérdidas

9. Empaque

No se tuvieron residuos o pérdidas.

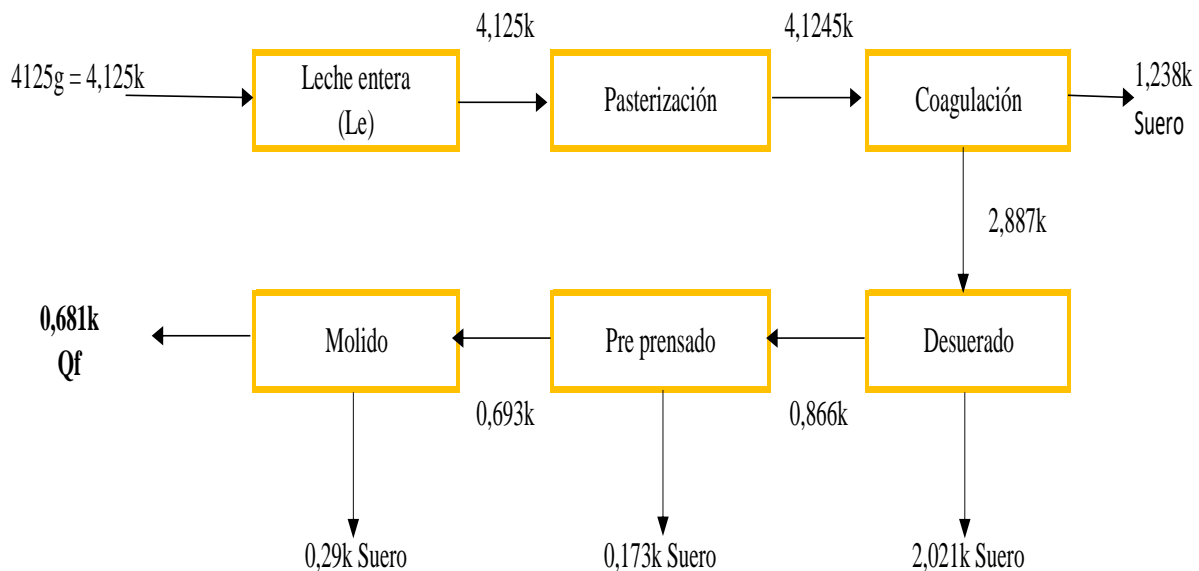
Rendimiento al final del proceso:

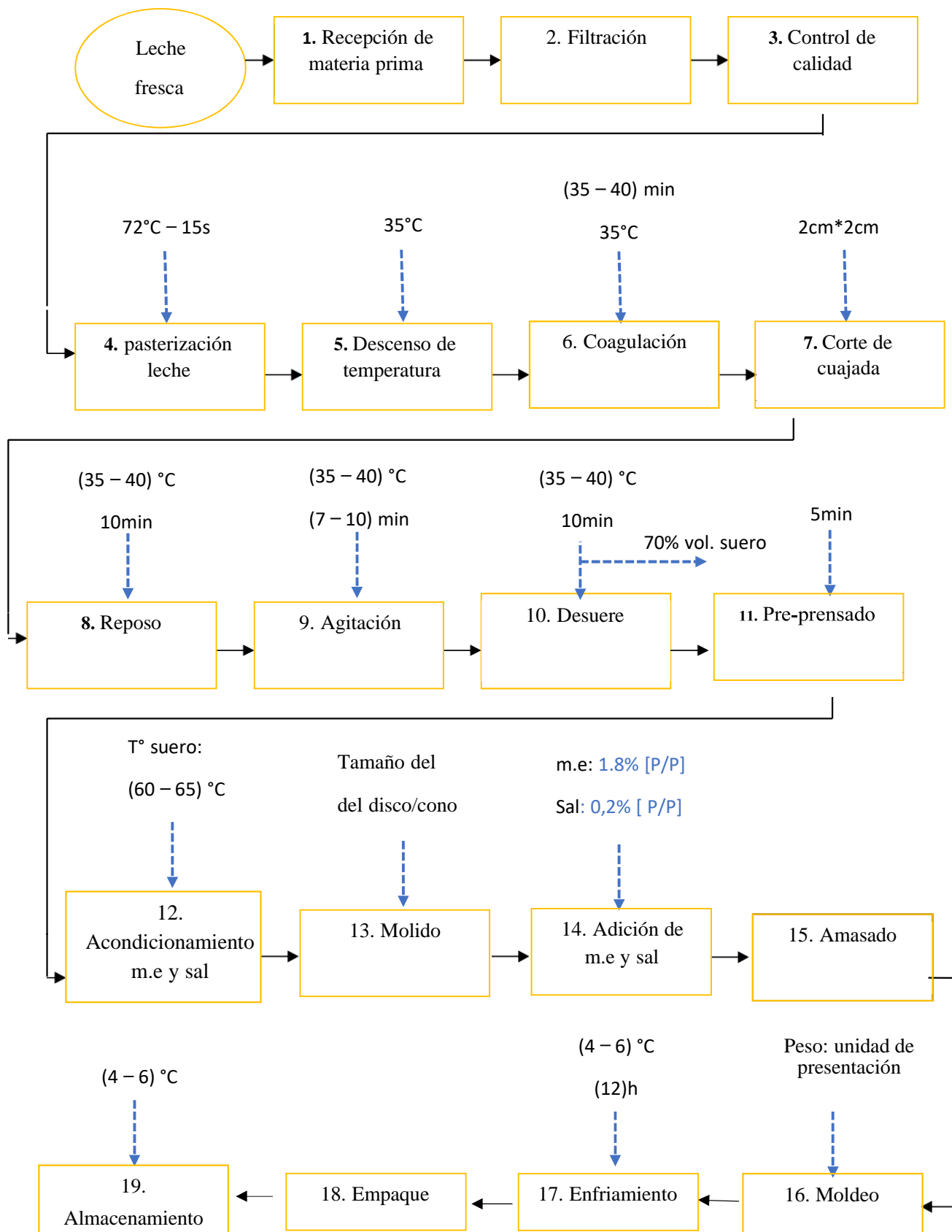
(leche que ingresó al proceso) kg/ (queso fresco obtenido) kg

Entonces, Rendimiento al final del proceso =

$4,125 \text{ kg} / 0,681 \text{ kg} = 6,1$ de leche para obtener 1 kg de queso fresco.

Resumen general del balance de masa





Apéndice F

Descripción por etapa del proceso de elaboración de queso fresco final

Etapa del proceso	Descripción
Recepción de materia prima	<p>En la elaboración del queso fresco es importante que la leche sea fresca y cruda, la leche entregada no proviene de ganado tratado con antibióticos, posteriormente se realizó una inspección de leche con el fin de identificar alteración en cuanto a propiedades organolépticas de color, olor y sabor, el examen organoléptico realizado determina un olor característico, color blanco en combinación con amarillo propio de una leche entera en cuanto a sabor se definió como ligeramente dulce. La temperatura de la leche en esta etapa fue de 3°C.</p>
Filtración	<p>Luego de recepcionar la leche se procede a traspasarla por un lienzo fino con el objetivo de retener macro impurezas que traiga la leche.</p>
Control de calidad	<p>Posteriormente se realizó a la leche un análisis en cuanto pH, densidad, materia grasa, sólidos totales y acidez titulable las características fisicoquímicas se encontraron dentro de las especificaciones del decreto 616 de febrero 28 de 2006. Artículo 10. Características de la leche cruda.</p>
Pasterización leche	<p>Se aplico tratamiento térmico a la leche durante 15 segundos a una temperatura de 72°C con el fin de reducir la carga microbiana.</p>
Descenso de temperatura	<p>Luego del proceso de pasterización de la leche esta se sometió a enfriamiento en baño maría, pasando de 75°C a 35°C durante 2 minutos a una agitación constante.</p>
Coagulación	<p>En esta etapa la leche quedo lista para adición del cuajo, la coagulación es una etapa fundamental en la obtención de queso fresco, por tanto, la leche acondicionada a una temperatura de 35°C se le adiciono la cantidad de cuajo MARSHALL M-50 según especificaciones del fabricante, posteriormente se dejó en reposo durante un periodo de tiempo entre 30 y 40 minutos hasta la formación del coagulo.</p>
Corte de cuajada	<p>Paso seguido a la formación del gel se procedió a realizar el corte, el cual se realizó de acuerdo a las especificaciones del tipo de queso a realizar, en este caso queso fresco y blando las dimensiones del grano fueron 2cm *2cm a temperatura de 32 a 35 °C según Alava, (2010) a</p>

	<p>“mayor tamaño del grano, mayor humedad del queso y mejores rendimientos. El queso casero, se encuentra dentro de este tipo: tamaño de grande del grano, alta humedad y mejores rendimientos” (p.37)</p>
Reposo	<p>En esta etapa se incrementó la temperatura, esta se mantuvo entre 35°C y 40°C, para el tiempo de reposo se estableció 10 min, posteriormente se analizó la acidez y pH del suero.</p>
Agitación	<p>Se realizó un proceso de agitación suave a temperatura que osciló entre 35°C y 40°C es importante incrementar la temperatura debido a que el calentamiento de la masa favorece la fragmentación del grano, se estableció también un tiempo entre 7 y 10 minutos con el fin de que se libere la mayor cantidad de suero del grano de la cuajada.</p>
Desuere	<p>Se procedió a retirar el volumen de suero el cual fue de 70% (p/v)</p>
Pre-prensado	<p>En esta etapa se tuvo en cuenta los valores obtenidos en cuanto pH y acidez del suero, se utilizó una lámina pre-prensa calibre 14, peso pre-prensa: 2.5kg para (0,8 – 1,0) kg de cuajada, se estableció un tiempo de pre-prensa de 5 min.</p>
Acondicionamiento de microencapsulado y sal	<p>Posteriormente al Pre-prensado se estableció el acondicionamiento de microencapsulado y sal en dilución para ello se tomó 5% de volumen de suero [P/P]: kg de leche/kg de suero, se tuvo en cuenta también la temperatura del suero la cual estuvo entre 60°C y 65°C, en cuanto a las formulaciones que se establecieron la información se presenta en la tabla 9.</p>
Molido	<p>Se realizó un proceso de molienda, utilizando molino de discos con el fin de obtener una pasta mucho más fina e idónea para la incorporación del microencapsulado en combinación con el suero y sal.</p>
Adición de microencapsulado y sal	<p>Después de obtener la pasta fina se le adicionó la combinación de los tres materiales en disolución: microencapsulado, sal y suero, la temperatura de la disolución se estableció entre (60 – 65) °C. El porcentaje de microencapsulado y suero se adicionaron de acuerdo con la formulación presentada en la tabla 9</p>
Amasado	<p>En esta etapa se obtuvo una masa compacta y homogénea a la cual se le adicionó la combinación de los materiales, teniendo en cuenta los porcentajes de la respectiva formulación.</p>

Moldeo	Se peso la masa y se adiciono a un molde cilíndrico de acero inoxidable, el peso del queso fresco se determinó de cuerdo a la unidad de presentación.
Enfriamiento	El queso fresco se sometió a temperatura de almacenamiento entre (4 – 6) °C y un tiempo de 12 horas
Empaque	Se empaco al vacío, el material de empaque utilizado se usó de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
Almacenamiento	En esta etapa el queso fresco empacado al vacío se almaceno a una temperatura de (2- 4) °C.


Nota. La tabla brinda información detallada sobre las etapas del proceso y los parámetros estudiados los cuales resultaron positivos a escala piloto.

Apéndice G

Ficha técnica para queso fresco con adición de microencapsulado

FICHA TECNICA																																		
Queso fresco																																		
Nombre del producto	Queso fresco con microencapsulado de aceite obtenido de <i>Parachlorella kessleri</i> .																																	
Descripción del producto:	Se ubica dentro del queso fresco y blando, corresponde al producto elaborado a partir de leche entera higienizada y coagulada por la acción de cuajo a la que se le ha adicionado sal (Cloruro de sodio) y microencapsulado de aceite obtenido de <i>Parachlorella kessleri</i> . El producto debe conservarse en su empaque original a temperatura de refrigeración durante la vida útil estimada.																																	
Normatividad del producto	Ley 09 1979 – Código Sanitario Nacional. Resolución 2674 de 2013- Buenas Prácticas de Manufactura. Resolución 2310 de 1986: procesamiento, composición, requisitos, transporte y comercialización de los Derivados Lácteos. Capítulo VII. Del Queso. Artículos 43, 44. Resolución 810 de junio 2021: reglamento técnico sobre requisitos de etiquetado nutricional y frontal que deben cumplir los alimentos envasados o empacados para consumo humano. Norma Técnica Colombiana 5894. Productos lácteos. Queso fresco.																																	
Composición del producto	Leche entera, aceite microencapsulado de microalga <i>Parachlorella kessleri</i> , cuajo (enzima de origen microbiano) y sal (Cloruro de sodio).																																	
Características microbiológicas	<p>De acuerdo con NTC 5894 de 2011.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Requisitos</th> <th style="width: 10%;">n</th> <th style="width: 10%;">m</th> <th style="width: 10%;">M</th> <th style="width: 10%;">c</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Exámenes de rutina</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Recuento de coliformes, UFC/g</td> <td>5</td> <td>1000</td> <td>5000</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td>Recuento de <i>Escherichia coli</i>, UFC/g</td> <td>5</td> <td><10</td> <td>-</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>Recuento de Mohos, UFC/g</td> <td>5</td> <td>10</td> <td>100</td> <td>1</td> </tr> <tr> <td>Recuento de levaduras, UFC/g</td> <td>5</td> <td>100</td> <td>500</td> <td>1</td> </tr> </tbody> </table> <p>Donde: <i>n</i>: número de muestras por examinar <i>m</i>: índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad</p>				Requisitos	n	m	M	c	Exámenes de rutina					Recuento de coliformes, UFC/g	5	1000	5000	2	Recuento de <i>Escherichia coli</i> , UFC/g	5	<10	-	0	Recuento de Mohos, UFC/g	5	10	100	1	Recuento de levaduras, UFC/g	5	100	500	1
Requisitos	n	m	M	c																														
Exámenes de rutina																																		
Recuento de coliformes, UFC/g	5	1000	5000	2																														
Recuento de <i>Escherichia coli</i> , UFC/g	5	<10	-	0																														
Recuento de Mohos, UFC/g	5	10	100	1																														
Recuento de levaduras, UFC/g	5	100	500	1																														

	<p><i>M</i>: índice máximo permisible para identificar nivel de calidad aceptable</p> <p><i>c</i>: número máximo de muestras permisibles con resultados entre <i>m</i> y <i>M</i>.</p>																																																																	
Características fisicoquímicas	<p>Humedad: (58 - 60) %</p> <p>Sólidos totales: 41,7 g/100g</p> <p>pH: 5,8 – 6,0</p> <p>Ver anexo 8</p>																																																																	
Características bromatológicas	<table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="3">Información Nutricional</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="3">Tamaño de porción: 1 tajada 30 g</td> </tr> <tr> <td colspan="3">Numero de porciones por envase: 12 Aprox.</td> </tr> <tr> <td></td> <td>Por 100 g</td> <td>Por porción</td> </tr> <tr> <td>Calorías (Kcal)</td> <td>250</td> <td>75</td> </tr> <tr> <td>Grasa total</td> <td>18g</td> <td>5.4g</td> </tr> <tr> <td>Grasa saturada</td> <td>10g</td> <td>3.1g</td> </tr> <tr> <td>Grasa trans</td> <td>208 mg</td> <td>0 mg</td> </tr> <tr> <td>Carbohidratos totales</td> <td>5,0</td> <td>1,5g</td> </tr> <tr> <td>Fibra dietaría</td> <td>0,0</td> <td>0g</td> </tr> <tr> <td>Azúcares totales</td> <td>4,0</td> <td>1,2g</td> </tr> <tr> <td>Azúcares añadidos</td> <td>0</td> <td>0g</td> </tr> <tr> <td>Proteína</td> <td>17</td> <td>5,0g</td> </tr> <tr> <td>Sodio</td> <td>158 mg</td> <td>48 mg</td> </tr> <tr> <td>Vitamina A</td> <td>108ug ER</td> <td>32ug ER</td> </tr> <tr> <td>Vitamina D</td> <td>3.2 ug</td> <td>0,97 ug</td> </tr> <tr> <td>Hierro</td> <td>0 mg</td> <td>0 mg</td> </tr> <tr> <td>Calcio</td> <td>331mg</td> <td>99 mg</td> </tr> <tr> <td>Zinc</td> <td>1,8mg</td> <td>0,54 mg</td> </tr> </tbody> </table> <p>Ver Apéndice H: resultados de laboratorio Información nutricional</p> <p>Ver Apéndice H: resultados de laboratorio análisis bromatológico</p> <p>Sello de advertencia</p> <p>Límite de contenido de nutrientes, según tabla 17 pagina 42 y 43 de Resolución 810 del 2021</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Nutriente</th> <th>Limite</th> <th>Contenido</th> <th>¿Requiere sello frontal?</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </tbody> </table>	Información Nutricional			Tamaño de porción: 1 tajada 30 g			Numero de porciones por envase: 12 Aprox.				Por 100 g	Por porción	Calorías (Kcal)	250	75	Grasa total	18g	5.4g	Grasa saturada	10g	3.1g	Grasa trans	208 mg	0 mg	Carbohidratos totales	5,0	1,5g	Fibra dietaría	0,0	0g	Azúcares totales	4,0	1,2g	Azúcares añadidos	0	0g	Proteína	17	5,0g	Sodio	158 mg	48 mg	Vitamina A	108ug ER	32ug ER	Vitamina D	3.2 ug	0,97 ug	Hierro	0 mg	0 mg	Calcio	331mg	99 mg	Zinc	1,8mg	0,54 mg	Nutriente	Limite	Contenido	¿Requiere sello frontal?				
Información Nutricional																																																																		
Tamaño de porción: 1 tajada 30 g																																																																		
Numero de porciones por envase: 12 Aprox.																																																																		
	Por 100 g	Por porción																																																																
Calorías (Kcal)	250	75																																																																
Grasa total	18g	5.4g																																																																
Grasa saturada	10g	3.1g																																																																
Grasa trans	208 mg	0 mg																																																																
Carbohidratos totales	5,0	1,5g																																																																
Fibra dietaría	0,0	0g																																																																
Azúcares totales	4,0	1,2g																																																																
Azúcares añadidos	0	0g																																																																
Proteína	17	5,0g																																																																
Sodio	158 mg	48 mg																																																																
Vitamina A	108ug ER	32ug ER																																																																
Vitamina D	3.2 ug	0,97 ug																																																																
Hierro	0 mg	0 mg																																																																
Calcio	331mg	99 mg																																																																
Zinc	1,8mg	0,54 mg																																																																
Nutriente	Limite	Contenido	¿Requiere sello frontal?																																																															



	Sodio (mg)	≥ 400	158	No
	Azúcares añadidos (g)	≥ 10	0	No
	Grasas saturadas (g)	≥ 4,0	10,2	Si
Características sensoriales	<p>Forma: cilíndrica; peso 350 g.</p> <p>Color: blanco cremoso.</p> <p>Aroma: lácteo, característica del producto.</p> <p>Sabor: suave, baja percepción de salado.</p> <p>Textura: blanda con sensación media de adherencia en la boca.</p>			
Presentación	Unidad de presentación: 350g			
Empaque	Bolsa laminada flexible con barrera de oxígeno, grasas, aroma. Con resistencia al punzón y buena fuerza de selle, propiedades ópticas, físicas y mecánicas.			
Condiciones de conservación	Refrigeración. (2 – 6) °C.			
Vida útil estimada	15 días después de su fabricación.			
Porción del alimento	30g			
Grupo poblacional al que va dirigido el alimento	Niños, jóvenes y adultos.			



Nota. Ficha técnica del queso fresco con adición de microencapsulado. *Fuente.* Laboratorio

BIOTRENDS S.A.S




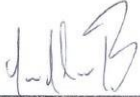
Apéndice H

Informe de análisis físicoquímico, bromatológico y de perfil lipídico del queso fresco

F-EC-001 REVISION 06		INFORME DE ANALISIS				 	
FECHA DE ACTUALIZACION 2022-08-05							
INFORME DE ANALISIS No. F-22-93473-0							
INFORMACION DEL CLIENTE CLIENTE: UNIVERSIDAD DE NARIÑO NIT/CC: 800118954-1 DIRECCION: sede torobajo TELEFONO: 3174253003 MAIL: GOPERATIVA@CALIDADMICROBIOLOGICA.CO, proflab1@calidadmicrobiologica.com.co, clemencia.alava@unad.edu.co CIUDAD: CONTACTO: SR. PABLO HERNANDEZ IZQUIERDO CARGO: COORDINADOR GRUPO DE BIOTECNOLOGIA MICROBIANA				INFORMACION DE TOMA DE ITEM DE ENSAYO LUGAR DE TOMA DE ITEM: UNAD RESPONSABLE DE TOMA DE ITEM: UNIVERSIDAD DE NARIÑO FECHA DE TOMA DE ITEM: 2022-10-12 HORA: N.E FECHA DE RECEPCION: 2022-10-13 HORA: 16:30:00 FECHA DE INGRESO A ANALISIS: 2022-10-14 FECHA DE EMISION DE INFORME: 2022-11-01			
IDENTIFICACION DEL ITEM DE ENSAYO							
ITEM DE ENSAYO NO.		IDENTIFICACION			FABRICANTE Y/O PROVEEDOR		
22-93473		A-2827 QUESO FRESCO TIPO CASERO			UNIVERSIDAD DE NARIÑO		
PRESENTACION DURANTE LA RECEPCION		CANT.ENTREG.(UN)	FECHA DE PROD	FECHA VENC	LOTE	T° ÍTEM DE ENSAYO	T. RECEPCION
BOLSA PLASTICA X 900g		5	2022-10-10	2022-10-22	10-10-2022	4°C	3.2°C
OBSERVACIONES							
TABLA DE RESULTADOS							
PARAMETRO	METODO UTILIZADO	RESULTADOS	U	REGLA	UNIDADES	ESPECIFICACION	CUMPLIMIENTO
Humedad	P-LF-008 Versión 3 (Gravimetría - Secado en estufa a 105°C)	58,3	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
Sólidos totales	P-LF-008 Versión 3 (Gravimetría - cálculo por diferencia)	41,7	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
Proteína Total (Cálculo obtenido del Nitrogeno Total bajo ISO 1871:2009, ensayo acreditado por ONAC)	Cálculo matemático basado en ISO 1871:2009 (Kjeldahl)	16,7***	+/- 0,07	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
Grasa Total	AOAC 920.111 Ed. 21:2019 (Roese-Gottlieb modificado)	18,0	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
Fibra dietaria total (NO INCLUYE FOS, inulina, galactooligosacaridos, rafinosa, polidextrosa, maltodextrina).	AOAC 985.29. Ed. 21:2019 (Enzimático - Gravimétrico).	0,0	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
Cenizas	P-LF-001 Versión 5 (Gravimetría - calcinación a 600°C)	2,0	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.							
REVISO: DIRECTOR TECNICO				APROBO: GERENTE			

F-EC-001 REVISION 06	INFORME DE ANALISIS					  ISO/IEC 17025:2017 15-LAB-050	
FECHA DE ACTUALIZACION 2022-08-05							
Carbohidratos totales	AOAC 986.25 (E).Ed.21:2019 (Determinación por diferencia)	5,0	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
Carbohidratos disponibles	Food composition data de H. Greenfield y D.A.T. Southgate Food and Agriculture Organization of the United Nations Rome 2012.	5,0	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
Azúcares totales	AOAC 923.09. Ed 21:2019 (Lane-Eynon)	4,0	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
Azúcares no reductores (Expresados como sacarosa)	AOAC 925.06. Ed 21:2019 (Método de inversión de azúcares y cálculo por diferencia)	0,0	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
Calorías	Determinación Indirecta factor de Atwater	249	NO APLICA	NO APLICA	Kcal/100g	*	NO APLICA
Calcio (Ca)	AOAC 985.35. Ed. 21:2019 (Espectrofotometría de absorción atómica).	331,4	NO APLICA	NO APLICA	mg/100g	*	NO APLICA
Sodio (Na)	AOAC 985.35. Ed. 21:2019 (Espectrofotometría de absorción atómica). Acreditado.	158,2	+/- 1,38	NO APLICA	mg/100g	*	NO APLICA
Zinc (Zn)	AOAC 985.35. Ed. 21:2019 (Espectrofotometría de absorción atómica).	1,8	NO APLICA	NO APLICA	mg/100g	*	NO APLICA
Hierro (Fe)	AOAC 985.35. Ed. 21:2019 (Espectrofotometría de absorción atómica). Acreditado.	0,0****	+/-0,32	NO APLICA	mg/100g	*	NO APLICA
Grasa saturada	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	10,20	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
Grasa monoinsaturada	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	6,77	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
Grasa poliinsaturada	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	1,03	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
Grasa insaturada total	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	7,80	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
Grasa cis	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	7,59	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
Grasas trans	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	207,79	NO APLICA	NO APLICA	mg/100g	*	NO APLICA
Contenido de Omega 3	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	0,18	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.							
<i>REVISO: DIRECTOR TECNICO</i>				<i>APROBO: GERENTE</i>			

F-EC-001 REVISION 06	INFORME DE ANALISIS					 	
FECHA DE ACTUALIZACION 2022-08-05						ISO/IEC 17025:2017 15-LAB-050	
Contenido de Omega 6	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	0,71	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
Contenido de Omega 9	P-LF-106 Versión 1 (Cromatografía de gases GC-FID)	4,00	NO APLICA	NO APLICA	g/100g	*	NO APLICA
Vitamina A (expresada como equivalentes de retinol)	P-LF-043 Versión 4 (Cromatografía líquida de alta eficiencia, HPLC)	108,20	NO APLICA	NO APLICA	mcg/100g	*	NO APLICA
Vitamina D (Suma de vitamina D2 + D3)	Cromatografía líquida de alta eficiencia HPLC	3,23	NO APLICA	NO APLICA	mcg/100g	*	NO APLICA
INTERPRETACION DE RESULTADO "PARA LOS PARAMETROS SOLICITADOS NO EXISTE NORMA DE COMPARACION"							
<p>Observaciones</p> <p>-En Biotrends Laboratorios S.A.S contamos con acreditación ONAC, vigente a la fecha, con código de acreditación 15-LAB-050, bajo la norma ISO/IEC 17025:2017</p> <p>-Los resultados son validos unicamente para el ítem analizado.</p> <p>-Los resultados descritos en el presente documento se aplican al ítem tal como se recibió.</p> <p>-El laboratorio no se hace responsable de la información suministrada por el cliente, la cual corresponde a la reportada en las respectivas remisiones de ítems de ensayo debidamente firmado.</p> <p>-Este certificado de análisis solo puede ser reproducido íntegramente y con autorización escrita de BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S. Las copias impresas del informe de análisis, se consideran copias no controladas por el Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio.</p> <p>- U = incertidumbre expandida al valor reportado con un factor de cobertura de k=2, para un intervalo de confianza de aproximadamente el 95%.</p> <p>-Regla de decisión 1= El resultado obtenido frente a los límites de especificación para dar cumplimiento, NO está influenciado por la incertidumbre del ensayo.</p> <p>-Regla de decisión 2= El resultado obtenido frente a los límites de especificación para dar cumplimiento, está influenciado por la incertidumbre del ensayos.</p> <p>-* Parametro no requerido en especificacion</p> <p>** Parametro no solicitado por el cliente</p> <p>-- *** Factor de conversión de nitrógeno a proteína %Nx6.38.</p> <p>****Limite cuantificación Fe <0,07mg/100g</p> <p>Autorizan:</p> <p>BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S</p>							
BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.							
REVISO: DIRECTOR TECNICO				APROBO: GERENTE			

F-EC-001 REVISION 06	INFORME DE ANALISIS	 
FECHA DE ACTUALIZACION 2022-08-05		
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <hr style="width: 100px; margin: 0 auto;"/> OLGA LUCÍA ÁVILA GUZMÁN JEFE DE LABORATORIO DE FISISQUÍMICA </div> <div style="text-align: center;">  <hr style="width: 100px; margin: 0 auto;"/> FERNANDO MURCIA Director Técnico FIN DEL INFORME </div> </div>		
BIOTRENDS LABORATORIOS S.A.S.		
REVISO: DIRECTOR TECNICO	APROBO: GERENTE	

Nota. Aumentar a 150% para mejor visualización. *Fuente.* BIOTRENDS LABORATORIOS

S.A.S

Apéndice I

Formato de resultados individuales para análisis sensorial del queso

Formato reporte de resultados																		
Reporte individual																		
Nombre del panelista:																		
Panelista N°																		
Fecha:																		
Nombre del producto:																		
Lugar:																		
Días de almacenamiento	Por favor marque con un X en el día de almacenamiento que corresponda la muestra de queso fresco:																	
	2 día ___ 15 día <u>X</u>																	
	Tratamiento:																	
	Replica 1					Replica 2					Replica 3							
	valoración					valoración					valoración							
Atributo	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
SABOR																		
Característico																		
Ligeramente salado																		
Salado																		
Rancio																		
TEXTURA																		
Firme																		
Adherencia a la boca																		
Sensación de humedad																		
OLOR																		
Lácteo																		
Fermentado																		
Pútrido																		
Valoración	Valoración para calificar: asigne 0: si percibe como ausencia total - asigne 1: si percibe como casi imperceptible – asigne 2: si percibe como ligero - asigne 3: si percibe como media - asigne 4: si percibe como alta - asigne 5: si percibe como extrema																	
Comentarios																		

Nota. Aumentar al 150% para mejor visualización.

Apéndice J

Formato de reporte de resultados por consenso para análisis sensorial del queso

Formato reporte de resultados																		
Reporte por consenso																		
Nombres del grupo de panelistas:																		
Fecha:																		
Nombre del producto:																		
Lugar:																		
Días de almacenamiento	Por favor marque con un X en el día de almacenamiento que corresponda la muestra de queso fresco:																	
	2día__15día_X_																	
Tratamiento:																		
	Replica 1					Replica 2					Replica 3							
	valoración					valoración					valoración							
Atributo	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
SABOR																		
Característico																		
Ligeramente salado																		
Salado																		
Rancio																		
TEXTURA																		
Firme																		
Adherencia a la boca																		
Sensación de humedad																		
OLOR																		
Lácteo																		
Fermentado																		
Pútrido																		
Valoración	Valoración para calificar: asigne 0: si percibe como ausencia total - asigne 1: si percibe como casi imperceptible – asigne 2: si percibe como ligero - asigne 3: si percibe como media - asigne 4: si percibe como alta - asigne 5: si percibe como extrema																	
Comentarios																		

Nota. Aumentar al 150% para mejor visualización.