UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA SUPLEMENTADA CON LINALOOL

POR

ARELY JOANNA CHÁVEZ NÚÑEZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

SEPTIEMBRE, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN

FACULTAD DE AGRONOMÍA

ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA LÁCTEA SUPLEMENTADA CON LINALOOL

POR

ARELY JOANNA CHÁVEZ NÚÑEZ

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

SEPTIEMBRE, 2022

ELABORACIÓN DE UNA BEBIDA LÁCTEA SUPLEMENTADA CON LINALOOL

POR

ARELY JOANNA CHÁVEZ NUÑEZ

Como requisito parcial para obtener el Grado de

MAESTRÍA EN CIENCIAS CON ORIENTACIÓN EN INGENIERÍA EN INDUSTRIAS ALIMENTARIAS

Aprobación de la Tesis:

M.C. NORA ESTHELA GARCÍA TREVIÑO

DIRECTORA DE TESIS

Dra. AURORA DE JESÚS GARZA JUÁREZ

CODIRECTORA DE TESIS

Dr. EMILIO OLIVARES SÁENZ

ASESOR

Dr. Ph. GERARDO MÉNDEZ ZAMORA

ASESOR

Dra. BEATRIZ ADRIANA RODRÍGUEZ ROMERO

ASESOR

Dra. GUADALUPE GUTIÉRREZ SOTO

SUBDIRECTORA DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

DEDICATORIA

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a mi querido esposo Abel cuyo apoyo incondicional, comprensión y paciencia me impulsaron a seguir adelante en momentos difíciles creyendo en mi capacidad, alentándome y abrazándome cuando lo necesitaba, te amo.

A mis padres Rolando Chávez Marín y Elsa Núñez Maruripor haberme educado como la persona que soy en la actualidad, así como sus palabras de amor que me hicieron fuerte en este proceso. A mi hermanita Karen Marian Chávez Nuñez quien estuvo ahí para mi cada vez que la necesité con su apoyo emocional y stickers de gatitos.

A mis amigos que se mantuvieron apoyándome y presentes, aunque me desapareciera por tiempos para terminar este trabajo.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas que han contribuido al proceso y conclusión de este proyecto. En primera instancia, quiero agradecer a la M.C. Nora Estela García Treviño, directora de esta tesis quien fue la primera que creyó en esta investigación, me apoyó de manera personal y educativa y me guió en mi formación académica. También agradecimiento especial a mi co-asesora Dra. Aurora de Jesús Garza Juárez por su apoyo y dedicación a este trabajo, así como a la Facultad de Medicina por su colaboración para la adquisición de los materiales empleados en esta investigación. A mi Comité de Tesis por formar parte en esta investigación con su constante atención y retroalimentación, así como por sus valiosas sugerencias de interés.

Al personal del Laboratorio del Centro de Agricultura Protegida, Laboratorio de Química, Laboratorio de Remediación Ambiental y Análisis de Suelos y Laboratorio de Nutrición y Calidad de los Alimentos de la Facultad de Agronomía por brindarme el apoyo y las facilidades necesarias para concluir este trabajo.

A los estudiantes Valeria Aguirre, Fernando Hernández y Clara Abundis, cuya colaboración fue clave en este tiempo, espero que esta experiencia haya sido enriquecedora en su formación académica.

A la empresa Sigma Alimentos, especialmente a Raúl Gutiérrez Montesinos por su disposición y apoyo en los análisis que complementaron esta investigación.

Por último, pero no menos importante, a toda mi familia, amigos y compañeros de trabajo que, aunque eran ajenos a este tema, mostraban interés y curiosidad por trabajo alimentando mi pasión por en esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS iv

ÍNDICE DE FIGURAS iiv

RESUMEN 1

1. INTRODUCCIÓN 3

2. REVISIÓN DE LITERATURA 7

2.1. Alimentos funcionales 7

2.2. Linalool 16

2.3. Emulsiones 22

3. MATERIALES Y MÉTODOS 46

3.1. Diseño Experimental 46

3.2. Estabilidad 49

3.3. Caracterización Bromatológica y Microbiológica 50

3.4. Vida de Anaquel 51

3.5. Cuantificación de Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante 52

3.6. Evaluación Sensorial 55

3.7. Análisis de Datos 56

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 57

4.1. índice de Cremado 57

4.2. Viscosidad 59

4.3. Caracterización Bromatológica 60

4.4. Caracterización Microbiológica 61
4.5. Vida de Anaquel 63
4.6. Cuantificación de Fenoles Totales 65
4.7. Determinación de Capacidad Antioxidante por DPPH 67
4.8. Determinación de Capacidad Antioxidante por ABTS 70
4.9. Determinación de Capacidad Antioxidante por FRAP 71
4.10. Evaluación Sensorial 72
5. CONCLUSIONES 76
6. BIBLIOGRAFÍA 77
Anexo 1. Cuestionarios de evaluación sensorial 106
Anexo 2. Gráficos de resultados de evaluación sensorial 110
Anexo 3. Análisis de laboratorio fisicoquímicos **Error! Bookmark not defined.**112
Anexo 4. Análisis de laboratorio caracterización microbiológica 114
Anexo 5. Análisis de laboratorio vida de anaquel microbiológica 113

ÍNDICE DE CUADROS

1 Evolución del término alimento funcional 8

2 Clasificaciones de alimentos funcionales.....10

3 Propiedades fisicoquímicas del linalool 17

4 Aplicaciones de linalool como agente antimicrobiano.....20

5 Formulaciones de los tratamientos 48

6 Efecto de la concentración del linalool sobre el índice de cremado.....58

7 Caracterización bromatológica y microbilógica de los tratamientos.....62

8 Resultados de vida de anaquel por observación 64

9 Estadísticos para el análisis de regresión (Fenoles totales vs concentración de linalool) 67

10 Estadísticos para el análisis de regresión (Valor DPPH equivalente vs concentración de linalool y tiempo de almacenamiento).....69

11 Efecto de la concentración de linalool sobre la preferencia sensorial.....72

12 Calificaciones promedio de los atributos sensoriales de los tratamientos ..73

ÍNDICE DE FIGURAS

1 Viscosidad de los tratamientos. 59

2 Medias de crecimiento de mesófilos aerobios de los tratamientos a través del tiempo 63

3 Contenido de fenoles totales de los tratamientos a lo largo del tiempo 66

4 Actividad antioxidante por DPPH de los tratamientos.....68

5 Actividad antioxidante por ABTS de los tratamientos 70

6 Porcentajes de justificaciones de preferencia.....73

7 Frecuencia de comentarios de mejora.....74

RESUMEN

El linalool es un monoterpenoide presente en especies de las familias *Lamiceae, Lauraceae* y *Rutaceae* que ha demostrado propiedades favorables para el tratamiento de enfermedades. La investigación de su incorporación a matrices alimenticias es importante para ofrecer alternativas funcionales debido a sus usos limitados por su baja solubilidad en agua y sensibilidad.

El objetivo de esta investigación fue evaluar el efecto de diferentes concentraciones de linalool como ingrediente funcional en una bebida láctea formulada como posible alternativa nutracéutica.

Se realizó un diseño completamente al azar de tres concentraciones de linalool (0.012%, 0.024% y 0.036%) incorporados en bebidas lácteas y un testigo refrigerado a 4°C. Se realizaron análisis bromatológicos, microbiológicos, sensoriales, determinación de capacidad antioxidante y de vida de anaquel a los tratamientos.

Los resultados indican que la concentración de linalool afectó los parámetros de índice de cremado y sedimentación, ceniza, grasa, proteína, contenido de fenoles, capacidad antioxidante y apreciación general y sabor sensorial.

Se concluye que el método de emulsificación espontánea fue efectivo para lograr incorporar el linalool en la matriz láctea y que la concentración de linalool afecta características de las bebidas.

ABSTRACT

Linalool is a monoterpenoid present in species of the families *Lamiceae, Lauraceae* and *Rutaceae* that has shown favorable properties for the treatment of diseases. The investigation of linalool in food matrices is important to offer functional alternatives due to its limited uses due to its low solubility in water and sensitivity.

The objective of this research was to evaluate the effect of different concentrations of linalool as a functional ingredient in a formulated dairy beverage as a possible nutraceutical ingredient.

A completely randomized design was carried with three concentrations of linalool (0.012%, 0.024% and 0.036%) incorporated in dairy beverages and a control refrigerated at 4°C. Treatments were subjected to bromatological, microbiological, sensory, phenolic content, antioxidant capacity and shelf life analysis.

The results indicated that the concentration of linalool affected the parameters of creaming and sedimentation index, ash, fat, protein, phenol content, antioxidant capacity and general appreciation and sensory taste.

It is concluded that the spontaneous emulsification method was effective in incorporating linalool into the milk matrix and that the concentration of linalool affects the characteristics of the beverages.

1. INTRODUCCIÓN

La preocupación por la salud humana ha incrementado la demanda por productos funcionales ocasionando un incremento en alternativas de productos comestibles y bebibles con propiedades funcionales en el mercado (Siró *et al.*, 2008). Un compuesto bioactivo que pudiera ser de interés para la población es el linalool. El linalool (3,7-dimetil-1,6-octadien-3-ol) es un monoterpenoide acíclico presente en dos formas enantioméricas, S-(+)- y R-(-)-linalool. Su perfil aromático se describe como "ligero y refrescante, floral-leñosa con notas suaves cítricas". En la naturaleza es producido por las especies vegetales de los grupos Lamiaceae (mentas), Lauraceae (laureles, canela, palo de rosa) y Rutaceae (cítricos) y es uno de los principales componentes en aceites esenciales con efectos antimicrobianos y antiplasmodiales (Komatou and Viljoen, 2008). En la industria de alimentos se utiliza principalmente como saborizante natural en dulces (Wells *et al.*, 2018) y como conservador natural debido a su efecto antibacterial sobre microorganismos como *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*, *Campylobacter* s: (Martucci *et al.*, 2015). El linalool presenta propiedades antioxidantes, ansiolíticas y analgésicas (Aprotosoaie *et al.*, 2014) las cuales pudiesen aprovecharse para desarrollar productos de valor agregado.

El desarrollo de alimentos funcionales presenta retos especialmente en la industria de bebidas, donde muchos compuestos bioactivos, el linalool siendo uno de estos, son de

baja solubilidad en agua y fácil degradación por temperatura, luz y aire (Jugreet *et al.*, 2020). La encapsulación de estos compuestos bioactivos previo a la utilización en procesos de elaboración de bebidas es de importancia para la entrega de productos de calidad para el consumidor. Distintas tecnologías se usan para la encapsulación de bioactivos como la elaboración de nanoemulsiones, la cual parece ser el método más prometedor, no solo por su capacidad de incorporar bioactivos liposolubles en bebidas, sino también para protegerlos del proceso oxidativo (McClements and Li, 2010). Las nanoemulsiones son emulsiones con diámetros de gota promedio menores a 200 nanómetros (Solans *et al.*, 2005), su uso es de interés en la industria alimenticia debido a que el tamaño de partícula puede generar sistemas de entrega de compuestos bioactivos con baja solubilidad en agua de alta claridad óptica y una alta biodisponibilidad oral (Bouchemal *et al.*, 2004; McClements, 2011). Las nanoemulsiones pueden ser elaboradas usando métodos de alta o baja energía. Los métodos de alta energía dependen de equipos especializados, como homogenizadores y microfluidizadores que disrumpen y entremezclan las fases acuosas y oleosas, desafortunadamente estos equipos pueden ser inadecuados para compuestos bioactivos de fácil degradación y son de alta inversión, lo cual presenta un reto para empresas pequeñas y emprendedores (Abbas at al., 2013). Los métodos de baja energía no necesitan equipos especiales y utilizan las propiedades de un surfactante, aceite y sistema acuoso para formar nanoemulsiones de manera espontánea a través de operaciones simples de agitación y controlando las condiciones del sistema como temperatura, los cuales han incrementado en su investigación para el desarrollo y aplicación con diferentes enfoques (Schalbart and Kawaji, 2013; Gulotta *et al.*, 2014; Komaiko and McClements, 2014). Un método de baja energía es la emulsificación espontánea, la cual consiste en agregar a baja velocidad una

mezcla de aceite y surfactante en una fase acuosa con agitación constante. A partir de esta técnica, gotas pequeñas se forman espontáneamente en el límite aceite-agua en cuanto las moléculas del surfactante se mueven de la fase oleosa a la fase acuosa (McClements, 2010). Aunque el proceso parece prometedor, las condiciones de elaboración varían dependiendo del compuesto a encapsular, existen diversas investigaciones a nivel laboratorio en donde se evalúan los factores del proceso y su efecto sobre el tamaño de partícula (velocidad de agitación, tipo de surfactante, temperatura de agitación, proporción aceite-surfactante) con resultados satisfactorios, sin embargo, no existe la aplicación del método con linalool y posteriormente en la incorporación de una bebida láctea.

Por lo anterior, se propone evaluar el efecto diferentes concentraciones de linalool encapsulados como ingrediente en una bebida láctea formulada.

1.1. Hipótesis

La concentración de linalool mejora la estabilidad y propiedades nutracéuticas de la bebida formulada.

1.2. Objetivo General

Evaluar el efecto de diferentes concentraciones de linalool como ingrediente funcional en una bebida láctea formulada como posible alternativa nutracéutica.

1.3. Objetivos Específicos

- Evaluar estabilidad de la bebida a través de la medición de índice de cremado, viscosidad, vida de anaquel microbiológica y por observación.
- Determinar la composición bromatológica y microbiológica de la bebida formulada.
- Cuantificar fenoles totales y determinar capacidad antioxidante por ABTS, FRAP y DPPH.
- Evaluar aroma, sabor y textura a través de prueba de aceptación sensorial.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Alimentos Funcionales

El término alimento funcional surgió en Japón en los años 80 en donde se desarrollaron programas a gran escala de análisis y desarrollo sobre la funcionalidad de alimentos, incluido el diseño molecular. En 1991 se establece el concepto de alimentos “FOSHU”, como aquellos que tienen un efecto específico de salud debido a los esfuerzos realizados por el gobierno japonés para reducir los altos costos del sector salud. La categoría tiene como objetivo mejorar la salud de la población brindando beneficios de salud específicos (Kubomara, 1998). Según el Ministerio de Salud de Japón, los alimentos “FOSHU” son alimentos que tienen un efecto específico de salud debido a la presencia de compuestos funcionales y alimentos en donde los alérgenos fueron eliminados (Saito, 2007; Mudgil 2017; Litwin 2018). Sin embargo, existen diferentes definiciones de alimentos funcionales.

Grupos internacionales en nutrición han definido que “los alimentos funcionales son los que proveen beneficios de salud más allá de la nutrición”. Sin embargo, no hay consenso para definir si alimentos nombrados como alimentos medicinales, alimentos para una dieta especial y suplementos alimenticios pueden ser denominados como alimentos funcionales. En el Cuadro 1 se presenta la evolución del término alimento funcional.

Cuadro 1. Evolución del término alimento funcional

Organización	Definición de Alimento Funcional	Referencia
National Academy of Sciences Foods and Nutrition Board	Cualquier alimento modificado o ingrediente alimenticio que puede proveer un beneficio de salud adicional a la nutrición.	Thomas and Earl, 1994
International Life Institute	Alimentos que, por la presencia de compuestos fisiológicamente activos, proveen un beneficio a la salud más allá de la nutrición básica.	Hasler, 2002
Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition	Alimentos hechos de ingredientes naturales consumidos como parte de la dieta diaria que tienen una función específica que sirve para regular un proceso en el cuerpo, como la mejora de los mecanismos biológicos de defensa, prevención de enfermedades específicas, recuperación de alguna enfermedad específica, control de enfermedades físicas y mentales y desaceleración del proceso de envejecimiento.	Leon, 2003
10th International Functional Food Conference	Alimentos naturales o procesados que contienen compuestos biológicamente activos conocidos o desconocidos que proveen un beneficio probado clínicamente para la prevención, manejo o tratamiento de enfermedades crónicas.	Martirosyab and Sinhga, 2015
17th International Conference organized by the US Department of Agriculture (USDA) and Agricultural Research Service (ARS)	Alimentos naturales o procesados que contienen compuestos biológicamente activos conocidos o desconocidos que proveen un beneficio probado clínicamente para la prevención, manejo o tratamiento de enfermedades	Martirosyab and Sinhga, 2015

	crónicas en cantidades efectivas no tóxicas.	
Academy of Nutrition and Dietetics	Alimentos enteros, alimentos fortificados, enriquecidos o mejorados con efectos potencialmente benéficos a la salud al ser ingeridos como parte de una dieta variada en un tiempo regular y en cantidades efectivas basadas en evidencia científica.	Wolfram, 2017
British Nutrition Foundation	Una amplia gama de productos de alimentos desarrollados para un ingrediente funcional particular.	British Nutrition Foundation, 2018

2.1.1. Clasificación de alimentos funcionales

Existen diferentes clasificaciones de los alimentos funcionales ya sea por tipo de producto, el beneficio que otorga o por su naturaleza.

La clasificación por tipo de producto se divide en 2 principales categorías que incluyen alimentos y bebidas funcionales. Los alimentos y bebidas funcionales son similares en apariencia a los alimentos y bebidas convencionales que se consumen en una dieta diaria y han comprobado que tienen un beneficio fisiológico y/o reducen el riesgo de enfermedades crónicas más allá de la nutrición debido a la presencia de compuestos bioactivos. Debido al incremento de la demanda por estos productos, existe un rango amplio de alimentos funcionales (Maqsood, 2020). El Cuadro 2 menciona los tipos de alimentos funcionales e ingredientes activos de este grupo.

Cuadro 2. Clasificaciones de alimentos funcionales.

Tipo de alimento funcional	Ingrediente activo / Descripción	Referencias
Bebidas funcionales	Fibra dietaria Probióticos Prebióticos Vitaminas Minerales Extractos herbales	Beinner and Lamounier, 2003 Dahl *et al.*, 2005 Prieto *et al.*, 2006 Renuka *et al.*, 2009 Granato *et al.*, 2010 Harbourne *et al.*, 2013
Productos de panificación funcionales	Fibra dietaria Vitaminas Minerales Antioxidantes	Martinez-Navarrete *et al.*, 2002 Hertrampf *et al.*, 2003 Dalgetty and Baij, 2006 Nanditha and Prabhasankar, 2008
Productos lácteos funcionales	Minerales Vitaminas Probióticos Fibra dietaria Ácido linoléico conjugado	Gaucheron, 2000 Staffolo *et al.*, 2004 Kazmi *et al.*, 2007 Rodríguez-Alcalá y Fontecha, 2007 Granato *at al.*, 2010
Productos cárnicos funcionales	Bajo en sodio Fibra dietaria Péptidos bioactivos Probióticos Ácido linoléico conjugado Antioxidantes	Gimeno *et al.*, 2001 Steenblock, 2001 Tang *et al.*, 2001 Arihara, 2004 Dhiman at al., 2005 Arihara, 2006
Productos vegetales funcionales	Minerales Probióticos	Gras *et al.*, 2003 Granato *et al.*, 2010
Confitería funcional	Fibra dietaria Fitoesteroles Antioxidantes Reemplazadores de grasa Probióticos y simbióticos	Cardelli *et al.*, 2008 Patel *et al.*, 2008 Ares *et al.*, 2010 El-Kalyoubu *et al.*, 2011 Botelho *et al.*, 2014

La clasificación basada en la naturaleza del alimento se divide en alimentos convencionales, alimentos fortificados e ingredientes alimenticios sintéticos. Los alimentos convencionales son los alimentos enteros y sin modificación como vegetales, frutas, pescado, lácteos y granos que naturalmente contienen ingredientes bioactivos que confieren beneficios a la salud. Los alimentos modificados son alimentos que han sido mejorados, enriquecidos o fortificados con ingredientes funcionales como jugos de frutas con calcio, productos de panificación enriquecidos, bebidas con extractos vegetales y sal iodada. Los compuestos funcionales alimenticios varían desde macronutrientes, micronutrientes esenciales requeridos en niveles mayores o compuestos no nutrimentales como fitoquímicos, los cuales se derivan de plantas, microorganismos, organismos marinos y otros materiales inorgánicos. Los ingredientes sintéticos son compuestos funcionales que son sintetizados en laboratorios como los fructuanos de tipo inulina que funcionan como prebióticos. Se estima que el mercado de alimentos sintéticos tendrá el mayor crecimiento en los siguientes 15 años debido a sus diversas aplicaciones en casi todos los grupos alimenticios (Hasler and Brown, 2009; Crowe y Francis, 2013; Functional Foods Ingredients Market, 2018).

La clasificación por tipo de beneficio se basa en alimentos fortificados con ingredientes para tratar enfermedades por deficiencia, como productos con fibra dietaria soluble e insoluble para mejorar la salud del tracto digestivo y salud cardiaca; alimentos con microorganismos benéficos para la flora intestinal, como productos fermentados; y alimentos que ayudan a procesos metabólicos a través del uso de enzimas fisiológicas (Williams, 2008).

2.1.1.1. Bebidas funcionales lácteas.

Las bebidas lácteas han sido consumidas desde tiempos ancestrales. Inicialmente la leche bronca era consumida por toda la población, pero con la introducción de tecnologías como pasteurización, esterilización, homogenización y centrifugación, se desarrollaron diferentes tipos de leches y bebidas lácteas enfocadas en grupos poblacionales objetivos, como la leche descremada para personas con obesidad y con enfermedades relacionadas al consumo de grasa. En la última década se ha observado una tendencia por el desarrollo de bebidas fortificadas saludables en donde se incorporan ingredientes bioactivos o funcionales y han sido asociados con beneficios fisiológicos.

Las bebidas lácteas son generalmente bebidas en donde la leche líquida o leche en polvo es el principal ingrediente y otros ingredientes utilizados son leche descremada liquida o en polvo, azúcar, conservadores, colorantes, sabores, ácidos, ingredientes funcionales, mezcla de frutas o jugos y agua. El mercado de bebidas lácteas es uno de los segmentos más importantes en el mercado de los lácteos. Este segmento es considerado el segmento de mayor crecimiento con una variedad de productos nuevos apareciendo en el mercado. Las mayores innovaciones dentro de las bebidas lácteas se encuentran dentro de la categoría del uso de compuestos funcionales o bioactivos y en empaque (Mudgil y Barak, 2019). Algunos fortificantes son prebióticos, probióticos, fibra dietaria, fitoesteroles, ácidos grasos esenciales monosaturados, ácidos grasos esenciales poliinsaturados, proteínas, minerales y vitaminas (Roy, 2008; Rodríguez-Perez, 2019).

Dentro de las bebidas lácteas, la leche fresca, leche fermentada y yogurt son los productos más comunes ya que son considerados vehículos excelentes para probióticos y se dividen en los siguientes grupos:

- Valor agregado: Bebidas en donde uno o más componentes han sido eliminados que generalmente están dirigidos a grupos específicos de la población, por ejemplo, leche deslactosada, leche baja en grasa o yogurt bajo en grasa (García-Llatas *et al.*, 2015).
- Fortificadas: Bebidas que pasaron por un proceso de fortificación que incrementa la cantidad de nutrientes presentes antes del procesamiento. Los ingredientes más utilizados para fortificar son el calcio, magnesio, acido linoleico conjugado, proteínas séricas y vitaminas liposolubles como A y D (Gerhart and Schottenheimer, 2013).
- Enriquecidas: Bebidas que se les ha agregado un compuesto bioactivo para promover beneficios a la salud más allá de la nutrición, por ejemplo, el uso de probióticos, prebióticos, fibras y esteroles. (Rodriguez-Perez *et al.*, 2019)

A continuación, se describen los diferentes tipos de bebidas lácteas funcionales con ejemplos en el mercado.

2.1.1.1.1. Bebidas bajas en azúcar. Las bebidas funcionales bajas en azúcar pueden ser preparadas sustituyendo azúcar con fructuosa o mejorando los azúcares lácteos en la bebida. La reducción de azúcares también puede lograrse a través del uso de edulcorantes (Kroger *et al.*, 2006) y el incremento del dulzor en la bebida se utilizan

enzimas, como lactasa que puede hidrolizar la lactosa en glucosa y galactosa (McCain *et al.*, 2018).

2.1.1.1.2. Bebidas bajas en grasa. La mayoría de las bebidas lácteas son altas en grasa (3 – 5%). Esta cantidad es considerablemente alta para personas con ciertas condiciones cardiacas de salud. La reducción de contenido de grasa en estas bebidas se vuelve esencial para propósitos de salud, se utilizan leches descremadas en la elaboración de estas bebidas. Sin embargo, el sabor y textura de la leche descremada no es tan atractiva como la leche entera debido a su consistencia acuosa y color transparente. Para solucionar estos problemas, se utilizan hidrocoloides y espesantes como almidones modificados y/o geles para mejorar consistencia (Villegas *et al.*, 2010; Shekarabi *et al.*, 2021; Sipple *et al.*, 2021).

2.1.1.1.3. Bebidas con modificación de composición de grasas. Otra manera de reducir el contenido de grasa en bebidas es a través de la sustitución por grasas benéficas a la salud. Grasas con alto contenido de ácidos grasos insaturados como grasas vegetales y aceites marinos, se consideran candidatos para la sustitución debido a sus beneficios para la salud (Ward y Singh, 2005). Los ácidos grasos de interés son los CLA (ácido linoleico conjugado), EPA (ácido eicosapentaenoico), y DHA (ácido docosahexaenoico) debido a su efecto en funciones fisiológicas y prevención de enfermedades (Kolanowski and Laufenberg, 2006).

2.1.1.1.4. Bebidas con modificación de composición proteica. Las proteínas lácteas se pueden modificar para mejorar la funcionalidad o nutrición, por ejemplo, la caseína se

utiliza para mejorar la emulsificación. La hidrólisis de proteínas por enzimas incrementa el contenido de aminoácidos libres para su absorción post consumo (Sinha *et al.*, 2007).

2.1.1.1.5. Bebidas fortificadas. En las últimas décadas, productos fortificados han sido introducidos en el mercado donde algunos fortificantes que se usan en bebidas lácteas funcionales son el ácido linoléico conjugado, ácido eicopentaenoico, ácido docohexanoico, probióticos, prebióticos, fibra dietética, vitaminas, minerales, polifenoles, fitoesteroles, etc. (Ghasempour *et al.*, 2012; Mudgil *et al.*, 2016; Shree *et al.*, 2017). Las vitaminas hidrosolubles pueden ser utilizadas sin alterar las propiedades fisicoquímicas, sin embargo, su sensibilidad a oxidación es un reto para la industria debido a que la oxidación de vitaminas durante el almacenamiento de la bebida puede disminuir su concentración, ocasionar sabor indeseable y cambios de color en la bebida. Las bebidas lácteas se consideran un excelente vehículo de minerales por lo cual es una práctica común la fortificación mineral en donde es común la adición de calcio o el hierro. Existen sales minerales solubles e insolubles para la fortificación de bebidas lácteas. Las sales minerales solubles tienen buena biodisponibilidad, pero un sabor indeseable y las insolubles tienen buen sabor, pero causan ocasionalmente sedimentación (Bhat and Bhat, 2011).

Otros compuestos utilizados para fortificación son polifenoles de fuentes vegetales. Estos han atraído el interés durante la última década debido a los beneficios cardiacos que confieren. Sin embargo, los polifenoles generalmente reaccionan con las proteínas para formar un complejo iónico que produce inestabilidad en el producto. La fortificación de bebidas con fibra es de interés reciente pero solo se pueden utilizar fibras solubles en

bebidas, su uso en formulaciones puede provocar cambios de textura debido a sus propiedades reológicas lo cual limita la concentración a utilizar para que no afecten la textura de la bebida. Los fitoesteroles también se pueden usar como fortificantes en las bebidas lácteas ya que se asocian con una reducción de niveles de colesterol en sangre (Ozer and Kirmaci, 2010).

2.2. Linalool

2.2.1. Descripción y Propiedades Fisicoquímicas

El linalool (3,7-dimetil-1,6-octadinen-3-ol) es un monoterpenoide acíclico de la familia de los alcoholes terciarios con un grupo hidroxilo (Aprotosoaie *et al.*, 2014). El linalool tiene dos formas enantiomérias, S-(+)- y R-(-)-linalool, las cuales difieren en propiedades aromáticas sensoriales y fisiológicas (Peana, 2006). En la naturaleza es producido por las especies vegetales de los grupos *Lamiaceae* (mentas), *Lauraceae* (laureles, canela, palo de rosa) y *Rutaceae* (cítricos). El S-linalool se puede encontrar en aceites esenciales de semillas de cilantro (*Coriandrum sativum* L.), palma rosa (*Cymbopogon martinii* var martinii (Roxb.) Wats) y flores de naranja dulce (*Citrus sinensis* Osbeck) y su aroma es dulce y floral. El R-linalool está presente en aceites de la canela (*Cinnamomun camphora)*, palo de rosa, lavanda (*Lavandula officinalis* Chaix), laurel (*Laurusnobilis*) y albahaca (*Ocimum basilicum*, family Lamiaceae) y su aroma es leñoso y liláceo (Xiangyun, 2010).

El linalool es un compuesto no-polar soluble en solventes orgánicos (alcohol, éter, etc.,), aceites y propilenglicol y es sensible a oxidación, glucosilación, esterificación y metilación debido a los enlaces dobles y el grupo hidroxilo en su estructura. La modificación más

común es la oxidación que produce furanos y piranos típicamente encontrados en vinos, aromas florales y papaya. De estos óxidos del linalool, se pueden obtener aldehídos esteroisoméricos y alcoholes (Api *et al.*, 2015; Ilc *et al.*, 2016; Raguso, 2016). En el Cuadro 3 se mencionan las propiedades fisicoquímicas del linalool.

Cuadro 3. Propiedades fisicoquímicas del linalool.

Fórmula química	$C_{10}H_{18}O$
Apariencia	Líquido incoloro a amarillo pálido
Aroma	Floral o leñoso; similar al aceite de bergamota
Sabor	Floral, leñoso, dulce con notas tropicales
Peso molecular	154.25 g/mol
Densidad	0.87 g/mL (at 25°C)
Solubilidad en agua	0.00159 g/mL (at 25°C)
Punto de inflamación	78 °C
Punto de congelación	< -74 °C
Punto de fusión	< 20 °C
Viscosidad	0.004465 Pa/s (25 °C)
Índice de refracción	1.462 (20 °C)

Referencia: (Lapczynski *et al.*, 2008; Haynes, 2014; Api *et al.*, 2015)

2.2.2. Producción.

El linalool puede ser extraído de aceites esenciales vegetales y también producido industrialmente por la hemisíntesis de pineno natural por síntesis química. La extracción del linalool puede ser lograda a través de técnicas cromatográficas, pervaporación, microextraccion asistida por ultrasonido y métodos de fluidos supercríticos. En la

actualidad la mayor cantidad de linalool en el mercado es sintetizado de pineno natural o completamente sintético a través de reacciones complejas (Semikolenov, 2001; Galiano *et al.*, 2019; Chang *et al.*, 2020; Radu *et al.*, 2020).

2.2.3. Aplicaciones

En México no existen normas que regulen el uso o describan que el linalool es apto para consumo, sin embargo, el U.S. Code of Federal Regulations y la Food and Drug Administración (E.U.A.) clasifican el linalool como seguro y permiten el uso de saborizantes naturales y artificiales en bebidas, dulces, helados y productos horneados que contienen diferentes cantidades de linalool y sus ésteres (Shimizu *et al.*, 2007; Colliver *et al.*, 2007; Vilas *et al.*, 2009). Utilizando modelos in vitro e in vivo, se demostró que el linalool contiene un amplio espectro de propiedades bioactivas como antibacteriales y antioxidantes (Kamatou and Viljoen, 2008; Miyashita *et al.*, 2013; Fernandes, 2015; Asbahani *et al.*, 2015; Filip *et al.*, 2016). A continuación, se mencionan los beneficios estudiados.

2.2.3.1. Antiinflamatorio

La inflamación es una respuesta a un estímulo dañino. El aceite de incienso extraído de *Boswellia carterii* ha sido ampliamente utilizado en la medicina china para tratar la inflamación y dolor, incluyendo dismenorrea y dolor muscular, epigástrico y reumático. Linalool es uno de los principales componentes del aceite de incienso siendo el responsable de sus propiedades antiinflamatorias y efectos analgésicos al inhibir la sobreexpresión de la ciclooxigenasa-2 (COX-2). *Pasteurella multocida* es una bacteria gramnegativa que puede causar infecciones graves, especialmente en los pulmones de

los mamíferos. Wu *et al.*, (2014) informó que el linalool modula el estrés oxidativo confiriendo protección a los pulmones contra la inflamación producida por *P. multocida*. También se encontrado que el linalool activa el factor 2 relacionado con el factor nuclear eritroide 2 (Nrf-2), un regulador crítico de varios procesos inflamatorios y respuestas inmunitarias. Cuando se activa el Nrf-2 genera enzimas antioxidantes que podrían proporcionar resistencia contra inflamación pulmonar, infiltración de neutrófilos, liberación de citocinas proinflamatorias y carga bacteriana (Li *et al.*, 2015).

2.2.3.2 Antimicrobial

Park *et al.*, (2012) sugirió que el linalool exhibe su actividad antimicrobiana al alterar las paredes celulares bacterianas, inhibiendo la actividad enzimática bacteriana y suprimiendo la traducción de ciertos genes reguladores.

Otro ejemplo de las propiedades antibacterianas del linalool es su uso como anti-biofilm de patógenos que contaminan los alimentos, siendo una de las razones por las que es muy utilizado por la industria alimentaria. Las enfermedades transmitidas por los alimentos son causadas por la ingestión y/o el contacto con alimentos contaminados principalmente por uno de tres patógenos: *Salmonella, Escherichia coli y Campylobacter*. Duarte *et al.* (2016) informó que el aceite esencial de cilantro y su principal componente, el linalool, muestran actividad anti-biofilm contra cepas de *Campylobacter jejuni* y *Campylobacter coli*. Además, se demostró que el linalool tiene efecto inhibitorio a la peroxidación de lípidos, dichas propiedades podrían convertir el uso de los aceites esenciales altos en contenido de linalool en alternativas potenciales a los antioxidantes sintéticos ya que pueden mejorar la vida útil y aumentar la seguridad alimentaria, siendo extremadamente beneficioso para la industria alimentaria dado el origen natural de estos

compuestos (Souza, 2016). En el Cuadro 4 se mencionan aplicaciones del linalool como agente antimicrobiano y su modelo de acción.

Cuadro 4. Aplicaciones de linalool como agente antimicrobiano.

Fuente	Microorganismo	Mecanismo de Acción	Referencia
Linalool	Biofilm de *L. monocytogenes*	Cambios metabólicos en la célula	Gao *et al.*, 2019
	Shewanella putrefaciens	Destrucción de estructura celular y vertimiento de contenido citoplasmático	Guo *et al.*, 2021
	P. fluorescens	Inhibición de respiración celular, daño a paredes de la membrana celular e inhibición de síntesis de energía	Guo, 2021
	L. monocytogenes	Dispersión y destrucción de células en biofilm	Yang *et al.*, 2015
	Staphylococcus aureus en pollo crudo	Cambios metabólicos en la célula	D'souza *et al.*, 2019
Linalool y nanoemulsiones de linalool	*S. typhimurium en piña cortada*	Disrupción de Integridad de la pared celular	Prakash *et al.*, 2019
Aceite de cilantro y linalool	*Escherichia coli*	Interacción con fosfolípidos y proteínas de la membrana celular	Aelenei *et al.*, 2019

2.2.3.3. Analgésico

Varios estudios in vivo confirman las propiedades antinociceptivas y analgésicas del linalool. La nocicepción es la reacción del sistema nervioso sensorial a un estímulo

potencialmente dañino. El aceite esencial de *Citrus bergamia*, conocido como aceite de bergamota, ha demostrado propiedades antinociceptivas a través de los receptores opioides periféricos (Sakurada *et al.*, 2011). Los monoterpenos oxigenados, linalool y linalilo de acetato, son los principales constituyentes del aceite esencial de bergamota, siendo su actividad antinociceptiva relacionada a la cantidad de linalool presente en la composición del aceite (Kuwahara *et al.*, 2011). Kuwahata *et al.*, (2011) informaron, mediante el uso de pruebas de comportamiento, que la inyección local de linalool en modelos de ratones sometidos a hipersensibilidad neuropática inducida por ligadura parcial del nervio ciático (PSNL), reducía síntomas de dolor. Los efectos son el resultado de la reducción de la proteína quinasa regulada por señal extracelular espinal (ERK) activación.

2.2.3.4. Ansiolítico

Hoy en día, el ritmo acelerado de la vida diaria contribuye al aumento de la incidencia de enfermedades mentales en la mayoría de la población de los países desarrollados. En la medicina tradicional amazónica brasileña, se reconocen los aceites esenciales de *Aniba rosaeodora*, *Aniba parviflora* y *Aeollanthus suaveolens* por sus propiedades sedantes y antidepresivas. Una característica común de estos aceites esenciales es el alto contenido en linalool (del 45 al 88,6 %). Dos Santos *et al.* (2018) evaluaron las propiedades antidepresivas de la administración intraperitoneal de los aceites esenciales brasileños y linalool en modelos de ratones que fueron sometidos a diferentes pruebas de comportamiento, donde los resultados sugirieron que el linalool es el principal responsable de las propiedades antidepresivas y ansiolíticas de los aceites esenciales.

2.3. Emulsiones

2.3.1. Definición de Emulsiones

Una emulsión consta de dos líquidos inmiscibles (generalmente aceite y agua) en donde uno se dispersa como pequeñas gotas esféricas en el otro. En la mayoría de los alimentos, los diámetros de las gotas suelen oscilar entre 100 nm y 100 μm, pero recientemente ha habido interés en la utilización de emulsiones con diámetros más pequeños (d <100 nm) debido a sus propiedades fisicoquímicas. Las emulsiones pueden ser clasificadas según la distribución espacial relativa de las fases oleosa y acuosa. Un sistema que consta de gotas oleosas dispersas en una fase acuosa se denomina emulsión de aceite en agua (O/W), por ejemplo, leche, crema, aderezos, mayonesa, bebidas, sopas y salsas. Un sistema que consta de gotas acuosas dispersas en una fase oleosa se denomina emulsión de agua en aceite (W/O), por ejemplo, margarina y mantequilla. La sustancia que forma las gotas en una emulsión se denomina fase dispersa, discontinua o interna, mientras que la sustancia que forma el líquido circundante se denomina fase continua o externa (McClements, 2017).

2.3.2. Mecanismos de Inestabilidad

El término “estabilidad” se usa ampliamente para describir la capacidad de una emulsión para resistir cambios en sus propiedades con el tiempo. Una emulsión puede romperse debido a cambios físicos (cambios en la ubicación relativa de sus componentes) o

cambios químicos (cambios en la química de sus componentes). Existe una variedad de mecanismos fisicoquímicos que pueden ser responsables de las alteraciones en las propiedades de la emulsión y, por lo general, es necesario establecer cuáles de estos mecanismos son importantes en el sistema que se está considerando realizar antes de poder desarrollar estrategias efectivas para mejorar la estabilidad (Kim *et al.*, 2002).

La formación de crema y la sedimentación son formas de separación gravitacional. La formación de crema describe el desplazamiento ascendente de las gotas debido a que tienen una densidad menor que el líquido circundante, mientras que la sedimentación describe el movimiento descendente de las gotas debido a que tienen una densidad mayor que el líquido circundante (Clausse y Dalmazzone, 2014; Orr, 1988) .

La floculación y la coalescencia son ambos tipos de acumulación de gotas. La floculación ocurre cuando dos o más gotas se unen para formar un agregado en el que las gotas conservan su integridad individual, mientras que la coalescencia es el proceso por el cual dos o más gotas se unen para formar una sola gota más grande. La coalescencia extensa de gotas puede conducir eventualmente a la formación de una capa separada de aceite sobre una muestra, lo que se conoce como "desprendimiento de aceite" (Mei *et al.*, 1999; Mezzenga, 2005).

La inversión de fase es el proceso mediante el cual una emulsión O/W se convierte en una emulsión W/O, o viceversa. Además de los procesos físicos mencionados anteriormente, debe tenerse en cuenta que también existen varios procesos químicos, bioquímicos y microbiológicos que ocurren en las emulsiones alimentarias que también pueden afectar negativamente su vida útil y calidad, por ejemplo, oxidación de lípidos, hidrólisis enzimática y el crecimiento bacteriano (Landy, 1996).

2.3.3. Complejidad de las Emulsiones Alimenticias

La mayoría de las emulsiones alimentarias son mucho más complejas que los sistemas simples de tres componentes (aceite, agua y emulsificante). La fase acuosa puede contener una variedad de ingredientes solubles en agua, incluidos azúcares, sales, ácidos, bases, alcoholes, surfactantes, proteínas, polisacáridos y conservadores. La fase oleosa también puede contener una mezcla compleja de componentes solubles en lípidos, como triacilgliceroles, diacilgliceroles, monoacilgliceroles, ácidos grasos libres, esteroles, vitaminas, sustitutos de grasas, agentes de carga, colorantes, sabores y conservadores. La región interfacial puede contener una mezcla de diferentes componentes surfactantes, incluidas proteínas, polisacáridos, fosfolípidos, surfactantes, alcoholes y complejos moleculares. Además, estos componentes pueden formar varios tipos estructuras en el aceite, el agua o las regiones interfaciales (como cristales de grasa, cristales de hielo, agregados de biopolímeros, burbujas de aire, cristales líquidos y micelas de surfactantes), que a su vez pueden asociarse a formar estructuras más grandes (como biopolímeros o redes de partículas). Otro factor de complicación es que los alimentos están sujetos a variaciones en su temperatura, presión y agitación mecánica durante su producción, almacenamiento y manipulación, lo que puede causar alteraciones significativas en sus propiedades generales (Pashley, 2003; Walstra, 2003; Ubbink, 2008).

2.3.4. Ingredientes en Emulsiones

2.3.4.1. Grasas y aceites

Las grasas y los aceites forman parte de un grupo de compuestos conocidos como lípidos. Un lípido es un compuesto que es soluble en disolventes orgánicos, pero insoluble o sólo escasamente soluble en agua. Este grupo de compuestos contiene una gran cantidad de diferentes tipos de moléculas, incluidos triacilgliceroles, diacilgliceroles, monoacilgliceroles, ácidos grasos libres, esteroles y fosfolípidos. Los triacilgliceroles son, con mucho, los lípidos más comunes en los alimentos, y es este tipo de molécula la que generalmente se denomina grasa o aceite. Las grasas y aceites comestibles provienen de una variedad de fuentes diferentes, que incluyen plantas, semillas, nueces, animales y pescado (Damodaran *et al.*, 2007; Gunstone *et al.*, 2007; Akoh and Min, 2008; Belitz *et al.*, 2009; Brady, 2013).

2.3.4.2. Agua

El agua juega un papel importante en la determinación de las propiedades fisicoquímicas y organolépticas en los sistemas de las emulsiones alimentarias. Sus propiedades moleculares y estructurales únicas determinan en gran medida la solubilidad, la conformación y las interacciones de los demás componentes presentes en las soluciones acuosas (Bergethon, 2010). Por lo tanto, es crucial que los científicos de alimentos comprendan la contribución que hace el agua a las propiedades generales de las emulsiones alimentarias.

El agua generalmente se considera una sustancia químicamente distinta con la fórmula química H_2O. En la práctica, el “agua” utilizada en la preparación comercial de emulsiones

alimentarias normalmente contiene cantidades significativas de contaminantes orgánicos e inorgánicos que influyen en sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales, por ejemplo, ácidos, bases, minerales, microorganismos y sabores desagradables. Muchos de estos contaminantes pueden tener un efecto adverso en la calidad de los productos alimenticios a base de emulsión y, por lo tanto, a menudo se eliminan mediante el tratamiento del agua antes de su uso, por ejemplo, mediante métodos de precipitación, centrifugación, filtración o evaporación (Li *et al.*, 2014).

A menudo se incorpora una variedad de diferentes solutos en la fase acuosa de las emulsiones alimentarias para controlar sus propiedades fisicoquímicas y sensoriales, incluidos ácidos, bases, sales, tampones, azúcares, emulsificantes y biopolímeros. Cada ingrediente desempeña una o más funciones específicas en la determinación de las propiedades generales de una emulsión alimentaria, y estas funciones a menudo están influenciadas por la presencia de los demás ingredientes. Por lo tanto, es importante la identificación del rol o los múltiples roles que desempeña cada ingrediente dentro de una emulsión alimentaria en particular, y comprender cómo estos roles se ven influenciados por la presencia de otros ingredientes. Este conocimiento facilitará la selección racional de la combinación óptima de ingredientes requerida para producir las propiedades fisicoquímicas y sensoriales deseadas del producto final.

2.3.4.3. Emulsificadores

El término “emulsificante” se usa para describir cualquier sustancia que sea capaz de adsorberse en una interfase aceite-agua y proteger las gotas de emulsión de la agregación (floculación y/o coalescencia). Los emulsificantes más utilizados en la industria alimentaria son los surfactantes de molécula pequeña, fosfolípidos,

biopolímeros anfifílicos y ciertos tipos de materiales particulado. Estos emulsificantes varían ampliamente en su capacidad para formar y estabilizar emulsiones dependiendo de sus características moleculares y fisicoquímicas. Idealmente, un emulsificante debería adsorberse rápidamente en la interfase aceite-agua durante la homogeneización, reducir la tensión interfacial en una cantidad apreciable y evitar que ocurra la coalescencia de las gotas durante la homogeneización. Además, suele ser importante que el emulsificante forme una capa interfacial que evite la agregación de gotas en las condiciones ambientales que experimenta el producto durante la fabricación, el transporte, el almacenamiento y la utilización (Nelen, 2004; Norn, 2004; Qian, 2011).

2.3.4.4. Surfactante

El término “surfactante” se utiliza para referirse a aquellas moléculas tensioactivas relativamente pequeñas que consisten en un grupo hidrofílico de “cabeza” que tiene una alta afinidad por el agua, unido a un grupo lipofílico de “cola” que tiene una alta afinidad por el aceite (Stauffer, 1999; Walstra, 2003; Friberg *et al.*, 2004; Hasenhuettl, 2008; Kralova and Sjoblom, 2009). El papel principal de los surfactantes en las emulsiones alimentarias es mejorar la formación y la estabilidad de la emulsión. Sin embargo, también pueden alterar las propiedades de la emulsión de otras formas, incluida la formación de micelas, la interacción con biopolímeros o la modificación de la formación, el crecimiento y la estructura de los cristales de grasa. Hay disponible una amplia variedad de surfactantes para su uso en productos alimenticios. Estos surfactantes se pueden representar por la fórmula RX, donde X representa la cabeza hidrófila y R la cola lipófila. Las características de un surfactante particular dependen de la naturaleza de sus grupos de cabeza y cola. El grupo principal puede ser aniónico, catiónico, zwitteriónico o no

iónico, aunque la mayoría de los surfactantes utilizados en la industria alimentaria son no iónicos (monoglicéridos, Tweens, Spans, ACETEM y LACTEM), aniónicos (sales de ácidos grasos, sales de estearoil lactilato , DATEM y CITREM) o zwitteriónico (lecitina). El arginato láurico es uno de los pocos ejemplos de surfactantes catiónicos permitidos en determinadas aplicaciones alimentarias. El grupo de cola de los surfactantes suele estar formado por una o más cadenas hidrocarbonadas, que tienen entre 10 y 20 átomos de carbono por cadena. Las colas de los surfactantes pueden ser saturadas o insaturadas, lineales o ramificadas, y alifáticas y/o aromáticas, pero la mayoría de los surfactantes alimentarios tienen una o dos cadenas alifáticas lineales, que pueden estar saturadas.
o insaturado (Holmberg *et al.*, 2002; Myers, 2006).

Cada tipo de surfactante tiene propiedades funcionales que están determinadas por sus características moleculares y el entorno en el que opera. Es importante tener en cuenta que los surfactantes comerciales varían considerablemente en su costo, niveles de uso, estado legal, compatibilidad de ingredientes y facilidad de uso. Por lo tanto, no existe un único surfactante que sea adecuado para todas las aplicaciones alimentarias, y es necesario seleccionar el surfactante más apropiado para cada producto (Pugnaloni *et al.*, 2004).

Los surfactantes de calidad alimentaria se producen industrialmente mediante procesos químicos que utilizan una variedad de materias primas diferentes, como grasas, aceites, glicerol, ácidos orgánicos, azúcares y polioles (Hasenhuettl, 2008). A pesar de que normalmente se los denomina con un nombre químico específico, la mayoría de los surfactantes comerciales son en realidad mezclas muy complejas de varias especies químicas diferentes. Esta heterogeneidad composicional puede tener un gran impacto en sus propiedades funcionales tanto en estudios de laboratorio de propiedades de emulsión

como en su utilización como ingredientes en productos alimenticios. En consecuencia, a menudo es importante contar con métodos analíticos para determinar el tipo y la concentración de diferentes especies químicas presentes en un surfactante comercial.

Los surfactantes se usan a menudo en combinación con otros tipos de surfactantes, en lugar de como componentes individuales, ya que a menudo se pueden obtener propiedades funcionales mejoradas. Los ingredientes surfactantes para su uso en la industria alimentaria vienen en una variedad de formas diferentes, que incluyen líquidos, pastas, sólidos, polvos y perlas (Salager, 2005).

El surfactante normalmente se suspende en la fase en la que es más soluble antes de la homogeneización, de modo que los surfactantes solubles en agua se dispersan en la fase acuosa y los surfactantes solubles en aceite se dispersan en la fase lipídica. Aun así, también hay ejemplos en la industria alimentaria donde el surfactante simplemente se mezcla directamente con las fases oleosa y acuosa. Es posible que se requiera una variedad de tratamientos de procesamiento para garantizar que el surfactante se disperse adecuadamente (p. ej., cizallamiento y calentamiento), y generalmente los estipula el proveedor del ingrediente (Hombers, 2002; Yang and McClements, 2013).

2.3.4.5. Modificadores de textura

En las emulsiones alimentarias se añaden ingredientes para modificar la textura de la fase continua (normalmente la fase acuosa de las emulsiones de aceite en agua). Estos modificadores de textura se pueden dividir en “agentes espesantes” y “agentes gelificantes” según el origen molecular de sus características funcionales. Los agentes espesantes son ingredientes cuyas características funcionales se deben a su conformación molecular muy extendida en solución, mientras que los gelificantes son

aquellos ingredientes cuyas características funcionales se deben a su capacidad de asociarse entre sí a través de enlaces cruzados intermoleculares. No obstante, en la práctica, a menudo no existe una distinción clara entre estas dos categorías ya que los agentes espesantes pueden formar geles cuando se usan en concentraciones suficientemente altas y los agentes gelificantes pueden aumentar la viscosidad de las soluciones acuosas (sin formar geles) cuando se usan en concentraciones suficientemente altas (Helgason, 2008; Gomez-Guillen *et al.*, 2011).

Las funciones principales de los modificadores de textura en las emulsiones alimentarias son proporcionar al producto características de textura y sensación en la boca deseables, y mejorar la estabilidad de la emulsión al reducir la velocidad a la que se mueven las partículas, como gotas de aceite, hierbas, especias y burbujas de aire (Foegeding, 2006).

2.3.4.6. Espesantes

La función principal de los espesantes en las emulsiones alimentarias es aumentar la viscosidad de la fase acuosa de las emulsiones de aceite en agua. Esta mejora de viscosidad modifica la textura y la sensación bucal de los productos, también reduce la velocidad de sedimentación o cremado. Los agentes espesantes generalmente son polvos o gránulos que consisten en uno o más tipos de biopolímeros y otros componentes (como azúcares o minerales). Los biopolímeros presentes generalmente existen como moléculas altamente hidratadas y extendidas en soluciones acuosas. Su capacidad para aumentar la viscosidad de una solución depende principalmente de su peso molecular, grado de ramificación, conformación y flexibilidad (Damodaran, 2007; Dickinson, 2011).

2.3.4.7. Antioxidantes

La oxidación de lípidos es una de las reacciones químicas más importantes que ocurren en las emulsiones alimentarias que provoca deterioro de la calidad del producto. La oxidación de lípidos puede producir mal sabor, pérdida de lípidos poliinsaturados benéficos y formación de productos potencialmente tóxicos. La “oxidación de lípidos” es un término que se utiliza para describir una secuencia compleja de cambios químicos que resultan de la interacción de lípidos con moléculas activas de oxígeno. El mecanismo de oxidación depende de la naturaleza de las especies reactivas presentes y de su entorno fisicoquímico y se puede dividir en tres etapas distintas: iniciación, propagación y terminación (McClements y Decker, 2000; Waraho *et al.*, 2011; Dominuez et *al.*, 2019).
Uno de los medios más efectivos para retrasar la oxidación de lípidos en alimentos grasos es incorporar antioxidantes. Los antioxidantes funcionan mediante una variedad de métodos diferentes, incluido el control de los medios de oxidación (oxígeno y lípidos), el control de prooxidantes (especies reactivas de oxígeno y metales prooxidantes) y la inactivación de radicales libres. Se pueden dividir en dos categorías según el mecanismo de acción: antioxidantes primarios y antioxidantes secundarios (Jacobsenm *et al.*, 2008). Los antioxidantes primarios retardan la oxidación de lípidos porque tienen la capacidad de aceptar radicales libres, retardando la iniciación o interrumpiendo el paso de propagación. La eficacia de estos antioxidantes depende de su estructura química, las condiciones de la solución (pH, fuerza iónica y temperatura) y el ambiente fisicoquímico (aceite, agua o región interfacial). Los antioxidantes que son efectivos para retardar la oxidación de lípidos en aceites pueden ser inefectivos en emulsiones debido a las diferencias de su ubicación en relación con los sustratos lipídicos o prooxidantes. Muchos aditivos alimentarios sintéticos, como BHA, BHT y TBHQ, son antioxidantes comunes que

rompen cadenas y se usan en los sistemas alimentarios. Estos antioxidantes sintéticos suelen ser muy eficaces para controlar la oxidación de lípidos; sin embargo, la demanda de los consumidores por alimentos naturales ha llevado a la industria alimentaria a buscar alternativas más “limpias”. Por esta razón, se han llevado a cabo varios estudios para evaluar la eficacia de los antioxidantes naturales que rompen cadenas en aceites y emulsiones, incluidos los tocoferoles, extractos de frutas y extractos de plantas (Liebler and McClure, 1996; Marin, 1964; Xu et al., 2021; Farooq, 2021; Thbayh and Fiser, 2022). Los antioxidantes secundarios pueden retardar la oxidación de lípidos a través de diferentes mecanismos que incluyen la quelación de metales, reposición de hidrógeno a los antioxidantes primarios, eliminación de oxígeno y inactivación de especies reactivas. Cabe señalar que ninguno de estos mecanismos implica la conversión de especies de radicales libres en productos más estables. Desde el punto de vista de las emulsiones de aceite en agua, el tipo más importante de antioxidantes secundarios son los queladores de iones de metales. Se ha demostrado que la presencia de metales de transición, como hierro o cobre, en la fase acuosa de emulsiones de aceite en agua es un factor importante en la oxidación de lípidos. La efectividad de los metales para promover oxidación de lípidos aumenta dramáticamente cuando están ubicados cerca de las superficies de las gotas porque están más cerca del sustrato lipídico. En consecuencia, se esperaría que cualquier componente de la fase acuosa que quelate los metales de transición y los elimine de alrededor de la superficie de la gota retrase la oxidación de los lípidos. Una variedad de agentes quelantes sintéticos y naturales están disponibles como aditivos para prevenir la oxidación de lípidos en los alimentos, por ejemplo, EDTA, ácido fosfórico, polifosfatos, ácido cítrico, otros ácidos orgánicos, proteínas y polisacáridos. La elección de un agente quelante particular depende del tipo de alimento específico. Hay una serie

de medios para retardar la oxidación de los aceites emulsionados, que no están disponibles para retardar la oxidación de los aceites a granel. Por ejemplo, la oxidación de lípidos se puede retardar en emulsiones de aceite en agua al recubrir las gotas de aceite con una membrana interfacial relativamente gruesa que está cargada positivamente para evitar que los iones de metales de transición entren en contacto cercano con los lípidos dentro de las gotas. En la práctica, el medio más eficaz para controlar la oxidación de lípidos en emulsiones suele ser el uso de una combinación de diferentes estrategias antioxidantes (Krinsky, 1998; Celus *et al.*, 2020; Xu, et al., 2021; Feng, 2022).

2.3.5. Formación de Emulsiones

La formación de una emulsión puede implicar un solo paso o varios pasos consecutivos, según la naturaleza del material de partida y el método utilizado para crearlo. Antes de convertir las fases oleosa y acuosa en una emulsión, es necesario dispersar los diversos ingredientes funcionales en la fase en la que son más solubles (Gopal, 1968; Godarsi, 2021).

Los ingredientes solubles en aceite, como vitaminas lipófilas, colorantes, antioxidantes y surfactantes, se mezclan con la fase oleosa, mientras que los ingredientes solubles en agua, como proteínas hidrófilas, polisacáridos, azúcares, sales, tampones, vitaminas hidrófilas, colorantes, antioxidantes y surfactantes, se mezclan con la fase acuosa. Dicho esto, en la industria, a veces, los ingredientes predominantemente solubles en agua se dispersan inicialmente en la fase oleosa (como ciertos surfactantes, fosfolípidos o biopolímeros), ya que la experiencia práctica ha demostrado que se pueden formar sistemas más estables o que el procesamiento es más eficiente. En algunas situaciones,

es más conveniente incorporar ingredientes funcionales en polvo directamente a una mezcla de aceite y agua, independientemente de la fase en la que los ingredientes sean más solubles, ya que esto ayuda a evitar la formación de grumos y facilita la dispersión durante los procesos posteriores de mezclado y homogeneización. Ciertos tipos de ingredientes en polvo a menudo se mezclan antes de agregarlos a la para facilitar la dispersión y disolución (Kentish *et al.*, 2008).

A menudo se requiere una mezcla de alta velocidad para evitar que los ingredientes se aglomeren y que se peguen a los lados del recipiente. Ciertos ingredientes funcionales utilizados para formular emulsiones requieren un tratamiento térmico después de su incorporación al sistema ya que esto promueve algún tipo de cambio conformacional que facilita su dispersión y disolución, por ejemplo, el calentamiento por encima de la temperatura de transición de hélice a bobina de un polisacárido o proteína. Por otro lado, es importante no sobrecalentar otros ingredientes, porque esto afecta negativamente a su funcionalidad: por ejemplo, calentar una proteína globular por encima de su temperatura de desnaturalización térmica. Por lo tanto, puede ser importante estar al tanto de cualquier temperatura crítica asociada con ingredientes específicos utilizados para formular una emulsión (Menon y Wasan, 1985; Zembyla *et al.*, 2020).

La intensidad y duración del proceso de mezcla depende del tiempo requerido para solvatar y distribuir uniformemente los ingredientes. La solvatación adecuada es importante para la funcionalidad de una serie de componentes alimentarios: por ejemplo, las propiedades emulsificantes de las proteínas a menudo se mejoran al permitirles que se hidraten por completo antes de la homogeneización. Si la fase lipídica contiene algún material cristalino, es necesario calentarlo a una temperatura en la que toda la grasa se derrita antes de la homogeneización; de lo contrario, es difícil crear una emulsión estable

(y los homogeneizadores pueden obstruirse). Por otro lado, el calentamiento excesivo de lípidos térmicamente lábiles puede afectar negativamente la calidad del producto: por ejemplo, la oxidación de lípidos poliinsaturados como los ácidos grasos ω-3 o los carotenoides. La mayoría de los proveedores de ingredientes brindan instrucciones detalladas sobre las condiciones óptimas requeridas para dispersar los ingredientes durante la formación de la emulsión, por ejemplo, requisitos de mezcla, solvente y temperatura (Karbstein, 1995; Delmas *et al.*, 2011).

El proceso de convertir dos líquidos inmiscibles en una emulsión se conoce como homogeneización, y un dispositivo mecánico diseñado para llevar a cabo este proceso se denomina homogeneizador. La homogeneización de alta energía se puede dividir en dos categorías dependiendo de la naturaleza del material de partida utilizado. La creación de una emulsión directamente a partir de dos líquidos separados se conoce como homogeneización primaria, mientras que la reducción del tamaño de las gotas en una emulsión ya existente se conoce como homogeneización secundaria. La creación de un tipo particular de emulsión alimentaria puede implicar cualquiera de estos tipos de homogeneización, o una combinación de ambas. Por ejemplo, la preparación de un aderezo para ensaladas en casa en la cocina se suele realizar por homogeneización directa de las fases acuosa y oleosa utilizando un tenedor, batidor o batidora, y es por tanto un ejemplo de homogeneización primaria. Por el contrario, la leche homogeneizada se fabrica reduciendo el tamaño de los glóbulos de grasa preexistentes en la leche cruda, por lo que es un ejemplo de homogeneización secundaria. En muchas operaciones de procesamiento de alimentos y laboratorios de investigación, es más eficiente preparar una emulsión usando dos pasos secuenciales. Las fases separadas de aceite y agua se convierten primero en una emulsión gruesa que contiene gotas bastante grandes

utilizando un tipo de homogeneizador (ej., un mezclador de alto cizallamiento), y luego se reduce el tamaño de las gotas utilizando otro tipo de homogeneizador (ej., un homogeneizador de válvula de alta presión). Muchos de los mismos procesos físicos ocurren durante la homogeneización primaria y secundaria (p. ej., mezcla, ruptura de gotas y coalescencia de gotas), por lo que no hay una distinción clara entre ellos (Taisne *et al.*, 1996; Choi *et al.*, 2011; Hakanson, 2019).

2.3.5.1. Métodos de homogenización de baja energía

El interés en el desarrollo de métodos de homogeneización de baja energía ha aumentado para producir emulsiones debido a sus ventajas potenciales para ciertas aplicaciones, por ejemplo, bajo costo de equipo, simplicidad de operación y capacidad para producir gotas de tamaño muy pequeño (Santana *et al.*, 2013). Estos métodos se basan en la formación espontánea de gotitas de aceite en ciertos tipos de mezclas de surfactante, aceite y agua (SOW) cuando su composición o el entorno se alteran de una manera específica. Varios de estos métodos de baja energía se pueden utilizar para fabricar emulsiones de calidad alimentaria. (Anton and Vandamme, 2009; McClements and Rao, 2011; Solans and Sole, 2012; Safala and Rotlilawa, 2020).

Las principales ventajas de los métodos de homogeneización de baja energía son que son muy simples de implementar, no requieren ningún equipo costoso y pueden producir gotas de emulsión muy finas (a menudo tan pequeñas que producen sistemas transparentes). Las principales desventajas son que, por lo general, requieren proporciones de surfactante a aceite relativamente altas, y actualmente solo se pueden utilizar con surfactantes sintéticos y ciertos tipos de fases oleosas (Komaiko y McClements, 2015). Ambos métodos son capaces de producir gotas pequeñas a altas

concentraciones de surfactante, pero sólo el método de alta energía puede producir gotas pequeñas a bajos niveles de surfactante. Existen diferentes métodos de baja energía, en esta tesis se profundizará en el método emulsificación espontánea.

2.3.5.2. Emulsificación espontánea

Los métodos de emulsificación espontánea involucran la titulación de una mezcla de aceite y surfactante soluble en agua en una fase acuosa con agitación continua (Saberi *et al.*, 2013). Pequeñas gotas de aceite se forman espontáneamente en el límite agua-aceite a medida que las moléculas de surfactante se mueven de la fase de aceite a la fase de agua.

2.3.5.2.1. Condiciones de preparación. Existen un número de factores importantes relacionados con las condiciones de preparación que se deben de considerar al momento de preparar emulsiones o nanoemulsiones utilizando ingredientes grado alimenticio por el método de emulsión espontánea (Bouchemal *et al.*, 2004; Dias *et al.*, 2014). Posteriormente a la adición de la fase orgánica a la fase acuosa es necesario asegurar que la fase orgánica sea homogénea. Normalmente, aceite y un surfactante hidrofílico son mezclados para asegurar que estén completamente mezclados. La fase orgánica resultante es posteriormente titulada hacia la fase acuosa a un flujo controlado provocando la formación de gotas pequeñas. Finalmente, agitación adicional puede ser requerida para asegurar que el sistema sea homogéneo y cualquier fase bicontinua esté totalmente integrada. El proceso completo puede describirse a grandes rasgos en 3 pasos:

1. Mezclado de la fase orgánica (aceite + surfactante)

2. Titulación de la fase orgánica a la acuosa
3. Agitación adicional

Las condiciones de preparación que han sido investigadas incluyen temperatura de preparación, velocidad de agitación, tasa de adición y ubicación del surfactante (McClements, 2012; Li *et al*., 2020).

2.3.5.2.2. Temperatura de preparación. La temperatura inicial de las fases orgánicas y acuosas pueden ser las mismas o diferentes. Por ejemplo, Saberi *et al.* (2013) ha agregado la fase orgánica a temperaturas elevadas en fases acuosas a temperatura ambiente y Komaiko y McClements (2015) agregaron la fase orgánica a la acuosa a las mismas temperaturas. Para emulsiones realizadas con MCT (Triglicéridos de cadena media) y vitamina E, se encontró que existe un decrecimiento del tamaño de partícula al aumentar la temperatura de preparación. Al comparar emulsiones cuyas fases orgánicas fueron mantenidas a 25 °C con las fases orgánicas que se mantuvieron a 90°C, se encontró que el diámetro de partícula disminuyó de 55 a 48 nm a una concentración surfactante-a-emulsión (CSE) de 10% y de 107 a 89 nm a una CSE de 5%. Esta diferencia en tamaños de partícula se puede deber a una disminución de viscosidad (la cual facilita la rapidez de movimiento del surfactante, aceite y moléculas de agua), un cambio de geometría molecular en los surfactantes no-ionicos utilizados, un incremento en la solubilidad lipofílica del surfactante y/o disminución de la tensión interfacial en cuanto la temperatura de fase de inversión es alcanzada (Saberi *et al.*, 2013). Observaciones similares se reportaron al controlar la temperatura durante el proceso de emulsión espontánea (Komaiko and McClements, 2015). El tamaño de partícula disminuyó al aumentar de 25 °C a 50 °C en un sistema con MCT y campanthina y utilizando una

combinación de Tween 80 y Span 20 como surfactantes. En general pareciese que la emulsión espontánea es facilitada cuando la temperatura de preparación es incrementada.

2.3.5.2.3. Velocidad de agitación. Las condiciones de agitación durante la formación de la emulsión por emulsificación espontánea también influyen en el tamaño de las partículas producidas, típicamente disminuyendo el diámetro de partícula con el incremento de la velocidad de agitación. Saberi *et al.*, (2016) encontró que incrementando la velocidad de agitación de 200 a 800 rpm disminuyo el diámetro de partícula en un sistema conteniendo citamina E, MCT y Tween 80. Guttoff (2015) obtuvo resultados similares en un sistema con vitamina D, MCT y Tween 80. La agitación es probablemente necesaria para facilitar el transporte del surfactante, aceite y moléculas de agua y para facilitar la disrupción de la microemulsión formado en el límite entre la fase acuosa y orgánica (Saberi *et al.*, 2013). Otros estudios han demostrado que el efecto de la velocidad de agitación puede depender de la concentración del surfactante. En un sistema conformado por MCT/capsantina, Tween 80 y Span 20 se presentaron diferentes resultados con diferentes niveles de concentración de surfactante. A menores concentraciones de surfactante, el incremento de velocidad de agitación disminuía el tamaño de partícula.

2.3.5.2.4. Tiempo de adición. Algunos estudios han demostrado la importancia del control de adición de la fase orgánica en la fase acuosa. Si la adición de la fase orgánica se lleva a cabo muy rápido se forman grumos grandes de surfactante-aceite-agua que son muy difíciles de disolver en la fase acuosa (Yang *et al.*, 2012). Otros estudios también

han reportado que el tamaño de gotas producidos por emulsificación espontánea incrementa cuando la fase orgánica es agregada rápidamente (Komaiko and McClements, 2014). Cada sistema tiene que ser investigado para determinar cuál es el flujo máximo de adición para lograr gotas pequeñas en un tiempo razonable. En general la mayoría de los investigadores usan tiempos de entre 5 y 15 minutos, que es probablemente más tiempo del necesario para generar gotas pequeñas.

2.3.6. Emulsiones Alimenticias

2.3.6.1. Leche

La leche es uno de los pocos productos alimenticios que existen naturalmente en forma de emulsión (Walstra, 1999; Walstra *et al.*, 2005). En su estado original, la leche es una emulsión de aceite en agua que consiste en glóbulos de grasa de leche suspendidos en una fase acuosa que contiene proteínas, carbohidratos y minerales. La función principal de la leche en la naturaleza es servir como un sistema de suministro de nutrientes para los bebés de los mamíferos, por lo que contiene una mezcla compleja de nutrientes esenciales para el crecimiento del bebé, por ejemplo, proteínas, carbohidratos, lípidos, minerales y vitaminas. En las sociedades modernas, la leche rara vez se consume en su estado natural y, por lo general, se somete a algún tipo de procesamiento antes del consumo, por ejemplo, separación, homogeneización, pasteurización y/o esterilización. La leche también se puede procesar para crear muchos otros productos alimenticios populares, como crema, helado, yogur, queso y mantequilla (Hillian *et al.*, 2000; Argan, 2015).

2.3.6.1.1. Composición. La composición de la leche varía según la especie de mamífero, las variaciones genéticas, la edad, la etapa de lactancia, la dieta, el hábitat, el clima, las condiciones de almacenamiento, etc. Sin embargo, las concentraciones de los componentes principales en la leche bovina tienden a caer dentro de ciertos rangos bien definidos.

2.3.6.1.Bebidas

En general, el término "emulsión bebible" se refiere a cualquier emulsión aceite en agua que se pueda beber, por ejemplo, té, café, leche, fórmula infantil, bebidas deportivas, bebidas de frutas y refrescos. En esta sección, el término se usa de manera restringida para referirse a bebidas no lácteas y no carbonatadas que se beben frías (bebidas de frutas y cola) porque esta categoría de productos tiene composiciones y características fisicoquímicas comunes (Piorkowski y McClements, 2014). Este tipo de producto se puede dividir en dos categorías: emulsiones saborizadas, que se utilizan para brindar una combinación de sabor, turbidez y color a los productos terminados; emulsiones de enturbiamiento de bebidas, que se utilizan principalmente para enturbiar los productos terminados.

Las emulsiones bebibles generalmente se preparan en una forma relativamente concentrada (10-30% en peso de aceite) ya que esto facilita su transporte y almacenamiento. Posteriormente, se prepara el producto final (<0,1% en peso de aceite) diluyendo la emulsión concentrada con una solución acuosa. El concentrado a menudo se elabora en una fábrica y se envía a otra instalación de producción para su dilución. La formulación y producción de emulsiones de bebidas que tienen una vida útil prolongada requiere una comprensión profunda de los factores que determinan sus propiedades

fisicoquímicas. La industria de las bebidas se enfrenta a nuevos desafíos en la formulación de productos a medida que introduce bebidas con nuevos sabores y apariencias, e introduce bebidas que promueven la salud fortificadas con vitaminas, minerales u otros nutracéuticos (Buffo, 2001; Tan, 2007).

2.3.6.1.1. Concentrado de emulsión de bebida. Los concentrados de emulsión estables se pueden formar utilizando métodos de homogeneización de alta o baja energía según el tipo de aceite y emulsificante utilizado (Piorkowski y McClements, 2014). Los métodos de alta energía se pueden usar para fabricar emulsiones de bebidas a partir de goma arábiga, almidón modificado, proteínas y surfactantes de molécula pequeña, mientras que los métodos de baja energía solo se pueden usar para ciertos tipos de aceite y surfactante de molécula pequeña. Para la homogeneización de baja energía, el surfactante soluble en agua y la fase oleosa se mezclan inicialmente y luego se agregan a la fase acuosa con agitación continua. Si se utilizan el aceite y el surfactante adecuados, este proceso conduce a la formación espontánea de pequeñas gotas de aceite sin necesidad de un homogeneizador.

2.3.6.1.2. Producto terminado. El producto terminado se crea diluyendo el concentrado de emulsión de bebida con una fase acuosa que contiene acidulantes, colorantes, sabores, conservantes, etc. Por lo general, el concentrado se diluye de 500 a 1000 veces para producir un producto final con una concentración de aceite inferior a alrededor de 20 mg L^{-1} para un producto listo para beber (Dado, 2009). El producto final puede volver a homogeneizarse para garantizar que los colorantes, sabores y conservantes no polares se incorporen por completo a las gotas de aceite. Luego, el producto se envasa en una

botella, caja de cartón, bolsa u otro recipiente adecuado antes (aséptico) o después (no aséptico) del procesamiento térmico para garantizar la estabilidad microbiana. La selección adecuada de los ingredientes y las condiciones de procesamiento conducen a productos de bebidas comerciales con una vida útil más larga que 2 meses (Piorkowski y McClements 2014). Sin embargo, los atributos sensoriales de un producto pueden deteriorarse durante un almacenamiento prolongado como resultado de cambios indeseables en sus propiedades físicas o químicas.

2.3.7. Sistemas de Entrega Basados en Emulsiones

Una de las razones más importantes para utilizar sistemas de administración basados en emulsión es la encapsulación, protección y liberación controlada de ingredientes activos.

Los ingredientes activos utilizados por la industria alimentaria pueden aislarse de fuentes naturales o pueden sintetizarse químicamente. Los ingredientes sintetizados químicamente pueden ser "idénticos a los naturales" (es decir, tienen la misma estructura y reactividad que las moléculas que se encuentran en la naturaleza) o pueden ser moléculas completamente nuevas que normalmente no se encuentran en la naturaleza. Esta es una consideración importante para los fabricantes de alimentos cuando seleccionan ingredientes activos para productos particulares, ya que los consumidores a menudo prefieren ingredientes naturales en lugar de sintéticos. Además, cualquier ingrediente alimentario recién sintetizado debe someterse a pruebas exhaustivas y obstáculos reglamentarios para garantizar que sea seguro de usar, lo que lleva mucho tiempo y es costoso. En consecuencia, existe una tendencia hacia la utilización de ingredientes más naturales en muchos productos alimenticios y bebidas (Damodaran *et al.*, 2008; Igoe, 2011; Msagati, 2013).

2.3.7.1. Características deseables de los sistemas de entrega

Existe una serie de características que cualquier sistema de suministro basado en emulsión debe tener si va a ser adecuado para su uso en la industria alimentaria. A continuación, se resumen algunas de las más importantes de estas características:

- Grado alimentario: el sistema de entrega debe fabricarse completamente con ingredientes alimentarios y operaciones de procesamiento que cuenten con la aprobación reglamentaria en el país donde se venderá el alimento.
- Producción económica: el sistema de administración debe poder fabricarse económicamente a partir de ingredientes rentables. Los beneficios obtenidos al encapsular un ingrediente activo dentro un sistema de entrega (por ejemplo, manejo mejorado, vida útil, comerciabilidad, funcionalidad o biodisponibilidad) debería compensar los costos adicionales asociados con la encapsulación.
- Compatibilidad con la matriz alimentaria: el sistema de suministro debe ser compatible con el alimento o bebida al que se incorporará, es decir, no debe afectar negativamente la apariencia, la textura, el sabor o la vida útil del producto. Por ejemplo, si se va a incorporar un ingrediente activo en una bebida clara, debe incorporarse a un sistema de suministro que no aumente la turbidez.
- Protección contra la degradación química: Es posible que se deba diseñar un sistema de administración para proteger un ingrediente activo contra alguna forma de degradación química o bioquímica durante el almacenamiento o después de la ingestión, por ejemplo, oxidación, hidrólisis, metabolismo, etc. Conocimiento del mecanismo de degradación y los principales factores que lo afectan (p. ej.,

oxígeno, luz, pH, calor, actividad enzimática, etc.) facilitarán el diseño de un sistema de administración más eficaz.

- Capacidad de carga, eficiencia de encapsulación y retención: Idealmente, un sistema de entrega debería ser capaz de encapsular una cantidad relativamente grande de ingrediente activo por unidad de masa de material portador, y debería retener eficientemente el ingrediente encapsulado hasta que sea necesario entregarlo en el sitio de acción. Además, a menudo es importante que un alto porcentaje del ingrediente activo agregado esté realmente encapsulado dentro del material de soporte.
- Mecanismo de administración: Es posible que el sistema de administración deba diseñarse de manera que libere el ingrediente activo en un sitio de acción particular, a un ritmo controlado o en respuesta a un desencadenante ambiental específico (p. ej., pH, fuerza iónica, temperatura o actividad enzimática) (Desai and Park, 2005; Drusch and Schwarz, 2006, Madene *et al.*, 2006).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Diseño Experimental

El efecto de la utilización de tres concentraciones de linalool (0.012%, 0.024% y 0.036%) se evaluó como suplemento para la elaboración de una bebida láctea con un tratamiento control (sin linalool).

Las variables experimentales que se evaluaron fueron las siguientes:

1. Caracterización Reológica: Índice de cremado (%) y viscosidad (cP).
2. Evaluación sensorial: Preferencia general y Satisfacción de Apreciación General, Sabor Lavanda, Aroma, Color, Dulzor y Textura (Escala hedónica 7 puntos).
3. Caracterización Bromatológica: Materia seca (%), humedad (%), cenizas (%), proteínas (%) y grasa (%).
4. Caracterización Microbiológica: Mesófilos aerobios (UFC/mL), hongos y levaduras (UFC/mL), coliformes totales (UFC/mL), *Escherichia coli* (UFC/mL) y *Salmonella spp* (UFC/mL).
5. Vida de anaquel Microbiológica: Mesófilos aerobios (UFC/mL), hongos y levaduras (UFC/mL) a los días 2, 8, 15 y 22 de almacenamiento a 4 ± 2°C.
6. Vida de anaquel por observación: Cambio de color (CC), separación (SP), sedimentación (SD), reintegración de sedimento (RSD) y reintegración de separación (RSP) a los días 2, 8, 15 y 22 de almacenamiento a 4 ± 2°C.

7. Fenoles Totales (mg AG/L).
8. Capacidad Antioxidante por los métodos DPPH, ABTS y FRAP (umol Trolox / L).

Cuatro tratamientos con diferentes concentraciones de linalool (0.0%, 0.012%, 0.024% y 0.036%) se elaboraron donde previamente se realizaron ajustes modificaciones pertinentes para desarrollar el método de elaboración de la bebida. Inicialmente, se mezcló por 1 min. a 400 rpm el benzoato de sodio (0.08%), agua (30%), goma guar al 10% hidratada en agua (15.2%) y la emulsión de linalool (0.0%, 0.15%, 0.3% y 0.45%). Posteriormente, se agregó la leche descremada (54%) y se mantuvo en agitación por 2 minutos adicionales. Finalmente, las muestras se pasteurizaron a 63°C por 30 min y se almacenaron en refrigeración a 4 ± 2 °C.

La elaboración de las bebidas se llevó a cabo en el laboratorio del Centro de Agricultura Protegida de la Facultad de Agronomía de la Universidad Autónoma de Nuevo León. Para el experimento se utilizó leche descremada ultrapasteurizada almacenada a 4° C. La composición de la leche bovina fue de 3.1% de proteína, 0.5% grasa y 4.79% de azúcares según la etiqueta del productor. El linalool fue obtenido a través de Bulk Natural LLC, DBA True Terpenes (Portland, Estados Unidos). El aceite de triglicéridos de cadena media (MCT) fue obtenido de Noverek & Associates (Tlaquepaque, México). Un surfactante no iónico de grado alimenticio (Tween 80) fue obtenido de Fábricas Azumex (Puebla, México). El benzoato de sodio y la goma guar fueron obtenidos de Mi Granero (Cholula, México). En el Cuadro 5 se presentan las formulaciones de cada tratamiento.

Cuadro 5. Formulaciones de los tratamientos.

Ingredientes (%) †		Tratamientos‡			
		T0	T1	T2	T3
Emulsión	Linalool	-	0.012	0.024	0.036
	MCT	-	0.003	0.006	0.009
	Tween 80	-	0.015	0.030	0.045
	Goma arábiga hidratada (10%)	-	0.12	0.26	0.38
Matriz láctea	Leche descremada	54.72	54.57	54.40	54.24
	Agua	30.00	30.00	30.00	30.00
	Benzoato de sodio	0.08	0.08	0.08	0.08
	Goma arábiga hidratada (10%)	15.20	15.20	15.20	15.20

† MCT: Triglicéridos de cadena media. T0 = 0.00%; T1 = 0.012%; T2 0.024%; T3 = 0.036%

3.1.1. Preparación de la Emulsión

Para preparar la emulsión se siguió el método propuesto por Komaiko & McClements (2016). En términos generales, la emulsificación espontánea se elaboró agregando una fase orgánica (linalool, MCT y Tween 80) a una fase acuosa (agua purificada y goma guar) mientras el sistema estaba en agitación magnética. Finalmente, la fase orgánica fue agregada gota a gota a la fase acuosa en agitación constante a 750 rpm en un periodo de 15 minutos y a una temperatura ambiental de 25°C.

3.1.1.2. Preparación de la fase orgánica. Para la fase orgánica se mezcló MCT (2g), linalool (8g) y Tween 80 (10g) a 750 rpm durante 10 minutos y se calentó a baño maría a 90°C por 20 minutos.

3.1.1.3. Preparación de la Fase acuosa. La fase acuosa se conformó de 72 g de agua purificada y 8 g de goma guar. La mezcla se agitó a 400 RPM por 20 minutos a 60°C y se preparó con un día de antelación al experimento para asegurar la hidratación completa de la goma.

3.2. Estabilidad

Para la evaluación de la estabilidad de los tratamientos se realizaron cuatro repeticiones analizadas por duplicado en los laboratorios del Centro de Agricultura Protegida y Química de la Facultad de Agronomía.

3.2.1. Índice de Cremado

El índice de cremado de los tratamientos se analizó según la metodología planeada por Anandan (2016) almacenando las muestras en tubos graduados de 10 mL a 4 ± 2 °C y se monitoreó durante 8 días midiendo el volumen de la capa superior rica en lípidos (VL) y el volumen total de la bebida (VT). Para mejorar la visibilidad de la separación de fases, se agregó a cada muestra 0.4 g de colorante Sudan III (0.5% en alcohol etílico 70°). El índice de cremado (IC %) se determinó con la siguiente ecuación:

$$\text{Índice de Cremado \%} = (V_T - V_L/V_T) \times 100$$

3.2.2. Viscosidad

La viscosidad de los tratamientos se analizó a 8 ± 2 °C en el día 2 con un viscosímetro Brookfield de cono y plato (LVDV-I PRIME C/P) equipado con un cono de 2.4 cm 0.8°. El husillo que se usó fue el CPE-64, el cual es adecuado para viscosidades de 0.3 – 1028 cP.

3.3. Caracterización Bromatológica y Microbiológica

Las caracterizaciones bromatológicas y microbiológicas de los tratamientos se realizaron con dos repeticiones analizados por triplicado en el Laboratorio de Nutrición y Calidad de los Alimentos de la Facultad de Agronomía y en el Laboratorio de Microbiología de la compañía Sigma Alimentos (Apodaca, Nuevo León).

3.3.1. Caracterización Bromatológica

La determinación de materia seca y humedad se realizaron con el método por secado en estufa (Kirk *et al.*, 1996; *AOAC Official Method 925.23*), la determinación de cenizas se determinó por calcinación en mufla (Kirk *et al.*, 1996; *AOAC Official Method 942.05*) el porcentaje de proteínas se determinó por el método Sorensen (McKenzie, 1971; Southgate, 2006; Artica, 2014; *AOAC Official Method 991.20*) y el porcentaje de grasa se realizó por el método Gerber (Ceirwyn, 1994; *AOAC Official Method 989.05*).

3.3.2. Caracterización Microbiológica

Las determinaciones se realizaron en el día 1 con los tratamientos refrigerados a 4 ± 2°C para mesófilos aerobios (NOM-092-SSA1-1994), coliformes totales y *Escherichia coli* (*AOAC Official Method 991.14*), *Salmonella spp* (*SureTect AOAC-PTM # 051203 Salmonella spp*) y para hongos y levaduras (*AOAC Official Method 997.02*) y bajo los requerimientos generales para la realización de análisis microbiológicos de acuerdo con la NORMA Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014.

3.4. Vida de Anaquel

Los análisis de vida de anaquel microbiológico y por observación de los tratamientos se realizaron en el Laboratorio de Microbiología de la compañía Sigma Alimentos (Apodaca, Nuevo León) Cada análisis constó de 2 repeticiones analizados por triplicado. Las evaluaciones se realizaron en los días 2, 8, 15 y 22 posteriores a la elaboración de los tratamientos en almacenamiento en refrigeración a 4 ± 2°C.

3.4.1. Análisis Microbiológicos

Para el análisis de vida de anaquel microbiológico se evaluaron mesófilos aerobios (NOM-092-SSA1-1994), hongos y levaduras (*AOAC Official Method 997.02*).

3.4.2. Observación

El análisis de vida de anaquel por observación se realizó colocando 10 mL de cada tratamiento en tubos de vidrio por triplicado. Para la determinación de cambio de color, se tomó una fotografía con un celular *Redmi Note 8 Pro* en el día 1 dentro del refrigerador de almacenamiento iluminada por la luz del mismo y se comparó de manera visual en los días posteriores manteniendo las mismas condiciones de observación. Para evaluar la separación se observó si había separación de fases en la superficie de la bebida, para sedimentación se observó si había presencia de sedimento en el fondo de los tubos. Para las variables de reintegración de sedimento y reintegración de separación se agitaron los tubos de manera vertical por 5 segundos y se observó si permanecía separación y sedimentos respectivamente.

3.5. Cuantificación de Compuestos Fenólicos y Capacidad Antioxidante

La capacidad antioxidante y contenido de fenólicos se evaluarion en los días 3, 10, 17 y 24. Cada análisis constó de tres repeticiones por tratamiento dando un total de 12 unidades experimentales y cada repetición fue analizada por triplicado.

3.5.1. Cuantificación de Compuestos Fenólicos

Para la determinación de fenoles totales se realizó la reacción colorimétrica de Folin-Ciocalteu para la cuantificación de compuestos fenólicos totales (Slinkard y Singleton,

1977), con adaptaciones; se tomaron 5 mL de la muestra y se colocaron en un tubo Falcon previamente cubierto con papel aluminio. Los tubos se centrifugaron a 5000 rpm por 10 minutos y se recuperó el sobrenadante. 1 mL del sobrenadante se tomó con jeringa de 5 mL y se filtró con un acrodisco de PTFA colocándolo en tubos Ependorf de 1.5 mL protegido de la luz. Del filtrado se tomaron 100 µL con pipeta volumétrica y se colocaron en un vial ámbar de 5 mL. Posteriormente se agregaron 1300 µL de agua destilada, 1000 µL de carbonato de sodio al 7% y 100 µL de reactivo Folin-Ciocalteu y se agitó manualmente. Se incubó a temperatura ambiente protegido de la luz por 90 min y se leyó a 750 nm. Para cuantificar la inhibición se elaboró una curva de calibración usando el reactivo de ácido gálico aforado con metanos logrando concentraciones de 10, 20, 40, 80 y 100 µgl/mL (Ahmad, 2016).

3.5.2. Extracción para Capacidad Antioxidante

Para la separación de las fases hidrofílica y lipofílica, se tomaron 500 µL de muestra y se colocaron en un tubo Falcón previamente cubierto con papel aluminio. Se agregó 5mL de una solución acuosa de metanol (1:1, v/v) y se agitó suavemente. La muestra se incubó a temperatura ambiente y protegida por la luz por 10 min. Posteriormente, la muestra se centrifugó a 5000 rpm por 10 min y se recuperó el sobrenadante. 1 mL se tomó con jeringa de 5 mL y se filtró con acrodiscos de membrana PTFE.

3.5.3. Determinación de Capacidad Antioxidante por DPPH

Para la determinación de capacidad antioxidante por DPPH, 200 µL de muestra filtrada se tomaron y se agregó 3300 µL de solución DPPH 0.24 g/mL previamente ajustada a

una absorbancia de 0.960. La muestra Se agitó manualmente y se incubó a temperatura ambiente y protegida de la luz por 30 min, posteriormente se leyó la muestra a 517 nm. Para cuantificar la inhibición se elaboró una curva de calibración usando el reactivo de TROLOX aforado con metanos logrando concentraciones de 0.03, 0.06, 0.09, 0.12 y 0.15 mg/mL (Singleton, 1965; Rojano, 2008).

3.5.4. Determinación de Capacidad Antioxidante por ABTS

Para la determinación de capacidad antioxidante por ABTS se preparó una solución ABTS+ (2'2-Azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfónico-2NH_4) a una concentración de 7 Mm y una de persulfato de Potasio ($K_2S_2O_8$) A una concentración de 2.45 mM. Las soluciones se mezclaron a una proporción de 2:1 y se dejaron oxidar por 12 horas antes de ser utilizadas. Se pipetearon 50 uL de la muestra y se agregaron 950 uL del reactivo. La longitud de onda se leyó 734 nm. Para cuantificar la inhibición se elaboró una curva de calibración usando el reactivo de TROLOX aforado con metanos logrando concentraciones de 79.9, 160, 240, 320 y 400 µmol/L (Pellegrini, 1999).

3.5.5. Determinación de Capacidad Antioxidante por FRAP

Para la determinación de capacidad antioxidante por FRAP se utilizó el reactivo TPTZ (2,4,6-tri(2-piridil)-s-triazina) a 0.83 mmolL^{-1} y una solución de cloruro férrico ($FeCl_3$) a 1.67 mmol L^{-1} en una solución de 0.1 mol L^{-1} de buffer acetato (pH 3.6). Se agregó 0.1 mL de muestra a 0.9 mL del reactivo y se incubó a 25°C por 10 minutos. Se monitoreó la reducción de Fe^{+3}-TPTZ a Fe^{+2}-TPTZ por el incremento de absorbancia a 595nm. Para cuantificar la inhibición se elaboró una curva de calibración usando el reactivo de

TROLOX aforado con metanos logrando concentraciones de 0, 100, 200, 400, 800, 1000 µmol/L (Benzie y Strain, 1996).

3.6. Evaluación Sensorial

En el análisis sensorial, se evaluaron los tratamientos que contenían linalool (0.012%, 0.024% y 0.036%) mediante dos pruebas sensoriales hedónicas, una de preferencia y otra de grado de satisfacción (Anzaldúa-Morales, 1994; Kemp, 2008; Lawless, 2010). Los participantes fueron 9 adultos; 4 mujeres y 5 hombres, de Monterrey, México. Previo a la prueba, se les explicó a los jueces en qué consistía la investigación y el impacto de su participación. Las aplicaciones de las pruebas fueron realizadas en los hogares de los jueces en un espacio abierto procurando que no hubiera aromas en el ambiente.

Para la prueba de preferencia, a cada participante se le presentaron las tres muestras que contenían una dosis de linalool a una temperatura de 8°C y etiquetadas con un número aleatorio de 3 dígitos. Se les solicitó a los jueces que probaran las muestras en el orden de su elección enjuagando su boca entre muestras. Una vez probados todos los productos, se indicó que señalaran en la hoja de respuesta el producto preferido y que contestaran a las preguntas “¿Por qué eligió esa muestra?” y “¿Cómo la mejoraría?”. La prueba de preferencia fue realizada mediante una escala de comparación de elección forzada, donde se indica el número correspondiente al producto preferido.

Para la prueba de satisfacción se empleó una escala verbal de 7 puntos para evaluar los atributos de apreciación general, sabor lavanda, aroma, color y textura. Esta escala

incluye las frases: Me disgusta mucho (1), Me disgusta (2), Me disgusta ligeramente (3), Ni me gusta ni me disgusta (4), Me gusta ligeramente (5), Me gusta (6) y Me gusta mucho (7).

3.7 Análisis de Datos

Para realizar el análisis de los datos se utilizó el paquete estadístico para Windows Minitab 17 ®. Los resultados de estabilidad, caracterizacion bromatológica, caracterización microbiológica, cuantificación de compuestos fenólicos y capacidad antioxidante fueron sometidos a un análisis de varianza (ANOVA) y se realizó una prueba de comparación de medias utilizando la prueba de Tukey en las variables detectadas con diferencias significativas. Las variables con diferencia significativa en los resultaods de cuantificacion de fenoles y cpaacidad antioxidante se analizaron bajo el modelo de regresión lineal con el objetivo de investigar la relación existente entre las variables de tiempo y concentración de linalool. Los resultados de vida de anaquel por observación se analizaron con la prueba no paramétrica ji-cuadrada para determinar diferencias entre los tratamientos por periodo y variable. Los resultados de la evaluacion sensorial se analizaron con la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Índice de Cremado

El análisis de varianza de la concentración de linalool, tiempo de almacenamiento y la concentración al paso del tiempo sobre el índice de cremado en las bebidas adicionadas con linalool mostraron que la concentración de linalool tiene un efecto significativo sobre el índice de cremado ($P<0.05$). El análisis del índice de cremado en las diferentes concentraciones de linalool muestran que los tratamientos 2 y 3 mostraron una mejor estabilidad ($p<0.5$) en comparación al tratamiento 1 y el control. Ni el tiempo ni la interacción de la concentración y tiempo tuvieron efecto.

Los resultados obtenidos respecto a las medias del índice de cremado de los tratamientos se encuentran dentro del rango de estudios reportados. Jadhar y Pawan (2016) obtuvieron resultados similares en la preparación de una bebida láctea saborizada con chocolate utilizando mezclas de goma guar y acacia en diferentes concentraciones (0.1 – 0.6 %). Tipvarakarnkoon (2010) evaluó la efectividad de la goma xantana y guar (0.5%) en emulsiones aceite en agua de coco y obtuvo índices de cremado del 100%. Baranauskaite *et al*. (2019) evaluó el efecto de la cantidad de polisorbato 80 y aceite esencial de orégano en la estabilidad de emulsión en microcapsulas de alginato de sodio y encontró que el incremento de polisorbato 80 incrementaba la estabilidad de las

emulsiones realizadas con aceite esencial de orégano, obteniendo índices de cremado mayores a 90%.

Cuadro 6. Efecto de la concentración de linalool y el tiempo sobre el índice de cremado en las bebidas.

T†	Días de almacenamiento								μ ± Ɛij
	0	1	2	3	4	5	6	7	
T0	100	99.5	99.5	99.5	99	99	99.5	99	99.43^{b} ± 0.91
T1	100	99.75	99.25	99.25	99	99.25	98.75	98.5	99.21^{b} ± 1.13
T2	100	100	100	100	100	100	100	100	100^{a} ± 0.0
T3	100	100	100	100	100	100	100	100	100^{a} ± 0.0
Valor de P									
Ti	<0.000								
Bi	0.436								
Ti(βi)	0.453								

†Tratamientos en función de concentración de linalool (%); C = 0.0%; T1 = 0.012%; T2 = 0.024%; T3 = 0.036%; Ti = i-ésimo tratamiento (concentración de linalool; βi = tiempo; Ti(βi) = la interacción de la concentración y tiempo

El mecanismo de acción de los surfactantes es disminuir la tensión superficial en una emulsión adsorbiendo la interfaz entre el aceite y agua mientras que un emulsificante como la goma arábiga estabiliza emulsiones rodeando las gotas que se encuentran en la emulsión y previniendo la coalescencia de gotas. Las diferencias de índices de cremado de los tratamientos pueden deberse al aumento de la concentración de la emulsión de linalool, en donde a mayor adición incrementó la cantidad de surfactante (Tween 80) y goma arábiga. Estudios de combinación de emulsificantes surfactantes y emulsificanetes han demostrado que puede haber un efecto sinérgico en la mezcla de diferentes emulsificantes (McClements and Jafari, 2018; Mahdi, 2022).

4.2. Viscosidad

La concentración de linalool sobre la viscosidad de las bebidas mostró que la concentración de linalool no tiene un efecto (P > 0.05) sobre la viscosidad evaluada.

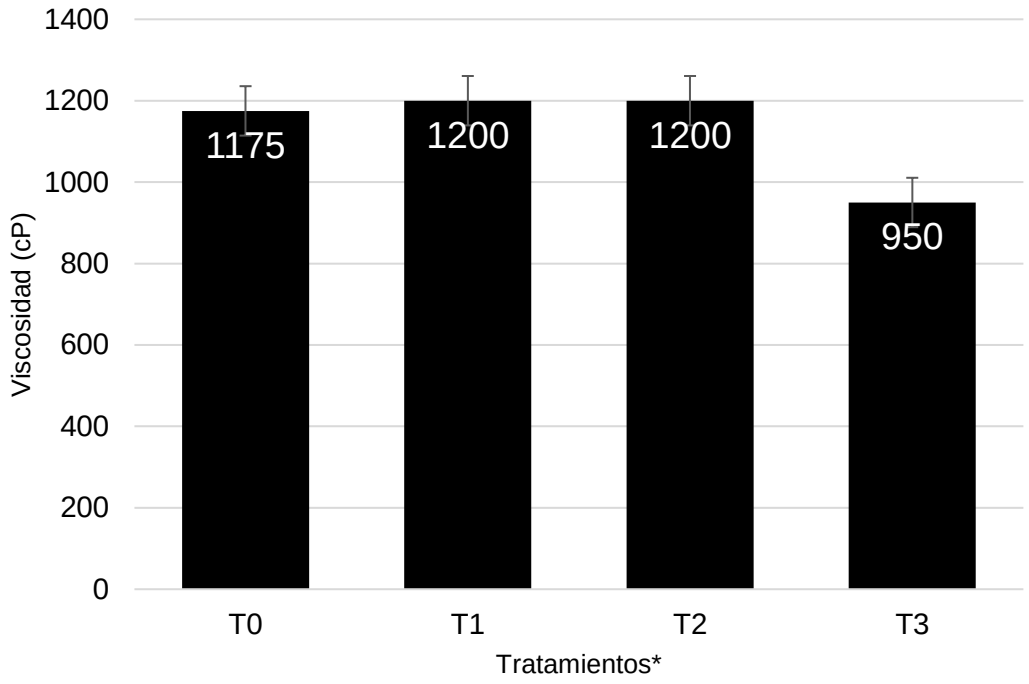


Fig. 1. Viscosidad de los tratamientos. †En función a concentración de linalool; T0 = 0.00%; T1 = 0.012%; T2 0.024%; T3 = 0.036%.

Los resultados obtenidos son menores a los reportados en leche bovina entera (2,800 cP), leche bovina descremada (2,500 cP) y suero de leche (1,250 cP), la composición de grasa, proteína y minerales afecta la viscosidad de las bebidas lácteas, así como las micelas de los caseinatos y globulos grasos (Jennes *et al.*, 1974; Alais, 1985; McClemens, 2005). En investigaciones con bebidas lácteas funcionales, se han obtenido resultados mayores a 1500 cP debido al uso de extractos, jugos, harinas que agregan diferentes polisacáridos. Los polisacáricos absorben agua debido a sus propiedades hidrofilicas incrementando la viscosidad de las bebidas (García y Pacheco, 2010;

Jalilzadeh-Afshari and Fadaei, 2020; Jokar and Hossyn, 2022). Los principales ingredientes de los tratamientos son leche descremada en un 54.24 – 54.72%, 30% agua y 15.2% de goma arábiga hidratada al 10%, la diferencia de resultados puede deberse a las cantidades utilizadas de agua y aunque se utilizó el polisacárido goma arábiga. su cantidad es menor a las reportadas en otras bebidas funcionales que utilizan jugos y harinas en su formulación.

4.3. Caracterización Bromatológica

Los resultados de la caracterización bromatológica de las bebidas formuladas se presentan en el Cuadro 7. El control y los tratamientos con concentración de linalool en la bebida láctea no presentaron ($P>0.05$) diferencia significativa en las variables de humedad y materia seca.

En la variable de proteína se encontró diferencia significativa ($P<0.05$) entre los tratamientos pero no hubo diferencias ($P>0.05$) contra el control. La formulación con 0.012% de linalool presentó la mayor cantidad de proteína con 5.87%, seguido de la formulación con 0.024% con 4.995% y finalmente la formulación con 0.036% con 4.410%.

En la variable de grasa no se encontró ($P>0.05$) diferencia significativa entre los tratamientos, pero si hubo diferencias ($P<0.05$) contra el control. La formulación control presentó un nivel de grasa de 1.15 % que difiere significativamente ($P<0.05$), de los niveles 0.012, 0.024 y 0.036 % de linalool que presentaron 0.80, 0.70 y 0.65% de grasa,

pudiendo manifestarse que la incorporación de linalool en la formulación influye en la presencia de grasa, debido a la formulación se puede inferir que la diferencia es atribuida a la adición de los aceites de triglicéridos de cadena media.

En la variable de cenizas se encontró diferencia significativa ($P<0.05$) entre los tratamientos ($P<0.05$) pero no hubo diferencias contra el control. La formulación con 0.012% de linalool presentó la menor cantidad de cenizas con 0.23%, seguido de la formulación con 0.024% con 0.46% y finalmente la formulación con 0.036% con 0.625%.

Resultados obtenidos en un yogurt con aceite esencial de naranja al 0.025% reportados por Cando-Quinto (2016) fueron 3.59 g de proteína, 3.79g de grasa, 0.75g de ceniza, 87.3 g de humedad y 4.62 g de carbohidratos. Las diferencias con respecto a los valores obtenidos en esta investigación se pueden atribuir a los distintos tipos de leche y cantidades utilizadas para la elaboración del yogurt. Así mismo, estos resultados presentan una mayor cantidad de proteína que la presentada por Bermejo (2010) en donde se elaboró una bebida a base de suero de leche suplementada con quinua (0.00, 1.00 y 1.5%) cuyo valor máximo de proteína obtenida fue de 3.8%, esta diferencia se debe a la diferencia de calidad proteica entre leche descremada y suero de leche.

4.4. Caracterización Microbiológica

Los resultados de caracterización microbiológica se presentan en el Cuadro 7. Los resultados microbiológicos evaluados en el día 1 de las bebidas elaboradas no presentaron presencia de coliformes totales, *E. Coli* ni *Salmonella s:* Los conteos para

mesófilos aerobios, hongos y levaduras fueron menores a 10 UFC/mL. Estos resultados cumplen con los límites máximos permisibles establecidos en las Nomas Mexicanas de alimentos y bebidas (NOM-113-SSA1-1994, NOM-111-SSA1-1994 y NOM-092-SSA1-1994) lo cual permite manifestar que las bebidas son aptas para consumo. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Cuellas y Wagner (2010) elaboración de una bebida energizante a partir de suero de quesería en donde también se utilizó pasteurización como método de conservación post embotellado.

Cuadro 7. Caracterización bromatológica y microbiológica de los tratamientos.

Variables‡	Tratamientos†				Sig.
	T0	T1	T2	T3	
Materia seca	6.4 ± 0.08	6.49 ± 0.52	6.28 ± 0.21	6.36 ± 0.02	NS
Humedad	93.61 ± 0.08	93.51 ± 0.52	93.72 ± 0.21	93.65 ± 0.02	NS
Cenizas	0.55 ± 0.02	0.23 ± 0.03	0.46 ± 0.04	0.64 ± 0.04	§
Grasa	1.15 ± 0.07	0.8 ± 0.00	0.65 ± 0.07	0.7 ± 0.00	§
Proteína	4.7 ± 0.25	5.87 ± 0.00	4.99 ± 0.25	4.41 ± 0.13	§
Mesófilos aerobios	<10	<10	<10	<10	-
Hongos y Levaduras	<10	<10	<10	<10	-
Coliformes totales	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-
Escherichia Coli	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-
Salmonella spp	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	-

Sig.: Nivel de significancia

NS: No significativo

† En función a concentración de linalool; T1 = 0.012%; T2 0.024%; T3 = 0.036%; ‡ Variables bromatológicas (%) y microbiológicas (UFC/mL); § Significativo (P<0.05)

4.5. Vida de Anaquel

Para todas las bebidas elaboraras no se presentó (P>0.05) UFC de coliformes totales, hongos y levaduras desde el día 2 hasta el día 22, lo cual se manifiesta como valor favorable en la investigación. En cuanto a presencia de mesófilos aerobios, los resultados se presentan en la Figura 2 presentando un incremento al día 22 en los tratamientos control, 0.012, 1.024 y 0.036 % de linalool de 1855, 495, 495 y 700 UFC/ml con diferencia significativa en el factor del tiempo (P<0.05) pero no sobre la concentración ni sobre la interacción de concentración y tiempo. Endara-Figueroa (2002) presentó resultados de vida de anaquel útil de hasta 7 días a partir de crecimiento mesofílico, moho y levaduras en una bebida a partir de suero de queso (25%) y leche descremada (75%) con sabor a mango. A diferencia de los tratamientos, no se utilizaron conservadores en la formulación lo cual pudiera explicar la diferencia de vida útil.

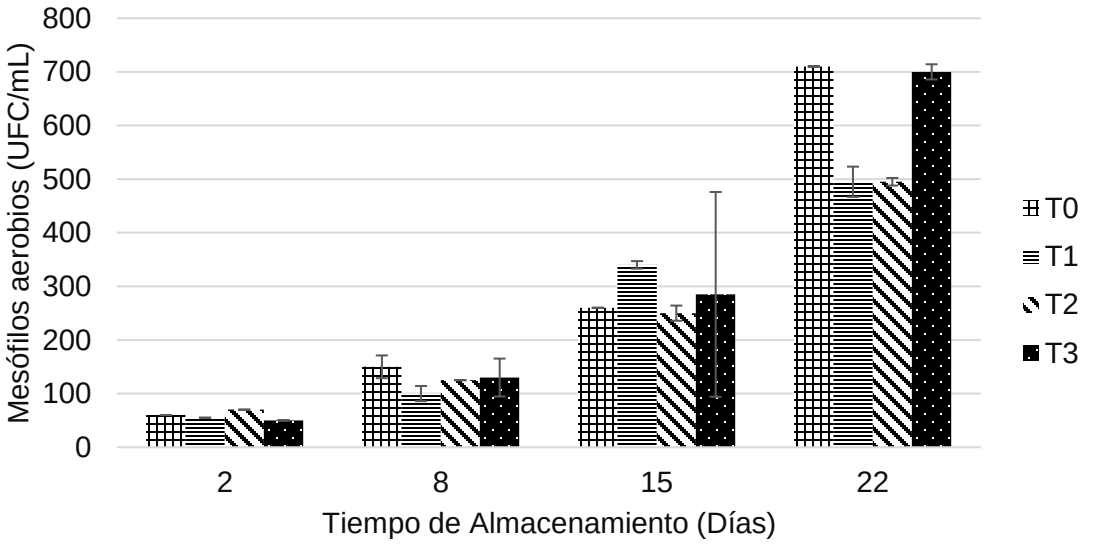


Fig. 2. Medias de crecimiento de mesófilos aerobios de los tratamientos a través del tiempo. †En función a concentración de linalool; T0 = 0.00%; T1 = 0.012%; T2 0.024%; T3 = 0.036%.

Los resultados por variable definida y periodo se presentan en el Cuadro 8. No se detectó (P>0.05) cambio de color a lo largo de los días. Se presentó sedimentación en cuatro de los seis tubos del control en el día 2 y en todos los tubos de los días restantes del control y del resto de los tratamientos y encontrando diferencia significativa entre los tratamientos en el día 8 (P<0.05), esta presencia de sedimentos se puede deber al tipo a la goma arábiga utilizada. Al momento de agitar los tubos, no se encontró diferencia significativa en reintegración de sedimentación entre los tratamientos en ninguno de los periodos. Kumar (2005) reportó que el utilizar pectina en una bebida de tipo *lassi* disminuía la presencia de sedimentación.

Cuadro 8. Resultados de vida de anaquel por observación.

Variables†	Frecuencia por ji-cuadrada			
	2	**8**	**15**	**22**
SD	-	13.513‡	4.19	-
RSD	3.13	7.217	1.5	8
SP	-	13.513‡	4.19	-
RSP	-	-	-	-
CC	-	-	-	-

†Variables vida de anaquel por observación; SD = Sedimentación; RSD = Reintegración de sedimentación; SP = Separación; RSP = Reintegración de separación; CC = Cambio de color.
‡Tratamientos con diferencia significativa

Para la variable de presencia de separación se encontraron diferencias entre las muestras (P<0.05) en el día 8, al momento de agitar las muestras, todos los tratamientos mostraron reincorporación. Modha y Pal (2010) investigaron la optimización de una

bebida láctea fermentada con mijo perla (*Pennisetum typhodeum* L.). La bebida presentó sedimentación a partir del día 5 y tuvo una vida de anaquel de 7 días debido a que en el día 8 se presentó una separación de capas (cuajo y suero) en una proporción de 10.25% del total de la bebida no se reintegraba después de agitación. La bebida estaba compuesta de 0.65% de grasa, 8.7% de solidos totales, 2.2% de proteína y 1.3% de cenizas. El principal reto en bebidas lácteas fermentadas es la aparición de sedimentación durante almacenamiento. Debido a que tienen un pH bajo, productos lácteos acidificados sufren de sedimentación proteica la cual termina en la separación de suero durante almacenamiento (Gaur et al., 2018).

4.6. Cuantificación de Fenoles Totales

La Figura 3 muestra el contenido de fenoles totales de los diferentes tratamientos a lo largo del tiempo. El contenido de fenoles totales de las bebidas suplementadas con linalool incrementa en función a la concentración de linalool (de 0.00% a 0.036%) ($P<0.05$), el tiempo no influye en el contenido y no se presentó efecto por el tiempo ni en la interacción del contenido de linalool y el tiempo. Los valores más altos para los tratamientos 0, 1, 2 y 3 se encontraron en el día 3 con los valores 10.59, 109.5, 210.43 y 243.4 mg AG / 100 mL.

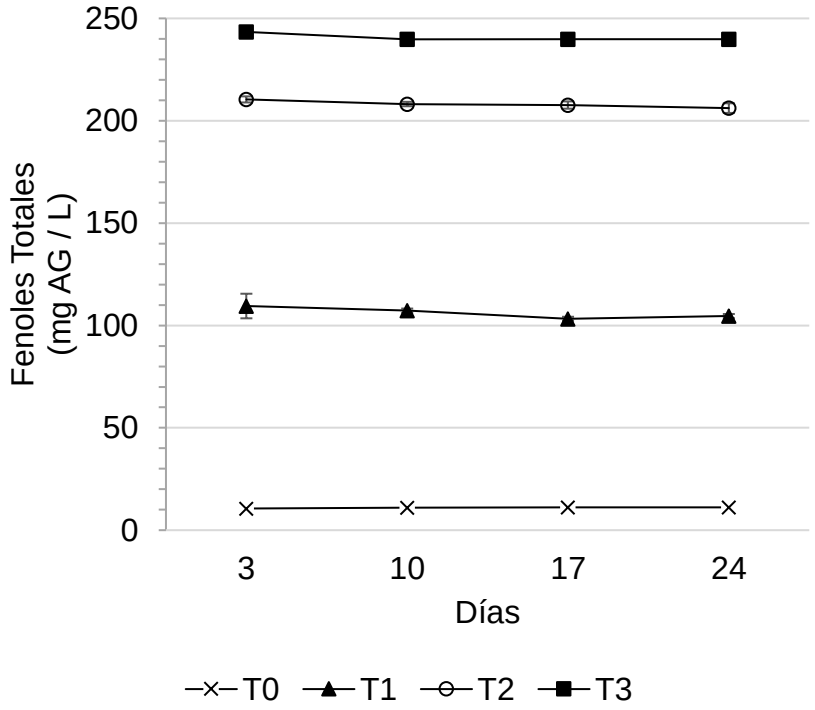


Fig. 3. Contenido de fenoles totales de los tratamientos a lo largo del tiempo.
†Tratamientos en función a concentración de linalool; Te = 0.00%; T1 = 0.012%; T2 0.024%; T3 = 0.036%

Se obtuvo la siguiente ecuación de regresión:

$$\mathrm{FT} = 24.77 + 6593.62c \qquad \text{EC. 1}$$

Donde:

FT = Fenoles Totales (mg AG/L)

c = Concentración linalool (%)

Los estadísticos para el análisis de regresión se indican en el Cuadro 9. El coeficiente de determinación (R^2) es 96.2%, lo cual valida que el modelo de regresión utilizado es el indicado.

Cuadro 9: Estadísticos para el análisis de regresión (Fenoles totales vs concentración de linalool).

Valores de Predicción	Error estándar	P-value
Intercepción con Y	9.06	1.44×10^{-06}
Conc. linalool (%)	292.79	1.91×10^{-19}

Los valores obtenidos se encuentran dentro de rangos reportados en literatura (1.53 – 559 mg/L) (Zulueta, 2009; Saad, 2010; Sanchez, 2013). En las investigaciones de Sánchez (2013) se presentaron comportamientos diferentes a lo largo del tiempo en donde se observó disminución de contenido de fenoles posterior a los 5 días de almacenamiento con crecimiento en el día 15 atribuido a procesos fermentativos. La diferencia de comportamiento puede estar atribuida a que el linalool esté inhibiendo fermentación debido a sus propiedades antimicrobianas (Duarte *et al.*, 2016; Prakash *et al.*, 2019; Butassi *et al.*, 2021) lo cual coincide con la inhibición de crecimiento de microorganismos presentado en la evaluación de vida de anaquel microbiológica.

El aumento de fenoles totales entre los tratamientos puede deberse a las propiedades antioxidantes del linalool a través de la acción sobre radicales hidroxilos protegiendo los compuestos fenólicos naturales de la leche los cuales son sensibles a oxidación (Velázquez, 2014; Bascheri, 2017; Ertan, 2017; Perna, 2018; Tosif, 2021).

4.7. Determinación de Capacidad Antioxidante por DPPH

La Figura 4 muestra la capacidad antioxidante de los diferentes tratamientos a lo largo del tiempo. La capacidad antioxidante determinada por el ensayo DPPH de las bebidas suplementadas con linalool incrementa en función a la concentración de linalool (de

0.00% a 0.036%). Para los tratamientos con linalool, el tiempo influye negativamente en la capacidad antioxidante y existe interacción entre el contenido de linalool y el tiempo (P<0.05). Los valores más altos para los tratamientos 1, 2 y 3 se encontraron en el día 3 con los valores 154.93, 187.38 y 281.6 µmol Trolox/L respectivamente.

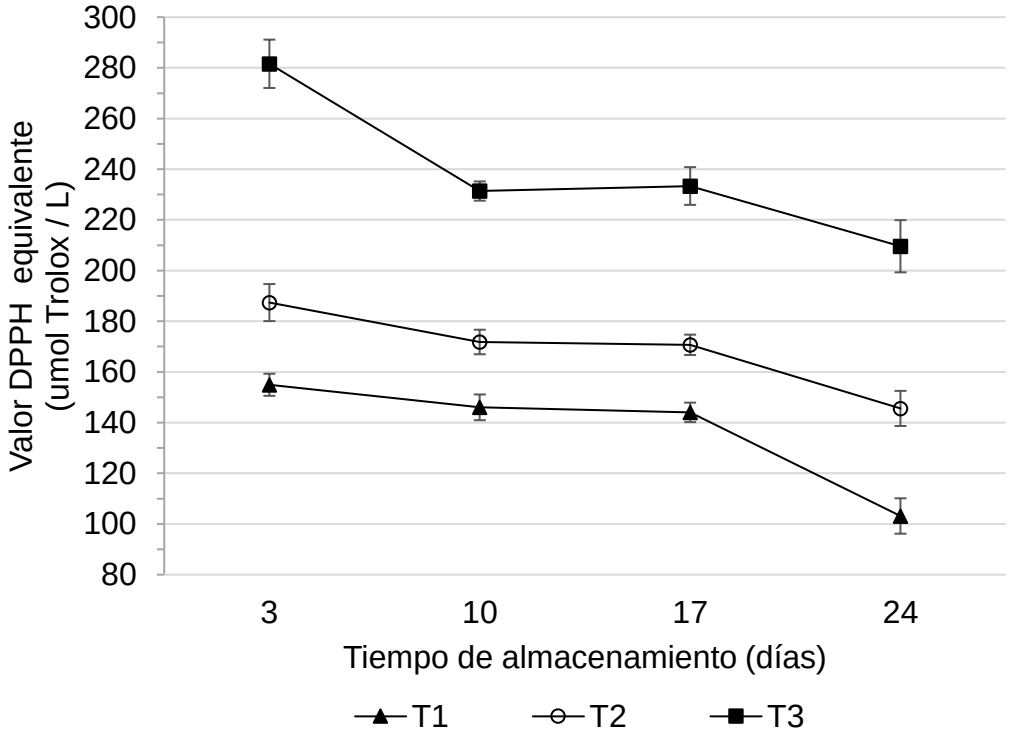


Fig. 4. Actividad antioxidante por el método DPPH de los tratamientos a lo largo del tiempo. †Tratamientos en función a concentración de linalool; Te = 0.00%; T1 = 0.012%; T2 0.024%; T3 = 0.036%

Se obtuvo la siguiente ecuación de regresión:

$$\mathrm{VDE} = 111.69 + 4247.69c - 2.37t \qquad \text{EC. 2}$$

Donde:

VDE = Valor DPPH equivalente (µmol TROLOX / L)

c = Concentración linalool (%)

t = Tiempo de almacenamiento (días)

Los estadísticos para el análisis de regresión se indican en el Cuadro 10. El coeficiente de determinación (R^2) es 91.47%, lo cual valida que el modelo de regresión utilizado es el indicado.

Cuadro 10. Estadísticos para el análisis de regresión (Valor DPPH equivalente vs concentración de linalool y tiempo de almacenamiento).

Valores de Predicción	Error estándar	P-value
Intercepción con Y	7.65	5.8×10^{-16}
Conc. linalool (%)	247.09	4.94×10^{-18}
Tiempo (días)	0.301	8.03×10^{-09}

Los resultados de capacidad antioxidante por DPPH puede estar atribuido al contenido de fenoles totales debido a que hay una relación fuerte entre ambos resultados (r= 94.3).

Los valores obtenidos del tratamiento 1 y 2 son menores a los reportados en la literatura (183 – 1376 µmol Trolox/L) (Sanchez, 2013); sin embargo, Saad y El-Salam (2010) obtuvieron resultados mayores que el tratamiento 3 en bebidas suplementadas con extracto de romero y orégano (50 µmol Trolox/L). Zengin y Baysal (2014) obtuvieron niveles de capacidad antioxidante por DPPH (IC_{50} uL/mL) de 325.05 determinando que tenían efecto débil esto debido a que los hidrocarbones de sesquiterpenos y sus derivados tienen una baja actividad antioxidante (Ruberto and Baratta, 2000). Duarte (2016) observó que el aceite de cilantro tenía mayor nivel de captación de radicales libres que el linalool. Wang *et al.* (2019) encontraron que el linalool presentaba valores IC_{50} por DPPH de 48 ug/mL. La reducción de la actividad antioxidante durante el almacenamiento

se pudiera atribuir a la degradación del linalool (Mill, 2000; Chang, 2021; Poonphatanapricha, 2021).

4.8. Determinación de Capacidad Antioxidante por ABTS

La Figura 5 muestra la capacidad antioxidante de los diferentes tratamientos a lo largo del tiempo.

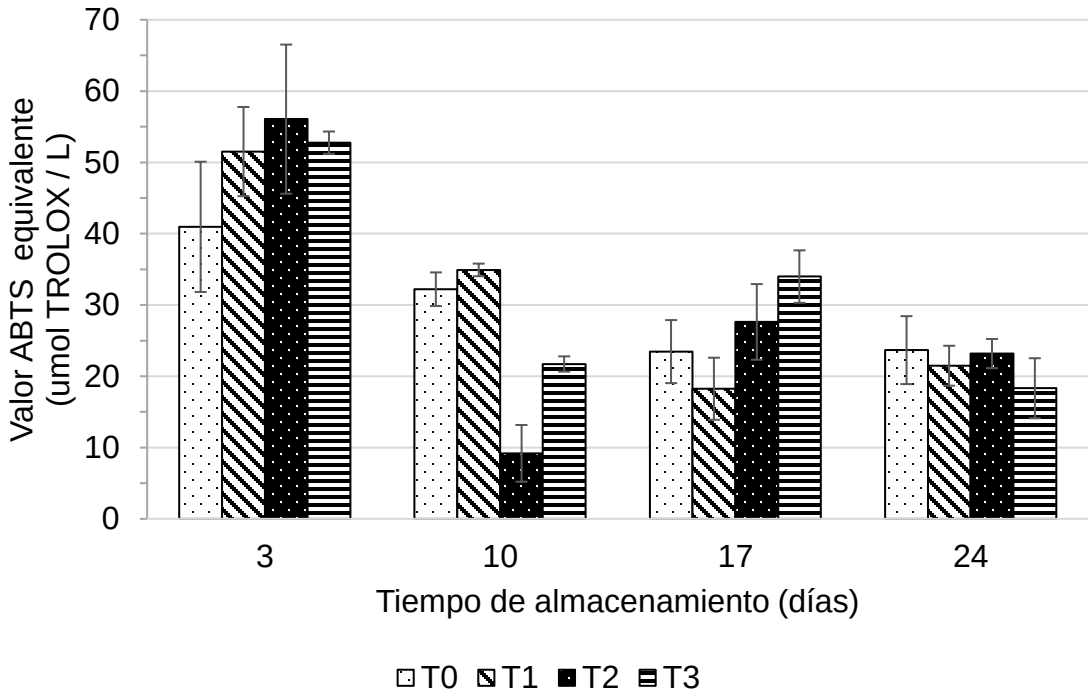


Figura 5. Actividad antioxidante por el método ABTS de los tratamientos a lo largo del tiempo. †Tratamientos en función a concentración de linalool; Te = 0.00%; T1 = 0.012%; T2 0.024%; T3 = 0.036%

La capacidad antioxidante determinada por el ensayo ABTS de las bebidas suplementadas con linalool indican que no existe diferencia significativa entre los tratamientos en función a la concentración de linalool (de 0.00% a 0.036%) sin embargo, existe diferencia significativa entre el tiempo y existe interacción entre las muestras y

tiempo ($P<0.05$). Existe diferencia entre los resultados de capacidad antioxidante en el día 3 y los días 10, 17 y 24. Los valores más altos para los tratamientos 0, 1, 2 y 3 se encontraron en el día 3 con los valores 40.95, 51.51, 56.06 y 52.76 µmol Trolox/L respectivamente.

Los valores obtenidos de los tratamientos con linalool son menores a los reportados en la literatura (95 – 2241 µmol Trolox/L) (Chen *et al.*, 2003; Martysiak-Zurowska *et al.*, 2012; Perna, 2019; Chen, 2021).

4.9. Determinación de Capacidad Antioxidante por FRAP

La determinación de capacidad antioxidante por el método FRAP no se aplicó debido a que las condiciones de reacción no fueron aplicables a la matriz láctea por la precipitación de la caseína a pH ácido.

Chen (2003) concluyó que el método FRAP no era el adecuado para muestras lácteas debido a que a que estos ensayos a 595 nm se realizan a pH bajos (3.6) en donde la caseína no es soluble. adicional a que se observó baja reactividad en proteínas séricas.

En el método FRAP se utiliza la habilidad de la muestra para reducir el ion férrico como capacidad antioxidante. Aunque este método se ha utilizado para medir capacidad antioxidante en bebidas lácteas, este ensayo no puede detectar compuestos que actúen por neutralización de radicales (Transferencia de H), particularmente tioles y proteínas séricas (Cao y Prior, 1998; Ou *et al.*, 2002; Prior *et al.*, 2005).

4.10. Evaluación Sensorial

De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba de preferencia se identificó que la bebida con la menor concentración de linalool (0.012%) presentó una mayor preferencia. La prueba de Kruskal Wallis mostró diferencia estadística significativa (P<0.05) entre las muestras (Cuadro 13).

Cuadro 13. Efecto de la concentración de linalool sobre la preferencia sensorial.

T†	N	Mediana	NS‡ (α = 0.05)
T1	9	1	
T2	9	0	0.002
T3	9	0	
Total	27		

†T1 = 0.012%; T2 0.024%; T3 = 0.036%; ‡NS: Nivel de significancia.

De acuerdo con los datos obtenidos en la prueba de satisfacción, se identificó que la concentración de linalool tiene un efecto significativo en los atributos de apreciación general y sabor lavanda (P<0.05, en ambos atributos, la concentración del tratamiento 1 (0.012%) muestran un nivel de satisfacción mayor en comparación al resto de tratamientos (Cuadro 11).

Cuadro 11. Calificaciones promedio de los atributos sensoriales.

AT†	Tratamientos‡			NS§
	T1	T2	T3	
AG	$5.78^{a} \pm 0.97$	$4.22^{ab} \pm 1.79$	$3.67^{b} \pm 1.87$	0.036
SL	$5^{a} \pm 1.87$	$3.44^{ab} \pm 2.35$	2.33 ± 1.94	0.026
A	5.56 ± 1.33	4.78 ± 1.72	5.22 ± 1.39	0.588
C	5.44 ± 1.51	5.56 ± 1.42	5.56 ± 1.94	0.918
D	5.78 ± 1.2	4.22 ± 1.79	3.78 ± 2.05	0.055
T	5.56 ± 1.42	5.33 ± 1.58	5.44 ± 1.51	0.909

†Atributo; AG = Apreciación General; SL = Sabor Lavanda; A = Aroma; C = Color; D = Dulzor; T = Textura ‡En función a concentración de linalool; T1 = 0.012%; T2 0.024%; T3 = 0.036%. §Nivel de Significancia (α<0.05)

Para las respuestas de la pregunta “¿Por qué eligió esta muestra?”, se obtuvieron las siguientes menciones por parte de los jueces (Figura 6), siendo “Sabor” la justificación con mayor frecuencia (43%).

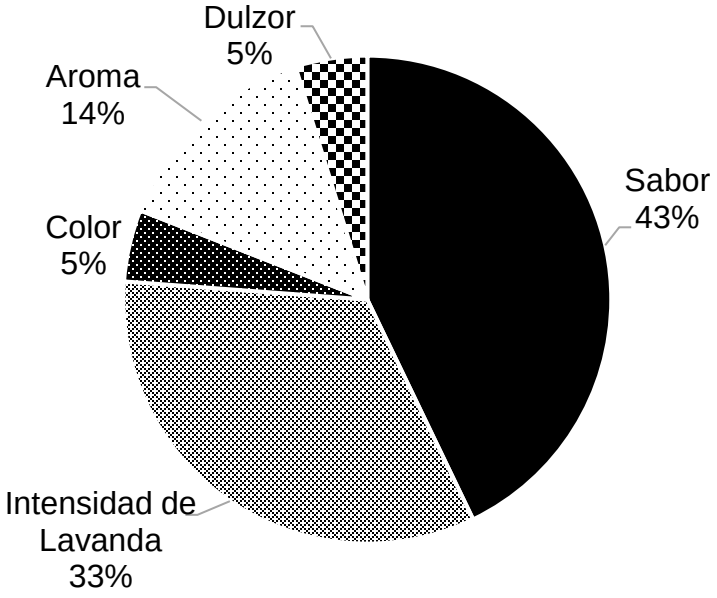


Fig. 6. Justificaciones de preferencia.

Para las respuestas de la pregunta “¿Qué mejoraría?”, se obtuvieron las siguientes menciones por parte de los jueces (Figura 7), siendo “Endulzar” la recomendación que se hizo con mayor frecuencia (28%).

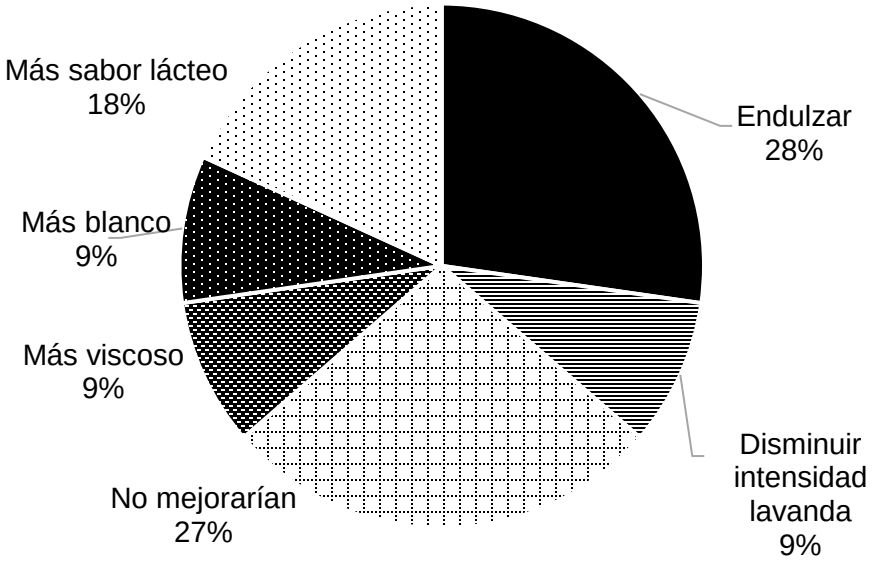


Figura 4. Frecuencia de comentarios de mejora.

Los resultados presentados coinciden con la investigación de Ozturk *et al.* (2017) en donde evaluaron el efecto de un polvo de lavanda (0.010, 0.025, 0.050 y 0.075%) aplicado en yogurt sobre la percepción sensorial. Los atributos sensoriales de los tratamientos fueron evaluados a través de una prueba de satisfacción hedónica de 7 puntos en donde la calificación más alta de apariencia (5.88) fue de la dosis 0.010%, en donde las calificaciones de apariencia fueron disminuyendo en función al incremento de la dosis. La evaluación más alta de textura (5.44) fue detectada en la dosis más baja. La calificación más alta para el aroma fue la dosis más alta (0.075%), en donde la calificación aumentaba en función a la cantidad de polvo de lavanda. En el caso del sabor y flavor, la calificación más alta fue en la dosis más baja. En cuanto a la calificación de aceptabilidad

general, las calificaciones más altas se encontraron en las dosis de 0.010% y 0.025%. En otra investigación, Komes *et al.* (2017) evaluaron el efecto de la adición de extractos de lavanda, menta, romero y salvia a leche de cabra, no obstante, la muestra con extracto de lavanda fue la menos preferida por los panelistas debido a su amargor, en contraste con el extracto de menta. En el caso de flavor, las evaluaciones más altas fueron los tratamientos con lavanda y menta en comparación con el resto de los tratamientos. No obstante, debido a su astringencia y a que presentaba el amargor más alto de los tratamientos, el tratamiento con extracto de lavanda se evaluó con una aceptabilidad general baja. En el caso del color, no hubo diferencia significativa.

5. CONCLUSIONES

- El método de emulsificación espontánea fue efectivo para lograr incorporar el linalool en la matriz láctea.
- La concentración de linalool tuvo efectos en algunos parámetros de estabilidad; el índice de cremado mejoró directamente con la concentración del linalool; la viscosidad no se afectó, sin embargo, durante el almacenamiento se presentó sedimentación sin cambio de color.
- Todos los tratamientos presentaron estabilidad microbiológica hasta el día 22 de su elaboración.
- Los parámetros bromatológicos de ceniza y proteína mostraron diferencias entre los tratamientos, sin diferencias contra el control; el parámetro de grasa mostró valores mayores contra el control, sin diferencia entre los tratamientos.
- Todos los tratamientos cumplen con las normas mexicanas de sanidad: NOM-218-SSA1-2011.
- La concentración de linalool incrementó el contenido de fenoles totales y la capacidad antioxidante de los tratamientos. Existe una correlación positivaentre el contenido de fenoles totales y capacidad antioxidante.
- La concentración de linalool afectó inversamente proporcional a la apreciación general y el sabor de los tratamientos.

6. BIBLIOGRAFÍA

Abbas, S., K. Hayat, E. Karangwa, M. Bashari and X.M. Zhang. 2013. An overview of ultrasound-assisted food-grade nanoemulsions. Food Eng. Rev. 5: 139-157.

Ahmad, Shoaib, S.-H. Syed, I. Muhammad, F. Qureshi, I. Waheed, I. Munawar, S. Ishtiaq, S. Rasool, M. Akhtar, M. Furqan, S. Chishti, M. Shabbir, S. Peerzada, M. Raza, K. Amir, A. Sharif. 2016. Antioxidant activity of *Pistacia khinjuk* supported by phytochemical investigation. Acta poloniae pharmaceutica 74: 173-178.

Anzaldúa-Morales, A. 1994. La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y en la práctica. Barcelona, España: Acribia.

Aelenei, P., C.M. Rimbu, E. Guguianu, G. Dimitriu, A.C. Aprotosoaie, M. Brebu, C.E. Horhogea and A. Miron. 2019. Coriander essential oil and linalool - interactions with antibiotics against Gram-positive and Gram-negative bacteria. Let Appl Microbiol. 68: 154-167.

Akoh, C. C. and D. B. Min. 2008. Food Lipids: Chemistry, Nutrition, and Biotechnology 2a. Ed. CRC Press, Florida, United States. 194 p.

Alais, C. H. 1985. Ciencia de la leche. Editorial Reverté, Barcelona, España. 873 p.

Anandan, S., M. Keerthiga, S. Vijaya, A.M. Asiri, V. Bogush and O. Krasulyaa. 2016. Physicochemical Characterization of Black Seed Oil-Milk emulsions through Ultrasonication. Ultrasonics Sonochemistry. 38: 766.

Anton, N. and T. F. Vandamme. 2009. The universality of low-energy nano-emulsification. International Journal of Pharmaceutics. 377: 142–147.

Aprotosoaie, A. C., M. Hancianu, I. Costache, and A. Miron. 2014. Linalool: a review on a key odorant molecule with valuable biological properties. Flavour and Fragance Journal. 29: 193.

Argan, E., O. Guneşer, Y. Karagul-Yuceer and A. Kırca-Toklucu. 2015. Production of whey powder added fruit beverages and some quality characteristics. Turk. J. Agric. Food Sci. Technol. 3: 651–658.

Arihara, K. 2004. Functional foods. Encyclopedia of meat sciences. Oxford: Elsevier: 492-499.

Arihara, K. 2006. Functional properties of bioactive peptides derived from meat proteins. CRC Press. Boca Raton, FL. : 245-274.

Api, A.M., D. Belsito, S. Bhatia, M. Bruze, P. Calow, M. L. Dagli, W. Dekant, A. D. Fryer, L. Kromidas and S. La Cava. 2015. RIFM Fragrance Ingredient Safety Assessment, Linalool, CAS Registry Number 78-70-6. Food and Chemical Toxicology. 82: 29-38.

Ares, G., C. Barreiro, R. Deliza, A. Gimenez, and A. Gambaro. 2010. Consumer expectations and perception of chocolate milk desserts enriched with antioxidants. Journal of Sensory Studies, 25: : 243-260

Arranz, E., F. R. Corrochano, C. Shanahan, M. Villalv, L. Jaime, S. Santojo, M. J. Callahan, E. Murphy and L. Giblin. 2019. Antioxidant activity and characterization of whey protein-based beverages: Effect of shelf life and gastrointestinal transit on bioactivity. Innovative Food Science and Emerging Technologies. 57: 262

Artica, L. 2014. Métodos para el análisis fisicoquímico de la leche y derivados lácteos. 2nda Ed. Perí: Libros y editoriales, TEIA. Recuperado a partir de https://luisartica.files.wordpress.com/2022/11/metodos-de-analisis-de-lechie-2014.pdf

Asbahani, A., K. Miladi, W. Badri, M. Sala, E.H.A. Addi, H. Casabianca, A. El-Mousadik, D. Hartmann, A. Jilale and F.N.R. Renaud. 2015. Essential oils: From extraction to encapsulation. International journal of pharmaceutics. 483: 220-243.

Banasaz, S., K. Morozova, G. Ferrentino and M. Scampicchio. 2020. Encapsulation of lipid-soluble bioactives by nanoemulsions. Molecules 25: 3966.

Baschieri, A., M. D. Ajvazi, J. L. F. Tonfack, L. Valgimigli and R. Amorati. 2017. Explaining the antioxidant activity of some common non-phenolic components of essential oils. Food Chem. 232, p.656.

Beinner, M. A. and J. A. Lamounier. 2003. Recent experience with fortification of foods and beverages with iron for the control of iron-deficiency anemia in Brazilian children. Food and Nutrition Bulletin 24: 268-274.

Belitz, H. D., W. Grosch and P. Schieberle. 2009. Food Chemistry. Springer, Berlin, Germany.

Benzie, I. F. F., and J. J. Strain. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of ‘‘antioxidant power’’: The FRAP assay. Analytical Biochemistry 239: 70–76.

Bergethon, P. R. 2010. The Physical Basis of Biochemistry: The Foundations of Molecular Biophysics. New York: Springer.

Bermejo-Mainato, N. B. 2010. Efecto de diferentes niveles de harina de quinua en la elaboración de una bebida protéica de lactosuero. Tesis de Licenciatura en

Ingeniería en Industrias Pecuarias. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. 98 p.

Bhat, Z.F. and H. Bhat. 2011. Milk and dairy products as functional foods: a review. Int. J. Dairy Sci. 6: 1–12.

Bilia, A. R., C. Guccione, B. Issacchi, C. Righeschi, F. Firenzuoli and M. C. Bergonzi. 2014. Essential oils loaded in nanosystems: A developying strategy a successful therapeutic approach. Evidence-Based complementary and alternative medicine 15.

Brady, J. W. 2013. Introductory Food Chemistry. Ithaca, NY: Cornell University Press.

Botelho, P. B., M. Galasso, V. Dias, M. Mandrioli, L. P. Lobato, M.T. Rodriguez-Estrada, and A. Castro. 2014. Oxidative stability of functional phytosteril-enriched dark chocolate. LWT-Food Science and Technology 55: 444-451.

Bouchemal, K., S. Briancon, E. Perrier and H. Fessi, 2004. Nano-emulsion formulation using spontaneous emulsification: solvent, oil and surfactant optimization. Int J Pharm 280:241-51

British Nutrition Foundation. 2018. Functional foods. Obtenido el 22 de Mayo del 2022 de: https://www.nutricion.org.uk/nutritionscience/foodfacts/functional-foods.html.

Buffo, R. A., G. A. Reineccius, and G. W. Oehlert. 2001. Factors affecting the emulsifying and rheological properties of gum acacia in beverage emulsions. Food Hydrocolloids 15(1): 53–66.

Campbell, W., M. A. Drake and D. K. Larick. 2003. The impact of fortification with conjugated linoleic acid (CLA) on the quality of fluid milk. J Diary Sci., 86: 43-51.

Cardelli, H. R., L. C. Aragon-Alegro, J. H. Alegro, L. M. de Castro and S. M. Saad. 2008. Effect of inulin and *Lactobacillus paracasei* on sensory and instrumental texture

properties of functional chocolate mouse. Journal of the Science of Food and Agriculture 88: 1318-1324.

Ceirwyn J. 1994. Analytical Chemitry of Foods. Ed. Springer. New York, U.S.A.

Clausse, D. and C. Dalmazzone. 2014. Freezing within emulsions: Theoretical aspects and engineering applications. Oil & Gas Science and Technology-Revue D Ifp Energies Nouvelles. 69: 415–434.

Chang, T.-K., C.-Y. Lin, Y.-J. Chen, T.-F. Yeh and S.-T. Chang. 2020. Rapid determination of S-(+)-linalool in leaf of *Cinnamomum osmophloeum* ct. linalool using ultrasound-assisted microextraction. Journal of Analytical Science and Technology 11: 36.

Chang, H. T., C. Y. Lin, L. S. Hsu and S. T. Chang. 2021. Thermal degradation of linalool-chemotype *Cinnamomum Osmophloeum* leaf essential oil and its stabilization by microencapsulation with βcyclodextrin. Molecules 26: 409.

Choi, S. J., E.A. Decker, L. Henson, L. M. Popplewell, H. Xiao and D.J. McClements. 2011. Formulation and properties of model beverage emulsions stabilized by sucrose monopalmitate: Influence of pH and lyso-lecithin addition. Food Research International 44(9): 3006–3012.

Colliver, S.P., M.A. Cooper, A. Griffiths, A.D. Peilow, and D.G. Sharp. 2007. Method for the manufacturing of a green tea product. US20070160737.

Corbo, M. R., A. Bevilacqua, L. Petruzzi, F. Pio-Casanova and M. Sinigaglia. 2015. Functional beverages: The emerging side of functional food: commercial trends, research and health implications. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 13: 1192-1206.

Crowe, K. M. and C. Francis. 2013. Position of the academy of nutrition and dietetics: functional foods. J Acad Nutr Diet. 113: 1096-103.

Cuellas, A. y J. Wagner. 2010. Elaboración de bebida energizante a partir de suero de quesería. Revista del laboratorio tecnológico del Uruguay 5: 54-57.

Dahl, W. J., Erin A. Lockert, Allison L. Cammer and Susan J. Whiting. 2005. Effects of flax fiber on laxation and glycemic response in healthy volunteers. Journal of Medicinal Food, 8 (4): 527.

Dalgetty, D. D. and B. K. Baik. 2006. Fortification of bread with hulls and cotyledon fibers isolated from peas, lentils, and chickpeas. Cereal Chemistry. 83(3): 269-274.

Damodaran, S., K. L. Parkin and O. R. Fennema. 2007. Fennema's Food Chemistry. CRC Press. Boca Raton, U.S.A.

Delmas, T., H. Piraux, A. C. Couffin, I. Texier, F. Vinet, P. Poulin, M. E. Cates, and J. Bibette. 2011. How to prepare and stabilize very small nanoemulsions. Langmuir 27(5): 1683–1692.

Desai, K. G. H. and H. J. Park. 2005. Recent developments in microencapsulation of food ingredients. Drying Technology 23(7): 1361–1394.

Dhiman, T. R., S.H. Nam, and A. L. Ure. 2005. Factors affecting conjugated linoleic acid content in milk and meat. Critical reviews of food science and nutrition 45: 463-482.

Dickinson, E. 2011. Mixed biopolymers at interfaces: Competitive adsorption and multilayer structures. Food Hydrocolloids 25(8): 1966–1983.

Dos Santos, E.R.Q., C.S.F. Maia, E.A. Fontes Junior, A.S. Melo, B.G. Pinheiro, and J.G.S. Maia. 2018. Linalool-rich essential oils from the Amazon display antidepressant-type effect in rodents, J Ethnopharmacol 212: 43-49.

Drusch, S. and K. Schwarz. 2006. Microencapsulation properties of two different types of n-octenylsuccinatederivatised starch. European Food Research and Technology 222(1–2): 155–164.

D'souza, N., S. Sonawane, T. Nair and A. Dabade. 2019. Preservation of poultry meat with the application of linalool. Annals Food Science and Technology, 20 (2): 318-321.

Duarte, A., A. Luis, M. Oleastro and F. Domingues. 2016. Antioxidant properties of coriander essential oil and linalool and their potential control *Campylobacter*. J Food Control 13: 123-154.

El-Kalyoubi, M., M. F. Khallaf, A. Abdelrashid and E. M. Mostafa. 2011. Quality characteristics of chocolate-Containing some fat replacer. Annuals of Agricultual Sciences 56(2): 89-96.

Endara-Figueroa, F. A. 2002. Elaboración de una bebida a partir del suero de queso y leche descremada con sabor a mango. Universidad de Zamorano, Honduras. p. 38.

Fernandes, J. 2015. Antitumor monoterpenes, bioactive essential oils and cancer.

Springer. New York, U.S.A: 175-200.

K. Ertan, D. Bayaa, O. Gokce, T. Alatossava, Y. Yilmaz, and O. Gursoy. 2017. Total antioxidant capacity and phenolic content of pasteurized and UHT-Treated cow milk samples marketed in turkey. Akademik Gıda 15: 103.

S. Filip, S. Vidović, J. Vladić, B. Pavlić, D. Adamović and Z. Zeković. 2016. Chemical composition and antioxidant properties of ocimum basilicum l. extracts obtained by supercritical carbon dioxide extraction: Drug exhausting method. The Journal of Supercritical Fluids 109: 20-25.

Foegeding, E. A. 2006. Food biophysics of protein gels: A challenge of nano and macroscopic proportions. Food Biophysics 1(1): : 41–50.

Food and Nutrition Board, Institute of Medicine, National Academy of Sciences. In Opportunities in the Nutrition and Food Sciences, P.R. Thomas and R. Earl eds, Washington DC, National Academy Press, 1994.

Friberg, S., K. Larsson, and J. Sjoblom. 2004. Food Emulsions. Marcel Dekker. New York, U.S.A.

Functional Food Ingredients Market. 2018. Functional food ingredients market by type (probiotics, prebiotics, proteins & amino acids, phytochemical & plant extracts, omega-3 fatty acids, carotenoids, fibers & specialty carbohydrates), application, source, and region – global forecast to 2023. Consultado el 29 Mar 2022 en https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/functional-food-ingredients-market-9242020.html

Galiano, F., A. Mecchia, R. Castro, A. Tagarelli, R. Lavecchia, A. Cassano y A. Figoli. 2019. Enzyme-mediated extraction of linonene, linalool and linalyl acetate from bergamot peel oil by pervaportation. Journal of Membrane Scienc 5: 187-193.

Gao, Z., J.D. Van Nostrand, J. Zhou, W. Zhong, K. Chen and J. Guo. 2019. Anti-listeria Activities of Linalool and Its Mechanism Revealed by Comparative Transcriptome Analysis. Front. Microbiol. 10: 2947.

Garcia-Llatas, G., *et al.*, 2015. Bioavailability of plant sterol-enriched milk-based fruit beverages: in vivo and in vitro studies. J. Funct. Foods 14: 44–50.

Garcia, A. y E. Pacheco-Delahaye. 2010. Evaluacion de una bebida láctea instantánea a base de harina de arracacha (*Arracacia xanthorrihiza*) con la adicion de ácido fólico. Rev Chil Nutr 34: 62.

Gaucheron, F. 2000. Iron fortification in dairy industry. Trends in Food Science Technology 11(11): 403-409.

Gaur, V., J. Schalk and S. G. Anema. 2018. Sedimentation in UHT milk, International Dairy Journal 78: 92-102.

Gerhart, M., and M. Schottenheimer. 2013. Mineral fortification in dairy. Wellness Foods Europe 1: 30–36.

Ghasempour, Z., M. Alizadeh and M. R. Bari. 2012. Optimization of probiotic yoghurt production containing Zedo gum. Int. J. Dairy Technol. 65: 118–125.

Gimeno, O., I. Astiasaran and Bello, J. 2001. Calcium ascorbate as a potential partial substitute for NaCl in dry fermented sausages: effect of color, texture and hygenic quality at different concentrations. Meat Science. 57: 23-29.

Gomez-Guillen, M. C., B. Gimenez, M. E. Lopez-Caballero and M. P. Montero. 2011. Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: A review. Food Hydrocolloids 25(8): 1813–1827.

Gopal, E. S. R. 1968. Principles of emulsion formation. In Emulsion Science, P. Sherman, ed., Academic Press: 1–47. London, U.K.

Granato. D., Gabriel, F. Branco, A. Gomes-Cruz, J. Fonseca-Faria and N. P. Shah. 2010. Probiotic dairy products as functional foods. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9 (5): 455-470.

Grass, M. L. Vidal, D., Betoret, N. Chiralt, A. and Fito, P. 2003. Calcium fortification of vegetables by vacuum impregnation: Interactions with cellular matrix. Journal of Food Engineering, 56(2): 279-284.

Gulotta, A., A.H. Saberi, M.C. Nicoli and D.J. McClements. 2014. Nanoemulsion-based delivery systems for polyinstaturated (omega-3) oils: formation using a spontaneous emulsification method. J. Agric. Food Chem. 62 (7): 1720-1725.

Guo, F., Q. Chen, Q. Liang, M. Zhang, W. Chen, H. Chen, Y. Yun, Q. Zhong and W. Chen. 2021. Antimicrobial activity and proposed action mechanism of linalool against Pseudomonas fluorescens. Front Microbiol. 12: 563094.

Gu'rakan, G.C., A. Cebeci and B. O'zer. 2010. Probiotic dairy beverages: microbiology and technology. In: Yildiz F, editor. Development and manufacture of yogurt and other functional dairy products. Florence, S.C.:Taylor & Francis Group. p. 165–95.

Guttoff, M., A.H Saberi, and D.J. McClements. 2015. Formation of vitamin D nanoemulsion-based delivery systems by spontaneous emulsification: factors affecting particle size and stability. Food Chem. 171:117–22.

Harbourne, N., E. Marete, J. C. Jacquier and D. O'Riordan. 2013. Stability of phytochemicals as sources of anti-inflammatory nutraceuticals in beverages. A review. Food Research International 50(2): 480-486

Hasler, C. M., and A. C. Brown. 2009. Position of the American Dietetic Association: functional foods. Journal of the American Dietetic Association, 109(4): 735- 746.

Hasenhuettl, G. L. and R. W. Hartel. 2008. Food Emulsifiers and Their Applications. Springer Science, New York, U.S.A.

Haynes, W.M. 2014. CRC Handbook of Chemistry and Physics. 4th Ed. CRC press, New York, U.S.A.

He R., W. Chen, M. Zhang, Q. Zhong, H. Zhang, H. Chen and W. Chen. 2021. Antibacterial mechanism of linalool against *L. monocytogenes*, a metabolomic study. Food Control 132: 108533.

Helgason, T., T. S. Awad, K. Kristbergsson, D. J. McClements, and J. Weiss. 2008. Influence of polymorphic transformations on gelation of tripalmitin solid lipid

nanoparticle suspensions. Journal of the American Oil Chemists Society 85(6): 501–511.

Hertrampf, E., F. Cortés, J. D. Erickson, M. Cayazzo, W. Freire, L. B. Bailey and C. Pfeiffer. 2003. Consumption of folic acid-fortified bread improves folate status in women of reproductive age in Chile. The Journal of Nutrition 133 (10): 3166-3169.

Hilliam, M., 2000. Functional food—how Big Is the market?. The World of Food Ingredients. 12: 50–52.

Holmberg, K., B. Jonsson, B. Kronberg and B. Lindman. 2002. Surfactants and Polymers in Aqueous Solution. Wiley, New York, U.S.A.

Hosseini-Shekarabi, S .P., N. Rostam, A. R. Shaviklo and N. Mhd Sarbon. 2021. Application of an optimum level of acidic extracted grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) gelatin as a fat replacer in low -fat milk cream development. Iranian Journal of Fisheries Sciences 20(5): 1277-1290.

IFIC Foundation. 1995. Functional foods: opening the door to better health. Food Insight, November/December.

Igoe, R. S. 2011. Dictionary of Food Ingredients. Springer Scientific, New York, U.S.A.

Ilc, T., C. Parage, B. Boachon, N. Navrot and D. Werck-Reichhart. 2016. Monoterpenol oxidative metabolism: Role in plant adaptation and potential applications. Frontiers in plant science 26.

Jacobsen, C., M. B. Let, N. S. Nielsen and A. S. Meyer. 2008. Antioxidant strategies for preventing oxidative flavour deterioration of foods enriched with n − 3 polyunsaturated lipids: A comparative evaluation. Trends in Food Science & Technology 19(2): 76–93.

Jadhav, B. A. and V. S. Pawar. 2016. Influence of incorporation of blends of guar gum and acacia gum in the preparation of chocolate flavoured milk. AsianJ. Dairy & Food Res 35: 214.

Jenness, R. and D. Patton. 1976. Principles of dairy chemistry. J. Chem Educ. 37: 275.

Jalilzadeh-Afshari, A. and V. Fadaei. 2021. Characterization of flavored milk containing bitter orange peel extract and Gaz-angubin. Food Sci Nutr. 9: 164-171.

Jokar, A. and M. Hossyn. 2021. Formulation and production of persimmon milk drink and evaluation of its physicochemmical, rheologigical, and sensorial properties. Food Science and Nutrition 10: 1126-1134.

Jugreet, B. S., S. Suroowan, R. R. Kannan Rengasamy y M. F. Mahomoodally. 2020. Chemistry, bioactives, mode of action and industrial applications of essential oils. Trends in Food Science & Technology, 101: 89-105. DOI: https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.04.025

Karbstein, H. and H. Schubert. 1995. Parameters influencing the selection of a machine for producing finely dispersed oil-in-water emulsions. Chemie Ingenieur Technik 67(5): 616–619.

Kazmi, S. A., R. Vieth, and D. Rousseau. 2007. Vitamin D3 fortification and quantification in processed dairy products. International Dairy Journal 17(7): 753-759.

Kemp, S. E. and IFST PFSG committee. 2008. Aplication of sensory evaluation in food research. Int J Food Sci Technol, 1507-11.

Kentish, S., T. J. Wooster, A. Ashokkumar, S. Balachandran, R. Mawson and L. Simons. 2008. The use of ultrasonics for nanoemulsion preparation. Innovative Food Science & Emerging Technologies 9(2): 170–175.

Kirk, R. S., R. Sawyer y E. Egan. 1996. Composición y análisis de alimentos de Pearson. Segunda edition. Editorial CECSA. México.

Kim, H. J., E. A. Decker and D. J. McClements. 2002. Role of post-adsorption conformation changes of betalactoglobuline on its ability to stabilize oil droplets against flocculation during heating at neutral pH. Langmuir 18(20): 7577–7583.

Kolanowski, W. and G. Laufenberg. 2006. Enrichment of food products with polyunsaturated fatty acids by fish oil addition. Eur. Food Res. Technol. 222: 472–477.

Komaiko, J. and D. J. McClements. 2014. Optimization of isothermal low-energy nanoemulsion formation: hydrocarbon oil, non-ionic surfactant, and water systems. J. Colloid Interface Sci. 425: 59-66

Komaiko, J. and D.J. McClements. 2015. Food-grade nanoemulsion filled hydrogels formed by spontaneous emulsification and gelation: Optical properties, rheology and stability. J. Food Hydrocolloids 46: 67-75

Komaiko, J. S. and D. J. McClements. 2016. Formation of food-grade nanoemulsions using low-energy preparation methods: A review of available methods. comprehensive reviews. Food Science and Food Safety 15: 1-22.

Komatou, G. P. P. and A. M. Viljoen. 2008. Linalool – A review of a biologically active compound of commercial importance. Natural Product Communications 3(7): 1183-1192.

Komes, D., A. Bušić, A. Belščak-Cvitanović, M. Brnčić, T. Bosiljkov, A. Vojvodić and F. Dujmić. 2017. Novel approach for the development of functional goat milk-based beverages using medicinal plant extracts in combination with high intensity ultrasound treatment. Food Technology and Biotechnology 55 (4): 484-495.

Kralova, I. and J. Sjoblom. 2009. Surfactants used in food industry: A review. Journal of Dispersion Science and Technology 30(9): 1363–1383.

Krinsky, N. I. 1998. The antioxidant and biological properties of the carotenoids. Towards Prolongation of the Healthy Life Span 854: 443–447.

Kroger, M., K. Meister, and R. Kava. 2006. Low-calorie sweeteners and other sugar substitutes: a review of the safety issues. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 5: 35–47.

Kubomara, K. 1998. Japan redefines functional foods. Prepared Foods 167:129–32

Kumar, A., A. Kaur, Vidisha T., K. Gupta and K. Kaur. 2014. Effect of rose syrup and marigold powder on the physicochemical, phytochemical, sensorial and storage properties of nutricereals and milk-based functional beverage. Journal of the American College of Nutrition 40: 133-140.

Kumar, M. H., L. Sabikhi, D. K. Thompkinson, A. K. Singh AK. 2005. Determination of stabilizer levels for a whey-based fermented beverage. Indian J Dairy Sci 58:139–140

Kuwahata, T. Komatsu, S. Katsuyama, M.T. Corasaniti, G. Bagetta, S. Sakurada, T. Sakurada and K. Takahama. 2013. Peripherally injected linalool and bergamot essential oil attenuate mechanical allodynia via inhibiting spinal ERK phosphorylation, Pharmacology Biochemistry and Behavior 103: 735-741.

Landy, P., J. L. Courthaudon, C. Dubois and A. Voilley. 1996. Effect of interface in model food emulsions on the volatility of aroma compounds. Journal of Agricultural and Food Chemistry 44(2): 526–530.

Lapczynski, C.S. Letizia and A.M. Api. 2008. Addendum to fragrance material review on linalool. Food Chem Toxicol. 46: 190-192.

Liebler, D. C. and T. D. Mc Clure. 1996. Antioxidant reactions of beta-carotene: Identification of carotenoidradical adducts. Chemical Research in Toxicology 9(1): 8–11.

Lawless HT, H. H. (2010). Sensory Evaluation of Food. New York: Springer, New York, U.S.A.

Leon, F. 2003. Functional foods. Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition (Second Edition), 2827-2832.

Li, Y., C. T. Wang, Z. Tao, Z. G. Zhao, L. J. You, R. Zheng, X. M. Guo and Z. Y. Zhang. 2019. Enhanced antioxidant and antiproliferative activities of *Cymbopogon citratus* stapf essential oils in microemulsion. Eng. 7: 15173–15181.

Li, X. P., K. Huang, J. Y. Lin, Y. Z. Xu and H. Z. Liu. 2014. Hofmeister ion series and its mechanism of action on affecting the behavior of macromolecular solutes in aqueous solution. Progress in Chemistry 26(8): 1285–1291.

Litwin, N., J. Clifford and S. Johnson. 2018. Functional foods for health. Estados Unidos: Colorado State University Extension. https://extension.colostate.edu/topic-areas/nutrition-food-safety-health/functional-foods-for-health-9-391/

Madene, A., M. Jacquot, J. Scher and S. Desobry. 2006. Flavour encapsulation and controlled release—A review. International Journal of Food Science and Technology 41(1): 1–21.

Mahdi, A., J. K. Mohammed, W. Al-Ansi, Q. Al-Maqtari, A. Al-Adeeb, H. Cui and L. Lin. 2022. Stabilization of the oil-in-water emulsions of *Citrus reticulata* essential oil by different combinations of gum arabic/maltodextrin/whey protein. Journal of Food Processing and Preservation 00: 1 – 12.

Marin, F. R., M. J. Frutos, J. A. Perez-Alvarez, F. Martinez-Sanchez and J. A. Del Rio. 2002. Flavonoids as nutraceuticals: Structural related antioxidant properties and their role on ascorbic acid preservation. In Studies in Natural Products Chemistry 26: 741–778.

Mangeon, C., F. Thevenieau, E. Renard, and V. Langlois. 2017. Straightforward route to design biorenewable networks based on terpenes and sunflower oil, ACS Sustainable Chem. Eng. 5:6707–6715.

Martinez-Navarrete, N., M. M. Camacho, J. Martinez-Lahuerta, J. Martinez-Monzó and P. Fito. 2002. Iron deficiency and iron fortified foods – a review. Food Research International 35(2): 225-231.

Martirosyan, D.M. and J. Singh. 2015. A new definition for functional food by ffc: creating functional food products using new definition. Disponible en https://www.functionalfoodscenter.net/files/111174880.pdf

Maqsood, S., O. Adiamo, M. Ahmad, M and P. Mudgil. 2020. Bioactive compounds from date fruit and seed as potential nutraceutical and functional food ingredients. Food Chemistry, 308. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.125522

Martucci, J.F., L.B. Gende, L. M. Neira, and R.A. Ruseckaite. 2015. Orégano and lavender essential oils as antioxidant and additives of biogenic gelatin films. Industrial Crops and Products, 71, 205-213. DOI: https://doi.org/10.3390/ph13090219

McCain, H. R., S. Kaliappan y M. A. Drake. 2018. Invited review: Sugar reduction in dairy products. Joournal of Dairy Science, 101 (10), 8619-8640. DOI: https://doi.org/10.3168/jds.2017-14347

McClements, D.J. and Y. Li. 2010. Structured emulsion-based delivery systems: Controlling the digestion and release of lipophilic food components. Advances in Colloid and Interface Science, 159, 213-218. DOI: 10.1016/j.cis.2010.06.010

McClements D.J. 2015. Food emulsions: principles, practices, and techniques.

3rd ed. Washington, DC: CRC Press INC.

McClements, D.J. 2005. Food emulsions: principles, practices, and techniques. CRC series in Contemporary Food Science

McClements, D.J. 2007. Critical review of techniques and methodologies for characterization of emulsion stability Crit. Rev. Food Sci. 47 611-649

McClements, D. J. and E. A. Decker. 2000. Lipid oxidation in oil-in-water emulsions: Impact of molecular environment on chemical reactions in heterogeneous food systems. Journal of Food Science 65(8): 1270–1282.

McClements, D. J and S. M. Jafari. 2018. Improving emulsion formation, stability and performance using mixed emulsifiers: A review. Advances in Colloid and Interface Scienc: 251: 55-79.

McClements, D. J. and J. Rao. 2011. Food-grade nanoemulsions: Formulation, fabrication, properties, performance, biological fate, and potential toxicity. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 51(4): 285–330.

McClements, D. J. 2012. Nanoemulsions versus microemulsions: Terminology, differences, and similarities. Soft Matter 8(6): 1719–1729.

McKenzie, H. A. 1971. Milk Proteins: Vol. 1: Chemistry and Molecular Biology. Academic Press.

Mei, L. Y., D. J. McClements and E. A. Decker. 1999. Lipid oxidation in emulsions as affected by charge status of antioxidants and emulsion droplets. Journal of Agricultural and Food Chemistry 47(6): 2267–2273.

Mezzenga, R., P. Schurtenberger, A. Burbidge and M. Michel. 2005. Understanding foods as soft materials. Nature Materials 4(10): 729–740.

Menon, W. B. and D. T. Wasan. 1985. Demulsifcation. Encyclopedia of Emulsion Technology, P. Becher. Marcel Dekker, New York, U.S.A.

Mill, T. 2000. Handbook of property estimation methods for chemicals. Boethling RS, Mackay D Ed., Boca Raton, U.S.A.

M. Miyashita and Y. Sadzuka. 2013. Effect of linalool as a component of humulus lupulus on doxorubicin-induced antitumor activity. Food and Chemical Toxicology. 53: 174-179.

Msagati, T. A. M. 2013. Chemistry of Food Additives and Preservatives. Wiley-Blackwell Chichester, U.K.

Modha, H. and D. Pal. 2011. Optimization of Rabadi-like fermented milk beverage using pearl millet. J Food Sci Technol 48(2): 190-196. DOI: 10.1007/s13197-010-0146-6.

Mudgil, D., and S. Barak. 2016. Development of functional buttermilk by soluble fibre fortification. Agro Food Ind. Hi Tech 27, 44–47.

Mudgil, D and S. Barak. 2017. Functional Foods: Sources and Health Benefits. Ed. Scientific Publisher, 1 Edición.

Mudgil, D. 2017. Introduction to functional foods. In: Mudgil, D., Barak, S. (Eds.), Functional Foods: Sources and Health Benefits. Scientific Publishers, New Delhi, India.

Mudgil, D., S. Barak, and P. Darji, 2016. Development and characterization of functional cultured buttermilk utilizing Aloe vera juice. Food Biosci. 15, 105–109.

Mudgil, D and S. Barak. 2019. Mil-Based Beverages: Dairy-Based Functional Beverages. Woodhead Publishing, 9: 67-93.

Myers, D. 2006. Surfactant Science and Technology. John Wiley & Sons, Hoboken, U.S.A.

Nanditha, B. and P. Prabhasankar. 2008. Antioxidants in bajery products: a review. Critical Reviews in Food Science and Nutrition 49(1), 1-27.

Nelen, B. A. P. and J. M. Cooper. 2004. Sucrose esters. In Emulsifiers in Food Technology, R. J. Whitehurst. Blackwell Publishing, Oxford, U.K.

NORMA Oficial Mexicana NOM-113-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de microorganismos coliformes totales en placa. [En línea]. Disponible en http://salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/113ssa14.html

NORMA Oficial Mexicana NOM-111-SSA1-1994, Bienes y servicios. Método para la cuenta de mohos y levaduras en alimentos. [En línea]. Disponible en http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4881226&fecha=13/09/1995#:~:text=NORMA%20Oficial%20Mexicana%20NOM%2D111,%2D%20Secretar%C3%ADa%20de%20Salud.

NORMA Oficial Mexicana NOM-092-SSA1-1994, bienes y servicios. Método para la cuenta de bacterias aerobias en placa. [En línea]. Disponible en http://www.salud.gob.mx/unidades/cdi/nom/092ssa14.html

NORMA Oficial Mexicana NOM-210-SSA1-2014, Productos y servicios. Métodos de prueba microbiológicos. Determinación de microorganismos indicadores.

Determinación de microorganismos patógenos. [En línea]. Disponible en http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5398468&fecha=26/06/2015

Norn, V. 2004. Polyglycerol esters. In Emulsifiers in Food Technology. Blackwell Publishing, Oxford, U.K.

Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. 2019. 21th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 925.23.

Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. 2019. 21th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 942.05.

Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. 2019. 21th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 989.05.

Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. 2019. 21th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 991.20.

Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. 2019. 21th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 991.15.

Official Methods of Analysis of AOAC INTERNATIONAL. 2019. 21th Ed., AOAC INTERNATIONAL, Gaithersburg, MD, USA, Official Method 997.02.

Organización Mundial de la Salud. 2016. Out of the Shadows: Making Mental Health a Global Development Priority. Disponible en: https://www.who.int/mental_health/advocacy/wb_background_paper.pdf?ua=1

Orr, C. 1988. Determination of particle size. In Encyclopedia of Emulsion Technology. Marcker Dekker, New York, U.S.A.

Ozer, B. H. and H. A. Kirmaci. 2010. Functional milks and dairy beverages. Int. J. Dairy Technol. 63: 1–15.

Ozturk, H. İ., S. Aydin and N. Akin. 2017. Effect of lavender powder on microbial, physicochemical sensory and functional properties of yoghurt. International Journal of Secondary Metabolite 4: 94-102.

Posadzki, A. Alotaibi and A. Ernst. 2012. Adverse effects of aromatherapy: a systematic review of case reports and case series. Int J Risk Saf Med 24: 147–161.

Park, S. N., Y. K. Lim, M. O. Freire, E. Cho, D. Jin, and J. K. Kook. 2012. Antimicrobial Effect of Linalool and α-Terpineol against Periodontopathic and Cariogenic Bacteria. Anaerobe 18: 369-372

Patel, O., T. Parekh and R. Subhash. 2008. Development of priobiotic and symbiotic chocolate mousse: A functional food. Biotechnology 7(4): 769-774.

Peana, A. T., P. S. D'Aquila, F. Panin, G. Serra, P. Pippia and M. D. L. Moretti. 2002. Anti-inflammatory activity of linalool and linalyl acetate constituents of essential oils. Phytomedicine 9: 721-726.

Pellegrini, N., R. Re, M. Yang and C. Rice-Evans. 1999. Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extracts for antioxidant activities applying 2,20-azinobis (3-ethylenebenzothiazoline-6- sulfonic acid) radical cation decolourisation assay. Methods in Enzymology 299: 379–389

Perna, A., A. Simonetti and E. Gambacorta. 2018. Phenolic content and antioxidant activity of donkey milk kefir fortified with sulla honey and rosemary essential oil during refrigerated storage. International Journal of Dairy Technology. 72: 74.

Piorkowski, D. T. and D. J. McClements. 2014. Beverage emulsions: Recent developments in formulation, production, and applications. Food Hydrocolloids 42: 5–41.

Poonphatanapricha, T., S. Katanyutanon, K. Jitapunkul, L. Lawtrakul and P. Toochinda. 2021. The preservation and enantiomeric selection of linalool by nanoencapsulation using cyclodextrins. Sci. Pharm. 89: 42.

Prakash, A., V. Vadivel, D. Rubini and P. Nithyanand. 2019. Antibacterial and antibiofilm activities of linalool nanoemulsiones against *Salmonella Typhymurium*. Food Bioscience 28: 345.

Prieto, S. P., B. C. Grande, S. G. Falcon and J.S. Gándara. 2006. Screening for folic acid content in vitamin-fortified beverages. Food Control 17 (11): 900-904

Pugnaloni, L. A., E. Dickinson, R. Ettelaie, A. R. Mackie, and P. J. Wilde. 2004. Competitive adsorption of proteins and low-molecular-weight surfactants: computer simulation and microscopic imaging. Advances in Colloid and Interface Science 107(1): 27–49.

Qian, C., E. A. Decker, H. Xiao and D. J. McClements. 2011. Comparison of biopolymer emulsifier performance in formation and stabilization of orange oil-in-water emulsions. Journal of the American Oil Chemists Society 88(1): 47–55.

Qiu, X., C. Jacobsen, A. M. Sorensen. 2018. The effect of rosemary (Rosmarinus officinalis L.) extract on the oxidative stability of lipids in cow and soy milk enriched with fish oil. Food Chemistry 263: 119-126.

Radu, S. D., L. Mihalcea, I. Aprodu, S. A, Socaci, M. Cotârleț, E. Enachi, O. Crăciunescu, V. Barbu, A. Oancea, F. V. Dulf, P. Alexe, G. E. Bahrim, G. Râpeanu and N. Stănciuc. 2020. Fostering lavender as a source for valuable bioactives for food and pharmaceutical applications through extraction and microencapsulation. Molecules 25: 5001.

Raguso, R.A. 2016. More lessons from linalool: Insights gained from a ubiquitous floral volatile. Current Opinion in Plant Biology 32: 31-36.

Riemersma, R.A. 1996. A fat little earner. Lancet. 347: 775–776.

Renuka, B., S.G. Kulkarni, P. Vijayanand and S.G. Prapulla. 2009. Fructooligosaccharide fortification of selected fruit juice beverages: Effect on the quality characteristics. LWT – Food Science and Technology 42 (5): 1031-1033.

Robu, S., A. Aprotosoaie, A. Spac *et al.*, 2011. Studies regarding chemical composition of lavender volatile oils. Revista Medico-Chirurgicala a Societatii de Medicii si Naturalisti dinIasi, 115 (2): 584–589.

Rodriguez-Acosta, M. G. 2018. Desarrollo de una bebida estandarizada a base de Avena sativa, Cinnamomun zeylanicum y vanilla planifolia. Universidad Autónoma de Nuevo León.

Rodriguez-Alcalá, L. M. and J. Fontecha. 2007. Hot topic: Fatty acid and conjugated linoleic acid (CLA) isomer composition of commercial CLA-fortified dairy products: Evaluation after processing and storage. Journal of Dairy Science 90: 2083-2090.

Rodriguez-Perez, C., S. Pimentel-Moral and J. Ochando-Pulido. 2019. Milk-Based Beverages: New Trends and Perspectives in Functional Dairy-Based Beverages. Woodhead Publishing 9: 95-138.

Rojano, B., C. Gaviria, M. Gil, J. Sáez y H. Tournier. 2008. Actividad antioxidante del isoespintanol en diferentes medios. Vitae, 15 (1): 173-181.

Roy, B.D. 2008. Milk: the new sports drink? A review. J. Int. Soc. Sports Nutr. 5: 15–21.

Ruberto, G. and M. T. Baratta. 2000. Antioxidant activity of selected essential oil components in two lipid model systems. Food Chem. 69: 167–174.

Saad, A. and M. A. El-Salam. 2010. The antioxidant properties of skim milk supplemented with rosemary and green tea extracts in response of pasteurization, homogenization and the addition of salts. Int. J of Dairy Technology 63: 349.

Saarela M. 2009. Probiotics as ingredients in functional beverages. In: Paquin P, editor. Functional and speciality beverage technology. Woodhead Publishing Limited and CRC Press, Cambridge, U.K.

Saberi, A. H., Y. Fang, and D. J. McClements. 2013. Fabrication of vitamin E-enriched nanoemulsions: Factors affecting particle size using spontaneous emulsification. Journal of Colloid and Interface Science 391: 95–102.

Saberi, A.H., Y. Fang, D.J. McClements. 2016. Influence of surfactant type and thermal cycling on formation and stability of flavor oil emulsions fabricated by spontaneous emulsification. Food Res Int. 89:296–301.

Saito, Morio. 2007. Role of FOSHU (food for specified health uses) for healthier life. Yakugaku Zasshi 127(3):407-16.

Sakurada, T., H. Mizoguchi, H. Kuwahata, S. Katsuyama, T. Komatsu, L. A. Morrone, M. T. Corasaniti, G. Bagetta and S. Sakurada. 2011. Intraplantar injection of bergamot essential oil induces peripheral antinociception mediated by opioid mechanism. Pharmacology Biochemistry and Behavior 97: 436-443.

Salager, J. L., R. Anton, D. Sabatini, J. Harwell, E. Acosta and L. Tolosa. 2005. Enhancing solubilization in microemulsions—State of the art and current trends. Journal of Surfactants and Detergents 8(1): 3–21.

Sanchez, N., J. U. Sepúlveda y B. A. Rojano. 2013. Desarrollo de una bebida láctea con extractos de curuba (*Passiflora mollissima Bailey*) como antioxidante natural. Biotecnología en el Sector agropecuario y Agroindustrial 11: 164.

Sartorelli, P., A. D. Marquioreto, A. Amaral-Baroli, M. E. L. Lima and P. R. H. Moreno. 2007. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils from two species of Eucalyptus. Phytother Res 21: 231–233.

Schalbart, P. and M. Kawaji. 2013. Comparison of paraffin nanoemulsions prepared by low energy emulsification method for latent heat storage. Int. J. Therm. Sci. 67: 113-119.

Shimizu, T., Y. Shigeta and S. Kunieda. 2007. Food products containing a fruit component. US20070092623.

Shanmugam, A. and M. Ashokkumar. 2014. Functional properties of ultrasonically generated flaxseed oil-dairy emulsions. Ultrasonics Sonochemistry 21: 1649-1657.

Shree, K. D., H. W. Deshpande and M. A. Bhate. 2017. Studies on exploration of psyllium husk as prebiotic for the preparation of traditional fermented food “buttermilk”. Int. J. Curr. Microbiol. 6: 3850–3863.

Semikolenov, V.A., I. Ilyna and I. Simakova. 2001. Linalool synthesis from α-pinene: kinetic peculiarities of catalytic steps. Applied Catalysis 211: 91-107.

Singleton, V. L. and J. A. Rossi. 1965. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic–hosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture, 16 (1): 144–158.

Sinha, R., C. Radha, J. Prakash and P. Kaul. 2007. Whey protein hydrolysate: functional properties, nutritional quality and utilization in beverage formulation. Food Chem. 101: 1484–1491.

Sion-Tee, A., J. Wong, and P. Chan. 2018. Functional foods monography. ILSI Southeast Asia region monograph series. International Life Sciences Institute Southeast Asia Region.

Sipple, L. R., A. N. Schiano, D. C. Cadwallader and M. A.Drake. 2021. Child preferences and perceptions of fluid milk in school meal programs. Journal of Dairy Science (104): 5303-5318.

Siró I., E. Kápolna, B. Kápolna and A. Lugasi. 2008. Functional food. A product development, marketing and consumer acceptance – A review. Appetite 51: 456-467.

Slinkard, K. and V. L. Singlenton. 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with maual methods. Am. J. Enol. Viticult. 28: 49–55.

Smith, B. L., M. Marcotte and G. A. Harman. 1996. Comparative analysis of the regulatory framework affecting functional food development and commercialization in Canada, Japan, the European Union and the United States of America, Ottawa, Intersector Alliance Inc.

Solans, C. and I. Sole. 2012. Nano-emulsions: Formation by low-energy methods. Current Opinion in Colloid and Interface Science 17(5): 246–254.

Solans, C., P. Izquierdo, J. Nolla, N. Azemar and M. J. García-Celma. 2005. Nano-emulsions. Curr. Opin. Colloid Interface Sci. 10: 102-109.

Southgate, D. A. T. 2006. Datos de composición de alimentos: obtención y utilización. Food & Agriculture Organization.

Souza, C. M. C., S. A. Pereira Junior, T. S. Moraes, J. L. Damasceno, S. Amorim-Mendes, H. J. Dias, R. Stefani, D. C. Tavares, C. H. G. Martins, and A. E. M. Crotti. 2016. Antifungal activity of plant-derived essential oils on *Candida tropicalis* planktonic and biofilms cells. Medical Mycology 54: 515-523.

Staffolo, M. D., Bertola, N. and M. Martino. 2004. Influence of dietary fiber addition on sensory and rheological properties of yogurt. International Dairy Journal, 14(3): 263-268.

Stauffer, S. E. 1999. Emulsifiers. St Paul, MN: Eagen Press.

Steenblock, R. L., J. G. Sebranek, D. G. Olson and J. A. Love. 2001. The effects of oat fiber on the properties of light bologna and fat-free frankfurters. Journal of Food Science 66 (9): 1409-1415.

Taisne, L., P. Walstra and B. Cabane. 1996. Transfer of oil between emulsion droplets. Journal of Colloid and Interface Science 184(2): 378–390.

Tan, C. T. 2007. Beverage emulsions. Marcel Dekker, New York, U.S.A.

Tang, S., J. P. Kerry, D. Sheehan, J. Bukley and D. Morrisey. 2001. Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility of cooked red meat, poultry and fish pattied to lipid oxidation. Food Research International 34: 651-7.

Thomas, P.R. and R. Earl. 1994. Committee on Opportunities in the Nutrition and Food Sciences, Food and Nutrition Board, Institute of Medicine. Opportunities in the nutrition and food sciences. Research Challenges and the Next Generation of Investigators :98–142.

Tipvarakarnkoon, T., U. Einhorn-Stoll and B. Senge. 2010. Effect of modified Acacia gum (SUPER GUM™) on the stabilization of coconut o/w emulsions. Food Hydrocolloids 24(6-7): 595–601.

M. Tosif, A. Najda, A. Bains, T. Chaitanya, P. Chawla, M. Dyduch-Sieminska, J. Klepacka and R. Kaushika. 2021. A comprehensive review on the interaction of milk protein concentrates with plant-based polyphenolics. International Journal of Molecular Sciences 22: 13548.

Ubbink, J., A. Burbidge and R. Mezzenga. 2008. Food structure and functionality: A soft matter perspective. Soft Matter 4(8): 1569–1581.

Vakili, N. and A. Gorji. 2006. Psychiatry and psychology in medieval Persia. Journal Clinical Psychiatry 67 (12): 1862-1869.

Van-Zyl, R. L., S. T. Seatholo and S. F. van Vuuren. 2006. The biological activities of 20 nature identical essential oil constituents. Journal of Essential Oil Research 18: 123-133.

Vazquez, C., M. G. Villa, C. Álvarez, J. Chávez-Servín, T. García-Garca, R. A. Ferriz, O. P. García, J. L. Rosado, C. M. López-Sabater, A. I. Castellote, H. M. Andrade and K. de la Torre. 2015. Total phenolic compounds in milk from different species: Design of an extraction technique for quantification using the Folin-Ciocalteau method. Food Chem 176: 480.

Vilas, P.S., and V.N. Venkatraj. 2009. Process for preparing a tea beverage. US20090304895.

Villegas, B., A. Tárrega, I. Carbonell and E. Costell. 2010. Optimizing acceptability of new prebiotic low-fat milk beverages. Food Qual. Prefer. 21: 234–242.

Walstra, P. 2003. Physical Chemistry of Foods. New York: Marcel Decker.

Wang, C.-Y., Y.-W. Chen and Chih-Yao Hou. 2019. Antioxidant and antibacterial activity of seven predominant terpenoids. International Journal of Food Properties 22: 230-238.

Ward, O.P. and A. Singh. 2005. Omega-3/6 fatty acids: alternative sources of production. Process Biochem. 40: 3627–3652.

Waraho, T., D. J. McClements and E. A. Decker. 2011. Mechanisms of lipid oxidation in food dispersions. Trends in Food Science & Technology 22(1): 3–13.

Wells, R., F. Troung, A. M. Adal, L. S. Sarker and S. S. Mahmoud. 2018. Lavandula essential oils: A current review of applications in medicinal, food, and cosmetic industries of lavender. Natural Product Communications 13 (10): 1403 – 1417.

Williams, J. 2008. Factoring safety into functional foods. Food Saf Mag, 14(6): 42.

Wolfram, T. 2017. Functional foods. Academy of Nutrition and Dietetics. Disponible en https://www.eatright.org/food/nutrition/healthy-eating/functional-foods.

Wu, Q., L. Yu, J. Qiu, B. Shen, D. Wang, L.W. Soromou and H. Feng. 2014. Linalool attenuates lung Inflammation induced by *Pasteurella multocida* via activating nrf-2 signaling pathway. International Immunopharmacology 21: 456-463.

Xiangyun, L. 2010. Method for distilling and extracting natural linalool from *Cinnamomum camphor*a leaves. CN101619013.

Yang, X. N., I. Khan and S.C. Kang, S. C. 2015. Chemical composition, mechanism of antibacterial action 642 and antioxidant activity of leaf essential oil of *Forsythia koreana* deciduous shrub. Asian Pacific 643 Journal of Tropical Medicine 8(9): 682-688.

Yang, Y. and D. J. McClements. 2013. Encapsulation of vitamin E in edible emulsions fabricated using a natural surfactant. Food Hydrocolloids 30(2): 712–720.

Zengin, H. and A. H. Baysal. 2014. Antibacterial and antioxidant activity of essential oil terpenes against pathogenic and spoilage-forming bacteria and cell structure-activity relationships evaluated by SEM Microscopy. Molecules 19: 17773.

Zulueta, A. 2009. Variación de compuestos bioactivos y con capacidad antioxidante en una bebida de zumo y leche al aplicar tecnologías no térmicas de conservación. Tesis de Maestría en Ciencias. Universidad de Valencia, Valencia, España. 104 p.

ANEXOS

Anexo 1. Cuestionatios de Evalución Sensorial

A continuación se presentan 3 muestras de distintas bebidas de lavanda. Empezando en cualquier orden, tome una muestra, dé un pequeño sorbo y manténgalo en su boca por 10 segundos.

Proceda con la siguiente muestra haciendo lo mismo, enjuagando su boca con agua entre cada muestra.

Marque solo una casilla con una marca para identificar cual muestra prefiere más.

Muestra	Preferencia
093	
924	
485	

¿Por qué eligió esa muestra? _____
_____
¿Podría mejorar la muestra que eligió? ¿Cómo?_____
_____

Prueba de Escala Hedónica

A continuación se presentan 3 muestras de bebidas lácteas de lavanda. Empezando en cualquier orden, tome una muestra, dé un pequeño sorbo y manténgalo en su boca por 10 segundos. Si es necesario, pruebe la muestra las veces que requiera necesario.

Califique en orden los atributos mencionados en la siguiente tabla para cada muestra otorgada. Donde 1 corresponde a “me disgusta mucho” y 7 corresponde a “me gusta mucho”

Proceda con la siguiente muestra haciendo lo mismo, enjuagando su boca con agua entre cada muestra.

Muestra: 589

	Atributo	1 Me disgusta mucho	2 Me disgusta moderadamente	3 Me disgusta poco	4 No me gusta ni disgusta	5 Me gusta poco	6 Me gusta moderadamente	7 Me gusta mucho
1	Color							
2	Aroma							
3	Dulzor							
4	Sabor lavanda							
5	Textura							
6	Apreciación general							

Código de Muestra:

INSTRUCCIONES

A continuación, se le presenta una muestra de jugo de manzana. Usted debe probarla para luego marcar con una "X" el nivel de presencia de las características de presentadas. Utilice la siguiente escala de referencia:

5	Extremadamente presente
4	Muy presente
3	Medio presente
2	Ligeramente presente
1	Casi imperceptible
0	Ausente

EVALUACIÓN

Apariencia	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Color Blanco						
Sedimento						
Separación						

Sabor	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Lácteo						
Lavanda						
Planta						

Aroma	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Lácteo						
Lavanda						
Planta						

Textura	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Viscosidad						
Uniformidad						

Figura 2. A) Tratamientos de bebidas lácteas suplementadas con diferentes concentraciones de linalool. B) Aplicación de pruebas a jueces.



Cuadro 1. Codificación de los tratamientos entre las pruebas sensoriales.

Prueba	Codificación	Tratamiento
Preferencia	924	1
	93	2
	485	3
Satisfacción	321	1
	103	2
	589	3
Descriptiva	**159**	1
	285	2
	593	3

Anexo 2. Gráficos de resultados de evaluación sensorial

Figura 6. Evaluación de intensidad de atributos del Tratamiento 1

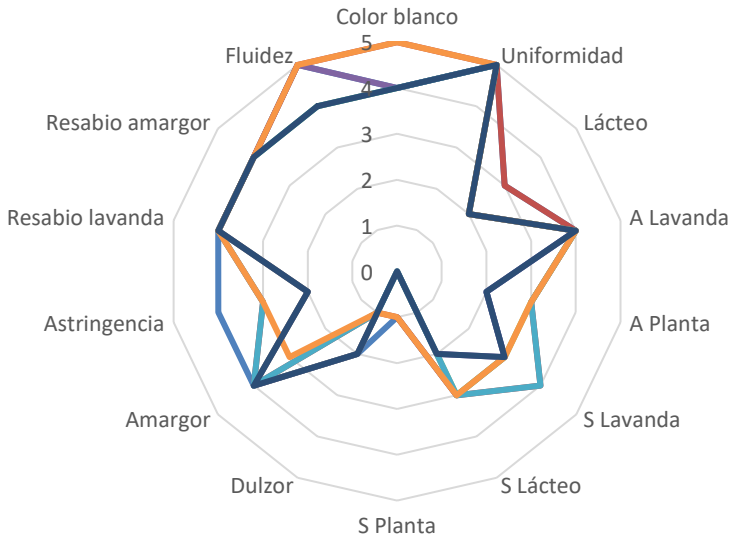


Figura 7. Evaluación de intensidad de atributos del Tratamiento 2

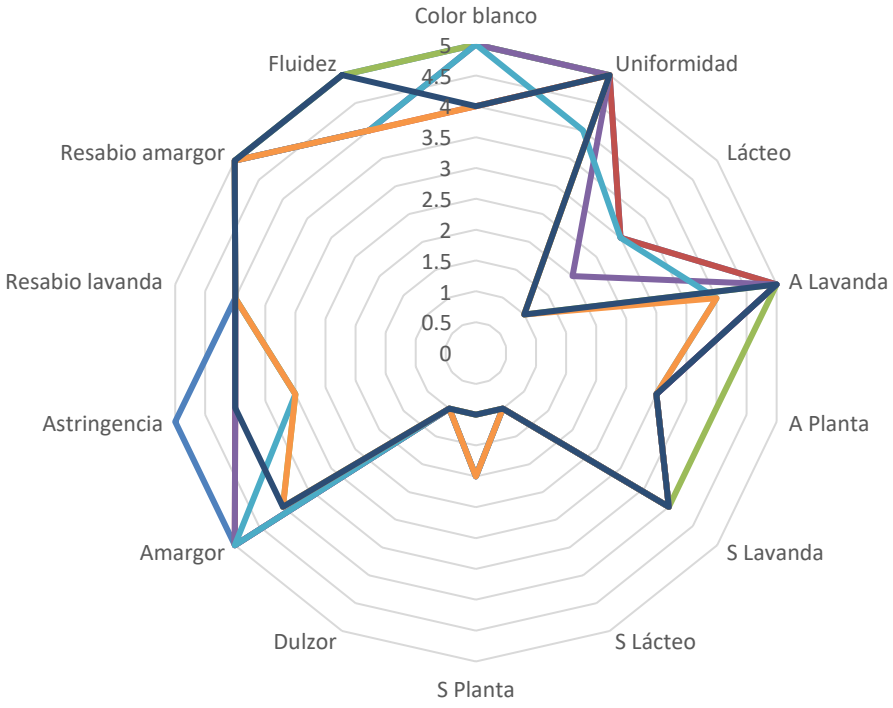
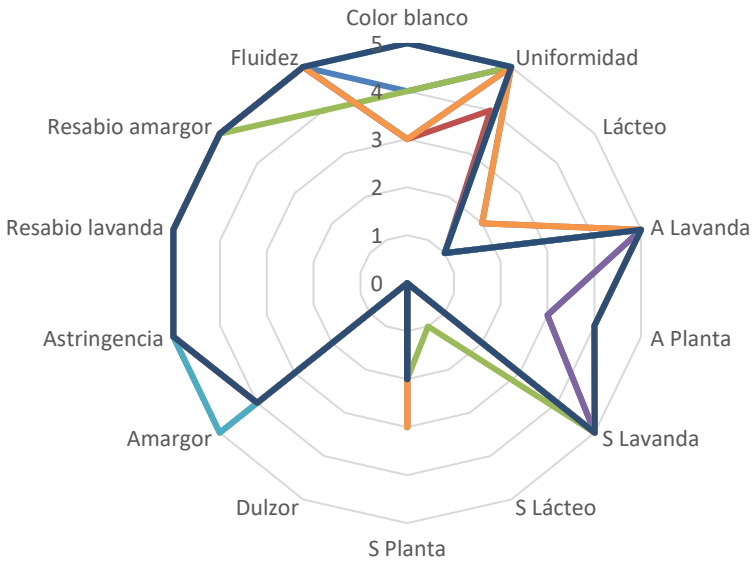


Figura 8. Evaluación de intensidad de atributos del Tratamiento 3



Anexo 3. Resultados análisis de laboratorio fisicoquímicos

Universidad Autónoma de Nuevo León
Facultad de Agronomía
Laboratorio de Nutrición y Calidad de los Alimentos

Resultados de Análisis

Gral Escobedo N.L a 14 Octubre 2021

Cliente: Ing. Arely Joanna Chávez

Análisis realizados: Materia Seca, Cenizas, Grasa Cruda y Proteína Cruda

Número de muestras: 4 muestras con sus réplicas: TeR1, TeR2, T1R1, T1R2, T2R1, T2R2, T3R1 y T3R2.

Descripción de las muestras: Se reciben aprox.1000 ml de cada muestra. Las muestras completas fueron homogenizadas; las determinaciones se realizaron por duplicado.

Resultados expresados en % *As is*:

	Materia Seca (%)	Humedad (%)	Cenizas (%)	Grasa (%)	Proteína (%)
TeR1	6.45	93.55	0.56	1.2	4.87
TeR2	6.34	93.66	0.53	1.1	4.52
T1R1	6.86	93.14	0.25	0.8	4.87
T1R2	6.12	93.88	0.21	0.8	4.87
T2R1	6.13	93.86	0.49	0.6	5.57
T2R2	6.43	93.57	0.43	0.7	5.22
T3R1	6.37	93.63	0.66	0.7	4.70
T3R2	6.34	93.66	0.61	0.7	4.52

Nydia C. Vasquez A

Dra. QFB Nydia C. Vásquez Aguilar
Analista

LABORATORIO DE NUTRICIÓN Y CALIDAD DE LOS ALIMENTOS

Facultad de Agronomía UANL. Campus de Ciencias Agropecuarias
Calle Francisco Villa S/N. Fraccionamiento Ex-Hacienda el Canadá. Gral. Escobedo, N.L., México
Teléfono 01 (81) 83-29-40-00 Ext. 3518. e-mail: hugo.bernalbr@uanl.edu.mx

Inicio de informe

F-LB-10-B
Página 1 de 2

CENTRO DE TECNOLOGÍA PIIT
LABORATORIO DE MICROBIOLOGÍA
INFORME DE ENSAYOS

Nombre del cliente:	Arely Chavez Nuñez			Número de Solicitud:	N/A
Teléfono y extensión:	N/A	Correo electrónico:		Código de informe:	MB-21-057

Fecha de recepción	Fecha de análisis	Fecha de reporte	Número total de muestras reportadas:	16
25 de Agosto del 2021	25 de Agosto del 2021	07 de Septiembre del 2021		

Muestra	Código interno	MA	CT	*E. coli*	Hongos	Levaduras	Salmonella	pH
		UFC/g					Presente o Ausente / 25g	
Bebida Láctea TE R1	08-324	<10	<10	<10	<10	<10	Ausente	
Bebida Láctea TE R1 (Duplicado)	08-324	<10	<10	<10	<10	<10	Ausente	
Bebida Láctea TE R2	08-325	<10	<10	<10	<10	<10	Ausente	
Bebida Láctea TE R2 (Duplicado)	08-325	<10	<10	<10	<10	<10	Ausente	
Bebida Láctea T1 R1	08-326	<10	<10	<10	<10	<10	Ausente	
Bebida Láctea T1 R1 (Duplicado)	08-326	<10	<10	<10	<10	<10	Ausente	
Bebida Láctea T1 R2	08-327	<10	<10	<10	<10	<10	Ausente	
Bebida Láctea T1 R2 (Duplicado)	08-327	<10	<10	<10	<10	<10	Ausente	
Bebida Láctea T2 R1	08-328	<10	<10	<10	<10	<10	Ausente	
Bebida Láctea T2 R1 (Duplicado)	08-328	<10	<10	<10	<10	<10	Ausente	
Bebida Láctea T2 R2	08-329	<10	<10	<10	<10	<10	Ausente	
Bebida Láctea T2 R2 (Duplicado)	08-329	<10	<10	<10	<10	<10	Ausente	
Bebida Láctea T3 R1	08-330	<10	<10	<10	<10	<10	Ausente	
Bebida Láctea T3 R1 (Duplicado)	08-330	<10	<10	<10	<10	<10	Ausente	
Bebida Láctea T3 R2	08-331	<10	<10	<10	<10	<10	Ausente	
Bebida Láctea T3 R2 (Duplicado)	08-331	<10	<10	<10	<10	<10	Ausente	
Metodología		B	C	C	F	F	M	

Observaciones:

Elaboró análisis:	Aprobó resultados:
QFB Claudia Deyanira Rodríguez García	LBG Raúl David Gutiérrez Montesinos

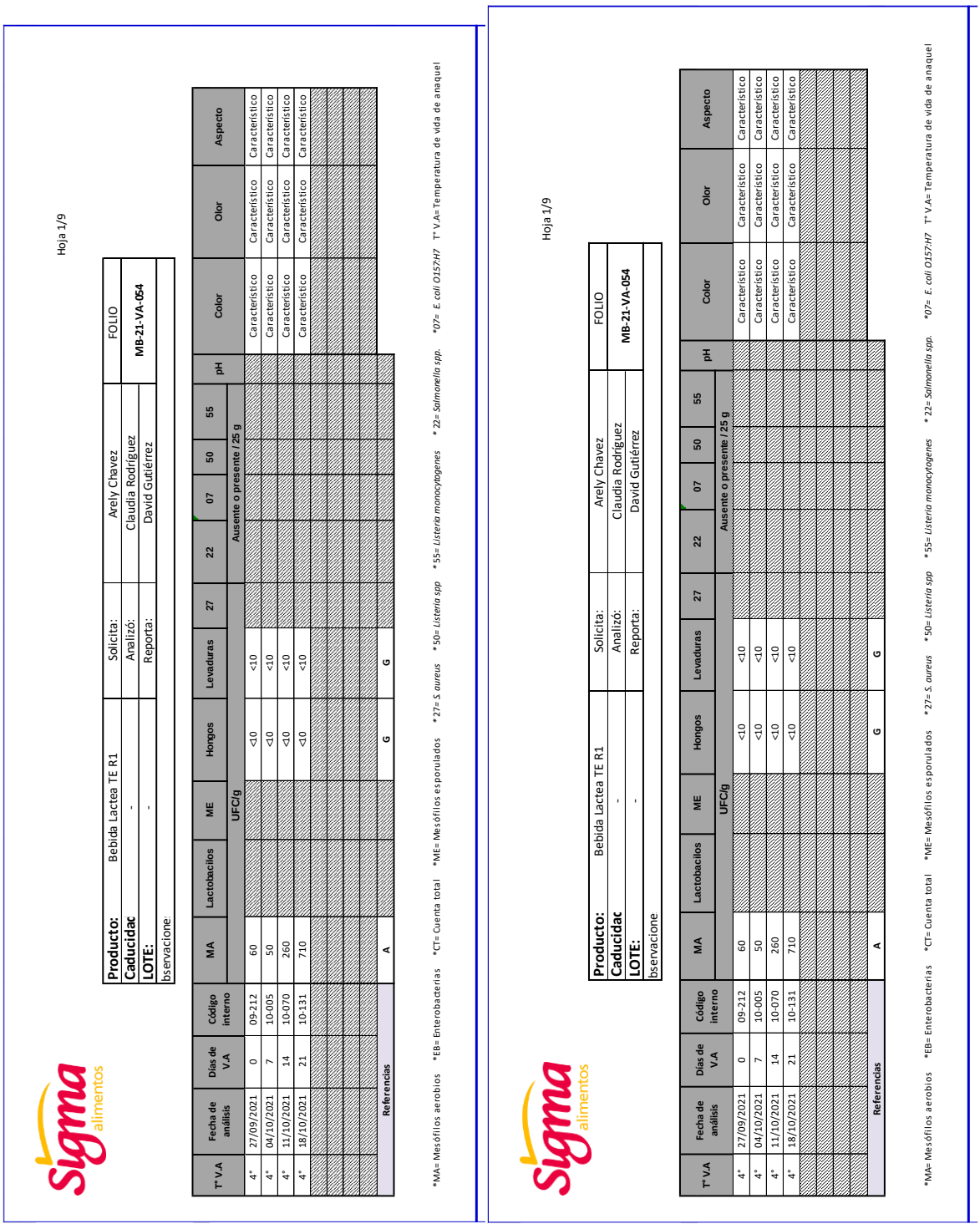
Referencia de metodologías:	Referencia interna de metodologías:
A- Petrifilm (AOAC Official Method 990.12)	P-MB-01
B- Vertido en placa (NOM-092-SSA1-1994)	
C- Petrifilm (AOAC Official Method 991.14)	P-MB-02
D- Petrifilm (AOAC Official Method 2003.01)	
E- Vertido en placa (NOM-113-SSA1-1994)	
F- Petrifilm (AOAC Official Method 997.02)	
G- Vertido en Placa (NOM-111-SSA1-1994)	
H- Vertido en Placa (APHA "Compendium of Methods for microbiological examination of foods", 4th) Ed. 2001. Pag. 201-207	
I- Vertido en Placa (APHA "Compendium of Methods for microbiological examination of foods", 4th) Ed. 2001. Chapter 22 Pag. 223-226	
J- Petrifilm staph Express (AOAC Official Method 2003.11)	
K- Aislamiento e identificación (NOM-210-SSA1-2014)	
L- Aislamiento e identificación método FSIS/USDA	
M- SureTect AOAC-PTM # 051303 *Salmonella spp*	
N- SureTect AOAC-PTM # 071304 *Listeria spp*	
O- SureTect AOAC-PTM # 061302 *Listeria monocytogenes*	
P- SureTect AOAC-PTM # 21501 *E. coli O157:H7*	
Q- Método Interno	P-MB-03
R- Potenciométrico	

Abreviaciones.				
ND: No detectado	MB: Microbiología	MA: Mesofílicos aerobios	BAL: Bacterias ácido lácticas	22: *Salmonella spp*
NA: No aplica	UFC: Unidad formadora de colonia	EB: Enterobacterias	27: *S. aureus*	07: *E. coli O157:H7*
FQ: Fisicoquímico	G: Gramo	CT: Coliformes Totales	50: *Listeria spp*	V.A: Vida de anaquel
	L: Litro	ME: Mesofílicos esporulados	55: *Listeria monocytogenes*	T° V.A: Temperatura de vida de anaquel

Aclaraciones:
A1. Las muestras se analizaron en las instalaciones del laboratorio del centro de tecnología de Sigma.
A2. El muestreo, recolección y entrega de los ítems de ensayo fueron bajo la responsabilidad del cliente.
A3. La descripción de las muestras fue entregada por el cliente de acuerdo a la solicitud de análisis.
A4. Estos resultados aplican para las muestras descritas.
A5. El cliente no podrá manipular parcial ni totalmente el contenido de este informe sin autorización de laboratorio.
A6. Las muestras se resguardan antes y después de la ejecución del análisis en las condiciones de temperatura a las que se recibieron (4°C o ambiente).
A7. Una vez enviado el informe de ensayos las muestras se resguardan durante 3 días hábiles.
A8. Las condiciones ambientales de análisis son 20° a 25°C de temperatura y 35% a 65% de humedad relativa.
A9. El laboratorio no se hace responsable de las condiciones en que se recibe la muestra.

Final de informe

Anexo 5. Resultados análisis de laboratorio vida de anaquel microbiológica.



Hoja 1/9

Producto:	Bebida Lactea TE R1	Solicita:	Arely Chavez
Caducidac	-	Analizó:	Claudia Rodriguez
LOTE:	-	Reporta:	David Gutiérrez
bservacione			

FOLIO: **MB-21-VA-054**

T° V.A	Fecha de análisis	Días de V.A	Código interno	MA	Lactobacilos	ME	Hongos	Levaduras	27	22	07	50	55	pH	Color	Olor	Aspecto
				UFC/g						Ausente o presente / 25 g							
4°	27/09/2021	0	09-212	60			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	04/10/2021	7	10-005	50			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	11/10/2021	14	10-070	260			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	18/10/2021	21	10-131	710			<10	<10							Característico	Característico	Característico
			Referencias	A			G	G									

*MA= Mesófilos aerobios *EB= Enterobacterias *CT= Cuenta total *ME= Mesófilos esporulados *27= *S. aureus* *50= *Listeria spp* *55= *Listeria monocytogenes* *22= *Salmonella spp.* *07= *E. coli O157:H7* T° V.A= Temperatura de vida de anaquel

Hoja 1/9

Producto:	Bebida Lactea TE R1	Solicita:	Arely Chavez
Caducidac	-	Analizó:	Claudia Rodriguez
LOTE:	-	Reporta:	David Gutiérrez
bservacione			

FOLIO: **MB-21-VA-054**

T° V.A	Fecha de análisis	Días de V.A	Código interno	MA	Lactobacilos	ME	Hongos	Levaduras	27	22	07	50	55	pH	Color	Olor	Aspecto
				UFC/g						Ausente o presente / 25 g							
4°	27/09/2021	0	09-212	60			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	04/10/2021	7	10-005	50			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	11/10/2021	14	10-070	260			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	18/10/2021	21	10-131	710			<10	<10							Característico	Característico	Característico
			Referencias	A			G	G									

*MA= Mesófilos aerobios *EB= Enterobacterias *CT= Cuenta total *ME= Mesófilos esporulados *27= *S. aureus* *50= *Listeria spp* *55= *Listeria monocytogenes* *22= *Salmonella spp.* *07= *E. coli O157:H7* T° V.A= Temperatura de vida de anaquel

Hoja 3/9

Producto:	Bebida Lactea T1 R1	Solicita:	Arely Chavez
Caducidac	-	Analizó:	Claudia Rodríguez
LOTE:	-	Reporta:	David Gutiérrez
bservacione:			

FOLIO: **MB-21-VA-054**

T° V.A	Fecha de análisis	Días de V.A	Código interno	MA	Lactobacilos	ME	Hongos	Levaduras	27	22	07	50	55	pH	Color	Olor	Aspecto
				UFC/g						Ausente o presente / 25 g							
4°	27/09/2021	0	09-214	70			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	04/10/2021	7	10-007	90			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	11/10/2021	14	10-072	340			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	18/10/2021	21	10-133	470			<10	<10							Característico	Característico	Característico
Referencias				A			G	G									

*MA= Mesófilos aerobios *EB= Enterobacterias *CT= Cuenta total *ME= Mesófilos esporulados *27= *S. aureus* *50= *Listeria spp* *55= *Listeria monocytogenes* *22= *Salmonella spp.* *07= *E. coli O157:H7* T° V.A= Temperatura de vida de anaquel

Hoja 4/9

Producto:	Bebida Lactea T1 R2	Solicita:	Arely Chavez
Caducidac	-	Analizó:	Claudia Rodríguez
LOTE:	-	Reporta:	David Gutiérrez
bservacione			

FOLIO: **MB-21-VA-054**

T° V.A	Fecha de análisis	Días de V.A	Código interno	MA	Lactobacilos	ME	Hongos	Levaduras	27	22	07	50	55	pH	Color	Olor	Aspecto
				UFC/g						Ausente o presente / 25 g							
4°	27/09/2021	0	09-215	40			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	04/10/2021	7	10-008	10			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	11/10/2021	14	10-073	340			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	18/10/2021	21	10-134	520			<10	<10							Característico	Característico	Característico
Referencias				A			G	G					P	R			

*MA= Mesófilos aerobios *EB= Enterobacterias *CT= Cuenta total *ME= Mesófilos esporulados *27= *S. aureus* *50= *Listeria spp* *55= *Listeria monocytogenes* *22= *Salmonella spp.* *07= *E. coli O157:H7* T° V.A= Temperatura de vida de anaquel

Hoja 5/9

Producto:	Bebida Lactea T2 R1	Solicita:	Arely Chavez	FOLIO
Caducidac	-	Analizó:	Claudia Rodríguez	**MB-21-VA-054**
LOTE:	-	Reporta:	David Gutiérrez	
bservacione				

T° V.A	Fecha de análisis	Días de V.A	Código interno	MA	Lactobacilos	ME	Hongos	Levaduras	27	22	07	50	55	pH	Color	Olor	Aspecto
				UFC/g						Ausente o presente / 25 g							
4°	27/09/2021	0	09-216	70			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	04/10/2021	7	10-009	30			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	11/10/2021	14	10-074	240			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	18/10/2021	21	10-135	360			<10	<10							Característico	Característico	Característico
Referencias				A			G	G					P	R			

*MA= Mesófilos aerobios *EB= Enterobacterias *CT= Cuenta total *ME= Mesófilos esporulados *27= *S. aureus* *50= *Listeria spp* *55= *Listeria monocytogenes* *22= *Salmonella spp.* *07= *E. coli O157:H7* T° V.A= Temperatura de vida de anaquel

Hoja 6/9

Producto:	Bebida Lactea T2 R2	Solicita:	Arely Chavez	FOLIO
Caducidac	-	Analizó:	Claudia Rodríguez	**MB-21-VA-054**
LOTE:	-	Reporta:	David Gutiérrez	
bservacione				

T° V.A	Fecha de análisis	Días de V.A	Código interno	MA	Lactobacilos	ME	Hongos	Levaduras	27	22	07	50	55	pH	Color	Olor	Aspecto
				UFC/g						Ausente o presente / 25 g							
4°	27/09/2021	0	09-217	70			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	04/10/2021	7	10-010	20			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	11/10/2021	14	10-075	260			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	18/10/2021	21	10-136	630			<10	<10							Característico	Característico	Característico
Referencias				A			G	G					P	R			

*MA= Mesófilos aerobios *EB= Enterobacterias *CT= Cuenta total *ME= Mesófilos esporulados *27= *S. aureus* *50= *Listeria spp* *55= *Listeria monocytogenes* *22= *Salmonella spp.* *07= *E. coli O157:H7* T° V.A= Temperatura de vida de anaquel

Hoja 7/9

Producto:	Bebida Lactea T3 R1	Solicita:	Arely Chavez	FOLIO
Caducidac	-	Analizó:	Claudia Rodríguez	**MB-21-VA-054**
LOTE:	-	Reporta:	David Gutiérrez	
bservacione				

T° V.A	Fecha de análisis	Días de V.A	Código interno	MA	Lactobacilos	ME	Hongos	Levaduras	27	22	07	50	55	pH	Color	Olor	Aspecto
				UFC/g						Ausente o presente / 25 g							
4°	27/09/2021	0	09-218	50			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	04/10/2021	7	10-011	10			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	11/10/2021	14	10-076	280			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	18/10/2021	21	10-137	690			<10	<10							Característico	Característico	Característico
Referencias				A			G	G					P	R			

*MA= Mesófilos aerobios *EB= Enterobacterias *CT= Cuenta total *ME= Mesófilos esporulados *27= *S. aureus* *50= *Listeria spp* *55= *Listeria monocytogenes* *22= *Salmonella spp.* *07= *E. coli O157:H7* T° V.A= Temperatura de vida de anaquel

Hoja 8/9

Producto:	Bebida Lactea T3 R2	Solicita:	Arely Chavez	FOLIO
Caducidac	-	Analizó:	Claudia Rodríguez	**MB-21-VA-054**
LOTE:	-	Reporta:	David Gutiérrez	
bservacione				

T° V.A	Fecha de análisis	Días de V.A	Código interno	MA	Lactobacilos	ME	Hongos	Levaduras	27	22	07	50	55	pH	Color	Olor	Aspecto
				UFC/g						Ausente o presente / 25 g							
4°	27/09/2021	0	09-219	50			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	04/10/2021	7	10-012	250			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	11/10/2021	14	10-077	290			<10	<10							Característico	Característico	Característico
4°	18/10/2021	21	10-138	710			<10	<10							Característico	Característico	Característico
Referencias				A			G	G					P	R			

*MA= Mesófilos aerobios *EB= Enterobacterias *CT= Cuenta total *ME= Mesófilos esporulados *27= *S. aureus* *50= *Listeria spp* *55= *Listeria monocytogenes* *22= *Salmonella spp.* *07= *E. coli O157:H7* T° V.A= Temperatura de vida de anaquel