

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Químicas

Carrera de Ingeniería Química

Elaboración de yogur de mora con adición de colorantes naturales extraídos de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L) y Ataco (*Amaranthus hybridus* L)

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Químico


Autores:

Génesis Camila Jara Allaico

Gabriela Alejandra Llumiquinga Moscoso

Director:

Patricia Liliana Ramírez Jimbo

ORCID:  0000-0002-6782-1546

Cuenca, Ecuador

2024-11-26

Resumen

El presente trabajo sigue un diseño experimental-cualitativo-cuantitativo, cuyo objetivo principal es la elaboración de un yogur de mora utilizando colorantes naturales extraídos de jamaica (*Hibiscus sabdariffa L*) y ataco (*Amaranthus hybridus L*). Los colorantes fueron obtenidos mediante extracción acuosa y secado por aspersión, se establecieron seis formulaciones aplicando un diseño factorial con dos variables de estudio: tipo de colorante y concentración (0.25, 0.75 y 1.25 g/100 ml de yogur). Se aplicó una evaluación de características organolépticas (olor, color, sabor y textura) al yogur elaborado. Para obtener la formulación con mejores resultados se usó un análisis ANOVA, siendo la formulación “M3” correspondiente a ataco como tipo de colorante con una concentración de 1.25g/100 ml de yogur, el producto con mejor aceptación por parte de los participantes, demostrando la eficiencia del colorante ataco en la concentración más alta para mejorar la percepción sensorial del yogur. Finalmente, se realizó el análisis de parámetros microbiológicos y fisicoquímicas del producto con la formulación seleccionada, verificados de acuerdo a la norma NTE INEN 2395:2011. Los resultados indicaron que el yogur elaborado cumple con los estándares de calidad y mantiene la seguridad alimentaria requerida para su consumo, destacando la relevancia del uso de colorantes naturales como alternativa viable en la producción alimentaria y contribuyendo a la oferta de alimentos saludables en el mercado nacional. Se espera que el presente proyecto de titulación establezca un punto de partida para futuras investigaciones, fomentando el desarrollo de la industria alimentaria y la investigación en el campo de la ingeniería química.

Palabras clave del autor: yogur, colorante natural, jamaica, ataco, características organolépticas



El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Cuenca ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por la propiedad intelectual y los derechos de autor.

Repositorio Institucional: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Abstract

The present work follows an experimental-qualitative-quantitative design, whose main objective is the elaboration of a blackberry yogurt using natural colorants extracted from hibiscus (*Hibiscus sabdariffa* L) and ataco (*Amaranthus hybridus* L). The colorants were obtained by aqueous extraction and spray drying. Six formulations were established applying a factorial design with two study variables: type of colorant and concentration (0.25, 0.75 and 1.25 g/100 ml of yogurt). An evaluation of organoleptic characteristics (odor, color, flavor and texture) was applied to the yogurt produced. To obtain the formulation with the best results, an ANOVA analysis was used, being the "M3" formulation corresponding to ataco as the type of colorant with a concentration of 1.25 g/100 ml of yogurt, the product with the best acceptance by the participants, demonstrating the efficiency of the ataco colorant in the highest concentration to improve the sensory perception of the yogurt. Finally, the analysis of microbiological and physicochemical parameters of the product was performed with the selected formulation, verified according to NTE INEN 2395:2011. The results indicated that the yogurt produced meets the quality standards and maintains the food safety required for its consumption, highlighting the relevance of the use of natural colorants as a viable alternative in food production and contributing to the supply of healthy foods in the domestic market. It is expected that this degree project will establish a starting point for future research, promoting the development of the food industry and research in the field of chemical engineering.

Author Keywords: yogurt, natural coloring, hibiscus, ataco, organoleptic characteristics



The content of this work corresponds to the right of expression of the authors and does not compromise the institutional thinking of the University of Cuenca, nor does it release its responsibility before third parties. The authors assume responsibility for the intellectual property and copyrights.

Institutional Repository: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/>

Índice de contenido

Índice de figuras.....	7
Índice de tablas.....	8
Dedicatorias.....	9
Agradecimientos	10
Introducción	11
Objetivos.....	12
Objetivo general.....	12
Objetivos específicos	12
1. Marco teórico	13
1.1. Jamaica (<i>Hibiscus Sabdariffa L.</i>).....	13
1.1.1. Origen.....	13
1.1.2. Clasificación taxonómica y morfológica	13
Figura 1. Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa L.</i>).....	14
1.1.3. Compuestos químicos y propiedades.....	14
1.1.4. Aplicaciones.....	14
1.2. Ataco (<i>Amaranthus hybridus L.</i>).....	15
1.2.1. Origen	15
1.2.2. Clasificación taxonómica y morfológica	15
Figura 2. Ataco (<i>Amaranthus hybridus L.</i>).....	16
1.2.3. Compuestos químicos y propiedades.....	16
1.2.4. Aplicaciones.....	17
1.3. Extracción por solventes	17
1.4. Tipos de colorantes.....	18
1.4.1. Colorantes artificiales	19
1.4.2. Colorantes naturales	20
1.4.2.1. Flavonoides.....	20
1.4.2.2. Betalaínas	21
1.4.2.3. Antocianinas	21
1.5. Secado por aspersión (Spray drying)	22
1.5.1. Temperatura	23
1.5.2. Velocidad	23
1.5.3. Agentes encapsulantes	23

1.6. Fermentación	24
1.6.1. Fermentación Láctica	24
1.7. Leches fermentadas.....	24
1.7.1. Tipos de leches fermentadas	24
1.8. Yogur con adición de ingredientes	25
1.8.1 Requisitos de calidad	26
1.9. Características del yogur.....	26
1.9.1. Fisicoquímicas	26
1.9.2. Microbiológicas	27
2. Metodología	29
2.1. Lugar y área de estudio.....	29
2.2. Tipo de estudio de investigación	29
2.3. Obtención de colorantes naturales.....	29
2.3.1. Materiales	29
2.3.2. Equipos	29
2.3.3. Reactivos y materia prima.....	30
2.3.4. Etapas para la extracción por solventes de los colorantes naturales de jamaica y ataco.....	30
2.3.5. Secado por aspersión (<i>Spray Drying</i>).....	31
2.4. Elaboración del yogur de mora.....	33
2.4.1. Materia prima	33
2.4.2. Materiales	34
2.4.3. Equipos	34
2.4.4. Reactivos	34
2.4.5. Preparación del fermento madre	35
Figura 3. Diagrama de flujo de la elaboración del fermento madre previo a la elaboración del yogur de mora	35
2.4.6. Preparación del yogur de mora	36
Figura 4. Diagrama de flujo de la elaboración del yogur de mora	36
2.6. Evaluación de características organolépticas.....	37
2.6.1 Determinación de tamaño de muestra.....	37
2.6.2. Aplicación de la prueba hedónica.....	37
2.7. Análisis Estadístico	38
2.8. Análisis de características microbiológicos y fisicoquímicas.....	39
3. Resultados.....	40

3.1. Obtención de colorantes mediante el secado por aspersión	40
Muestra.....	40
Colorante	40
Peso obtenido (g).....	40
Humedad (%).....	40
Rendimiento (%)	40
1	40
2	40
Extracto de Ataco.....	40
Extracto de Jamaica	40
25.5.....	40
19	40
2.54.....	40
0.04.....	40
8.5.....	40
6.33.....	40
3.2. Formulaciones para la elaboración del yogur	40
3.2.1 Cambio del parámetro de pH en la etapa de incubación durante la preparación del yogur de mora.....	41
Figura 5. Gráfica del pH del yogur vs tiempo (horas)	41
3.3. Evaluación de las características organolépticas del yogur	41
Figura 6. Gráficas de las calificaciones promedio por atributo	42
3.4. Características microbiológicas y fisicoquímicas del yogur con la formulación seleccionada.....	44
4. Discusión	46
5. Conclusiones y recomendaciones.....	51
5.1. Conclusiones	51
5.2. Recomendaciones	52
Referencias.....	53
Anexos.....	60

Índice de figuras

Figura 1. Jamaica (<i>Hibiscus sabdariffa</i> L.).....	14
Figura 2. Ataco (<i>Amaranthus hybridus</i> L.).	16
Figura 3. Diagrama de flujo de la elaboración del fermento madre previo a la elaboración del yogur de mora	35
Figura 4. Diagrama de flujo de la elaboración del yogur de mora	36
Figura 5. Gráfica del pH del yogur vs tiempo (horas).....	41
Figura 6. Gráficas de las calificaciones promedio por atributo	42

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica y morfológica de la jamaica	13
Tabla 2. Clasificación taxonómica y morfológica del ataco.....	16
Tabla 3. Pruebas de tinción de colorante de ataco.....	32
Tabla 4. Pruebas de tinción de colorante de jamaica	32
Tabla 5. Diseño experimental de las formulaciones	33
Tabla 6. Parámetros del extracto acuoso obtenido para cada colorante	40
Tabla 7. Parámetros del colorante obtenido.....	40
Tabla 8. Formulaciones experimentales de los colorantes obtenidos de ataco y jamaica ...	40
Tabla 9. Resultados del Análisis de varianza ANOVA.....	43
Tabla 10. Resultados de la prueba de comparación por pares.....	44
Tabla 11. Evaluación microbiológica en la muestra de yogur M3	45
Tabla 12. Evaluación fisicoquímica en la muestra de yogur M3	45

Dedicatorias

Génesis Camila Jara Allaico:

A mis padres, Jenny y Leoncio, quienes, desde el día en que nací, no han soltado mi mano en este camino de la vida. Su apoyo incondicional ha sido el pilar de todo lo que he logrado y lo que aún estoy por lograr. Su amor y dedicación son el motor que impulsa mis días, y sin ellos, nada de esto sería posible.

A mis queridas Diglar, Dulce y Dolly, por ser el remedio perfecto para mis tristezas y la compañía más fiel. En los momentos grises y difíciles, son ellas quienes, con su amor y ternura, llenan mi vida de color. Sus abrazos peludos han hecho que mis días sean mucho más felices.

Gabriela Alejandra Llumiquinga Moscoso:

Este trabajo de titulación me dedico a mí misma, ya que a pesar de las dificultades y los retos que me ha tocado vivir, he logrado superar los obstáculos y transformarlos en oportunidades de crecimiento. Estos cinco años han sido una verdadera prueba de resiliencia y perseverancia, y no podría haberlo hecho sin el apoyo incondicional de mi familia: papá, mamá, tías, abuelos, primas, mis hermanitos, mis amigos fuera de la U y por supuesto mis amigos de la U y ahora futuros colegas. A lo largo de este viaje, he aprendido a confiar en mis capacidades, a no dejar que nadie me subestime y a enfrentar cada desafío con valentía. Mi mayor admiración para la niña que soñaba ser ingeniera algún día y hoy lo está consiguiendo.

Agradecimientos

Génesis Camila Jara Allaico:

Quiero expresar mi gratitud a mis amigos de la universidad, cuya amistad ha sido para mí un refugio seguro en los momentos más difíciles. Con ellos compartí las mejores experiencias de mi carrera, y cada momento vivido a su lado quedará atesorado para siempre. En especial, agradezco profundamente a mi compañera de tesis y mejor amiga Gabriela, por su compañía incondicional, sus risas, sus abrazos, sus palabras de aliento, y por brindarme una amistad sincera sin condiciones.

A mis primas Naho, Karen y Erika, gracias por su compañía durante los fines de semana. Esos momentos fueron esenciales para despejar mi mente del agotamiento acumulado.

A mis abuelitos, que desde el cielo y la tierra han guiado mi camino con sabiduría. Su amor y apoyo son el tesoro más valioso que tengo en la vida.

A mi familia: a mi papá, por estar siempre a mi lado. Desde el primer día de clases hasta el último, se encargó de llevarme a la universidad, y su presencia cada mañana me dio la fuerza necesaria para afrontar el día. A mi mamá, que siempre me recibió con un plato de comida y, más importante aún, con un abrazo cuando más lo necesitaba. A mis hermanos, Andrés y Mateo, mis compañeros de vida, que siempre han creído en mí y siguen siendo mi apoyo incondicional.

Gabriela Alejandra Llumiquinga Moscoso:

Con profunda gratitud y emoción, quiero mencionar a mi querido grupo de amigos de la universidad, quienes me han brindado su apoyo incondicional y me han acompañado en cada paso de este arduo camino, gracias por hacer de esta la mejor etapa de mi vida. En especial, a mi compañera de tesis Camila, cuya amistad ha sido un pilar fundamental en mi vida, su presencia constante me ha demostrado que la verdadera amistad existe y ha sido esencial para mi crecimiento tanto personal como profesional, lo cual nos ha llevado a donde ahora estamos.

A mi querida mami Yoly a quien le debo gran parte de mis logros, sus enseñanzas han sido la base sobre la cual he construido mi camino. A mis padres, les debo agradecimiento por confiar en mis capacidades y ser una fuente de motivación en mi desarrollo personal y profesional. Y finalmente, pero no menos importante, a Dios, que me ha permitido ser perseverante y valiente pese a las adversidades de la vida. Su guía ha iluminado mi camino y me ha dado fuerzas para seguir adelante, que mi trabajo sea un reflejo de su gracia y un testimonio de que, con fe y dedicación, todo es posible.

Introducción

La presencia de colorantes artificiales en productos lácteos, como el yogur, plantea preocupaciones significativas para la salud y el bienestar de los consumidores, parte de la población percibe los aditivos alimentarios como un potencial riesgo para la salud a largo plazo, manifestándose desde reacciones alérgicas hasta enfermedades crónicas en grupos vulnerables (López et al., 2021). Colorantes del grupo azoico como la tartrazina, y los no azoicos como la eritrosina, aunque presentan ventajas estructurales frente a los colorantes naturales debido a su mayor resistencia a procesos térmicos y variaciones de pH (Hidalgo, 2022), han sido vinculados a efectos tóxicos en varios órganos y sistemas del cuerpo humano. Estos efectos incluyen la aparición de tumores en áreas como el cerebro, los riñones y la vejiga urinaria, además de otros problemas de salud (Sultana et al., 2023).

Ante estas preocupaciones, algunos países han restringido el uso de ciertos colorantes artificiales en alimentos, por lo que estas sustancias son reguladas y evaluadas de forma periódica por diferentes organismos competentes tanto a nivel internacional como nacional (Quintana et al., 2023). La industria de aditivos alimentarios ha comenzado a desarrollar colorantes naturales, influenciada por investigaciones que indican que la combinación de ciertos colorantes artificiales con benzoato sódico podría contribuir al aumento de la hiperactividad en niños. Estos resultados han acelerado la transición hacia el uso de colorantes naturales en varios continentes, en respuesta a la creciente demanda de los consumidores por ingredientes más naturales y al compromiso de los principales fabricantes y minoristas de reducir gradualmente el uso de este tipo de colorantes (Morales & Sarmiento, 2020)

Frente a estos riesgos, se plantea la posibilidad de reemplazar los colorantes artificiales en el yogur por alternativas naturales extraídas de plantas como la jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.) y el ataco (*Amaranthus hybridus* L.). Estos colorantes naturales no solo pueden ofrecer una coloración atractiva, sino que también responden a la demanda de los consumidores por alimentos menos procesados y más naturales. Además, este tipo de plantas que actualmente carecen de reconocimiento debido a su limitada industrialización y comercialización, representan una oportunidad desaprovechada en la industria alimentaria.

La adopción de colorantes naturales representa un avance hacia la seguridad alimentaria y la satisfacción del consumidor, ofreciendo una alternativa confiable y responsable, proporcionando una coloración atractiva y manteniendo la calidad de alimentos comúnmente consumidos como es el yogur. Esta opción podría ser una manera viable de abordar los desafíos relacionados con los riesgos de los aditivos artificiales en los productos lácteos.

Objetivos

Objetivo general

Elaborar un yogur de mora con adición de colorantes naturales extraídos de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa L*) y de Ataco (*Amaranthus hybridus L*).

Objetivos específicos

- Obtener colorantes naturales de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa L*) y de Ataco (*Amaranthus hybridus L*) mediante secado por aspersión.
- Establecer formulaciones para la elaboración del yogur de mora mediante un diseño experimental con base en la norma NTE INEN 2395:2011 Leches fermentadas. Requisitos.
- Evaluar las características organolépticas del yogur producto de las experimentaciones y analizar los resultados para seleccionar la formulación con mejores resultados.
- Analizar las características microbiológicas (E. coli, coliformes totales, mohos y levaduras) y fisicoquímicas (proteína, pH, acidez y densidad) en el yogur con la formulación seleccionada.

1. Marco teórico

1.1. Jamaica (*Hibiscus Sabdariffa L.*)

1.1.1. Origen

Hibiscus sabdariffa L., también denominada como rosa de jamaica, rosa de Abisinia o flor de jamaica, es una especie perteneciente a la familia de las malváceas, originaria de África tropical y Asia, pero debido a que puede crecer en suelos marginales de baja fertilidad y con baja retención de humedad, su cultivo se ha expandido a diversas regiones tropicales y subtropicales incluyendo China, Tailandia, Vietnam, Sudán, Egipto, Nigeria, México, entre otros (Izquierdo et al., 2020).

En la región amazónica de Ecuador, el cultivo de jamaica ha experimentado un aumento en los últimos años debido a las condiciones ideales de temperatura, que oscilan entre los 15 y 38°C (López et al., 2019).

1.1.2. Clasificación taxonómica y morfológica

La planta de *Hibiscus sabdariffa L.* puede alcanzar una altura de hasta 2.4 metros. Sus inflorescencias se componen de un cáliz carnosos de flores con cinco pétalos de color rojo las cuales son recolectadas cuando adquieren una tonalidad rojo oscuro. El fruto de esta planta es una cápsula espinosa que alberga alrededor de 15 a 20 semillas duras (Iza, 2020).

Tabla 1. Clasificación taxonómica y morfológica de la jamaica

Categoría	Nombre
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Anthophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Malvales
Familia	Malvácea
Género	Hibiscus
Especie	Sabdariffa Linn

Fuente: Sáyago y Álvarez (2018).



Figura 1. Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.).

1.1.3. Compuestos químicos y propiedades

La flor de jamaica ha sido objeto de extensos estudios debido a su notable contenido de moléculas antioxidantes, como la vitamina E y C, así como compuestos fenólicos, especialmente ácidos polifenólicos, flavonoides y antocianinas. Estos compuestos confieren a esta flor propiedades anticancerígenas, además de efectos protectores, diuréticos, antiinflamatorios y antimicrobianos. En consecuencia, ejerce una acción significativa en la protección contra el daño celular y la peroxidación lipídica (López et al., 2019).

Castañeda & Cáceres (2022) argumentan que los cálices de esta especie contienen una variedad de componentes importantes, como son las antocianinas, presentes en aproximadamente un 1.5%, estas son acompañadas por ácidos orgánicos, que representan entre el 15% y el 30% del contenido total y tienen un papel crucial en la estabilización de las antocianinas.

Debido a su alta concentración de compuestos bioactivos antes mencionados se han demostrado beneficios en cuanto a propiedades químicas y funcionales. Su consumo siendo parte de bebidas puede mejorar significativamente la hipertensión, la diabetes y el cáncer. Su consumo regular ayuda a reducir la presión arterial, los niveles de grasas en la sangre, disminuir el colesterol y los triglicéridos convirtiéndola en un tónico cardíaco, y combate las células malignas al fortalecer el sistema inmunológico y aumentar los anticuerpos en personas con cáncer (Iza, 2020).

1.1.4. Aplicaciones

La flor de jamaica tiene una amplia gama de aplicaciones que van más allá de su uso ornamental. Por ejemplo, el té de flor de jamaica se ha estudiado como una alternativa al café para aquellas personas que no pueden consumir cafeína. Además, de acuerdo a Jirón &

Rivas (2020), los pétalos secos de la jamaica son usados por empresas para la elaboración de vino. Por otro lado, el aceite extraído de la misma se destaca por su contenido proteico y calórico, lo que lo convierte en un aceite de cocina viable (Aguirre, 2022).

En la industria textil se sugiere que el uso de los pigmentos naturales presentes en esta planta podría ser utilizados como colorantes para tejidos (Aguirre, 2022), por lo que, este enfoque podría ofrecer alternativas más sostenibles en diversas industrias.

Según investigaciones los extractos de esta flor se emplean comúnmente como agentes colorantes en varios productos alimenticios, como mermeladas, salsas, especias y sopas (Mejía, 2022). Esta especie tiene aplicaciones importantes tanto en la industria alimentaria y textil, así como en la industria farmacéutica, cosmética, entre otras que actualmente se encuentran en constantes investigaciones.

1.2. Ataco (*Amaranthus hybridus* L.)

1.2.1. Origen

La mayoría de las especies pertenecientes al género *Amaranthus* son originarias de América, Europa, Asia, África y Australia (Conislla, 2018). El ataco es una variedad de amaranto de procedencia andina, denominada en Ecuador como *ataco sangorache*.

Se desarrolla principalmente durante el verano, es una planta de ciclo anual de tipo arbustivo herbáceo y es susceptible a los efectos adversos de las heladas.

1.2.2. Clasificación taxonómica y morfológica

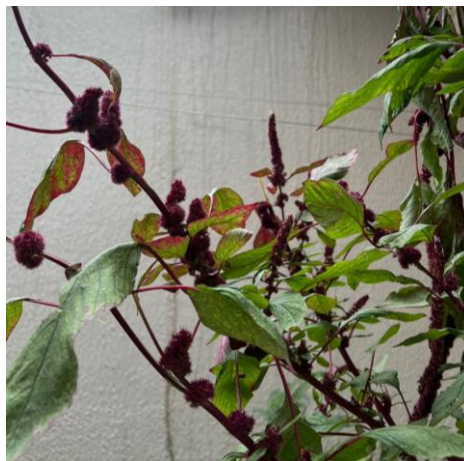
Según Quimbiamba (2023), esta especie se caracteriza por su crecimiento erguido y escasamente ramificado, además, se destaca por mantener un nivel de humedad que alcanza el 13,5%.

En suelos fértiles pueden alcanzar su desarrollo de 70 hasta 100 cm de altura, a su vez, sus hojas son ampliamente lanceoladas u ovadas, con una longitud de 5 a 8 cm. Su superficie puede ser lisa o ligeramente vellosa, y su color puede variar entre verde durante las etapas iniciales de crecimiento y morado o púrpura a medida que alcanza la madurez (Conislla, 2018).

Tabla 2. Clasificación taxonómica y morfológica del ataco

Categoría	Nombre
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Caryophyllidae
Orden	Caryophyllales
Familia	Amaranthaceae
Subfamilia	Amaranthoideae
Género	Amaranthus
Especie	Amaranthus hybridus L.

Fuente: Conislla, R. (2018).

**Figura 2.** Ataco (*Amaranthus hybridus* L.).

1.2.3. Compuestos químicos y propiedades

Estas especies son una fuente significativa de diversos nutrientes, incluyendo calcio, magnesio, nitrógeno, hierro, fósforo, entre otros (Lima e Silva et al., 2018).

Dentro de su composición química tiene como fuente esencial las vitaminas entre ellas A, B1, B2, B3, C. A su vez, contiene una variedad de metabolitos secundarios que desencadenan diversas acciones farmacológicas, entre estas se destacan propiedades antioxidantes y anticancerígenas y algunas propiedades astringentes, antibacterianas y antifúngicas, las

mismas que son halladas por componentes como las antocianinas, flavonoides, betalaínas, taninos y fenoles presentes en el ataque (Quimbiamba, 2023).

1.2.4. Aplicaciones

En la actualidad, la presencia de pigmentos de color púrpura o negro en las hojas e inflorescencias se debe al colorante característico del ataque la “amarantina” destacando un amplio uso en la industria alimenticia y textil (Gonzales, 2018).

De acuerdo a López, (2021) en su artículo afirma que: la existencia de betalaínas confiere a este pigmento natural un notable potencial para aplicaciones en el ámbito agroindustrial, su solubilidad en agua y en compuestos polares facilita su integración en una amplia gama de productos. Por consiguiente, ha sido aprovechado en la elaboración de alimentos, bebidas y productos de repostería.

Su contenido nutricional lo convierte en un colorante natural beneficioso, utilizado como materia prima en la elaboración de diversos productos alimenticios, tales como yogurt, mortadela, salchichas tipo vienesa, bebidas, caramelos, chips de frutas, entre otros (López, 2021).

1.3. Extracción por solventes

El proceso de extracción es una técnica utilizada para separar los componentes de una mezcla mediante la utilización de un solvente, en la industria alimentaria, la extracción se utiliza para obtener compuestos de interés, como es el caso de las antocianinas. De acuerdo con Ramos (2021) el procedimiento de extracción se desarrolla en cuatro etapas distintivas: en primer lugar, el solvente penetra en la matriz sólida, seguido a esto, el soluto se disuelve en el solvente, posteriormente, el soluto se difunde fuera de la matriz sólida mediante un proceso de difusión; y finalmente, se lleva a cabo la recolección de los solutos extraídos.

Existen diferentes métodos de extracción, la extracción con solventes orgánicos, como el etanol, es uno de los métodos más utilizados en la industria alimentaria debido a su eficiencia y bajo costo. Sin embargo, este método puede tener efectos negativos en la calidad del producto final y en la salud del consumidor. Por otro lado, la extracción con agua es usada especialmente para la obtención de compuestos hidrosolubles, este método es más seguro y económico que la extracción con solventes orgánicos (Aguirre, 2018).

Los solventes se emplean con el propósito de favorecer la extracción de las antocianinas, su función radica en facilitar la liberación de estas sustancias desde las vacuolas celulares, al

mismo tiempo que promueven la ruptura de enlaces con proteínas, polisacáridos y otros constituyentes, permitiendo así su obtención en forma libre dentro del extracto (Ramos, 2021). El solvente escogido para la extracción debe ser altamente selectivo, de baja viscosidad y que permita la circulación libremente. Conforme la extracción transcurre la cantidad de soluto aumenta y el gradiente de concentración disminuye, incrementando progresivamente la viscosidad.

El agua demuestra una notable habilidad para disolver compuestos iónicos y sustancias polares. La interacción entre la molécula de agua y moléculas polares o iones se ve significativamente favorecida por la polaridad de dicha molécula (Sánchez & Castro, 2023). Quedando demostrado que el agua es beneficiosa en la extracción de compuestos solubles, facilitando así la separación de los componentes deseados. Estudios más recientes evalúan otro tipo de disolventes respetuosos con el medio ambiente para su uso en el procedimiento de extracción de antocianinas (Ramos, 2021).

1.4. Tipos de colorantes

Ramos (2021) define a los colorantes como: compuestos que absorben específicas longitudes de onda lumínica y poseen la capacidad de unirse a otras sustancias, confiriéndoles color, gracias a la presencia de una estructura molecular denominada cromóforo.

Los colorantes también se definen como compuestos que proporcionan color de manera permanente y pueden disolverse en agua o disolventes orgánicos. Estos compuestos, de origen orgánico, mineral o animal, son empleados en la industria textil y alimentaria, aunque su uso es limitado debido a su naturaleza tóxica. En el ámbito alimentario, la apariencia visual desempeña un papel crucial en la aceptación por parte de los consumidores, ya que estas características no solo influyen en la preferencia, sino que también sirven como indicadores de calidad (Ochoa & Cosinga, 2023).

Ramos (2021) afirma que hoy en día se encuentran 4 tipos de clasificación de colorantes:

1. Por su origen
 - Naturales
 - Idénticos al natural
 - Sintéticos o artificiales
2. Por la estructura química del cromóforo:
 - Cromóforos con sistemas conjugados
 - Porfirinas coordinadas con metales

3. Por las características estructurales de los pigmentos naturales
 - Derivados del tetrapirrol: clorofilas
 - Derivados del isoprenoide: carotenoides
 - Compuestos N-heterocíclicos diferentes del tetrapirrol
 - Derivados del benzopirano: antocianinas y algunos flavonoides
 - Quinonas: Benzoquinona
 - Melaninas
4. Por su solubilidad:
 - Solubles
 - Insolubles

Los colorantes como aditivos acentúan, restituyen y modifican el color de productos de confitería, bebidas, yogur y productos cárnicos. Por lo cual, en esta sección, se hará énfasis en la distinción entre colorantes de origen sintético o artificial y aquellos de origen natural, dada la relevancia de su aplicación en la industria de derivados lácteos.

El empleo de ciertos colorantes alimentarios como aditivos en Ecuador se encuentran detallados dentro de los parámetros establecidos por la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 192:2013 NORMA GENERAL DEL CÓDEX PARA LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS (MOD). Esta normativa proporciona directrices específicas que regulan el uso y la aplicación de dichos colorantes en la industria alimentaria.

1.4.1. Colorantes artificiales

Los colorantes artificiales son el resultado de procesos de modificación química de compuestos precursores de origen natural. Son usados debido a sus propiedades fisicoquímicas, amplios rangos de color, rendimiento y estabilidad en la matriz aplicada logrando cumplir el objetivo de su aplicación, que los alimentos se vean atractivos hacia el consumidor (Ramos, 2021).

Por lo general, la autorización para el uso de estos compuestos está regida por el marco normativo establecido por la Comisión Europea, mediante el Reglamento No. 1333/2008, así como por la Food and Drug Administration (FDA) de los Estados Unidos, bajo la CFR 21 (Food and Drugs Administration). Según datos proporcionados por la Autoridad Europea de Seguridad Alimentaria (EFSA), aproximadamente el 70% de los colorantes utilizados pertenecen al grupo azoico (Mena, 2019). Los colorantes sintéticos con mayor uso dentro de la industria son: Tartrazina (E102), Amarillo Ocaso (E110), Rojo Allura (E129) y Azul Brillante (E133), permitidos de acuerdo a la Unión Europea y a su vez, aplicados en nuestro país (Rodríguez et al., 2021).

La utilización de colorantes artificiales ha suscitado debates y controversias significativas debido a los múltiples efectos adversos documentados por diversos investigadores. Entre estos efectos negativos, se ha observado que ciertos colorantes pueden desencadenar casos de intolerancia y broncoespasmo en individuos asmáticos. Además, se ha constatado que la ingestión de algunos de estos compuestos puede provocar hiperactividad en niños. Se han reportado también la presencia de compuestos tóxicos asociados con efectos como la hipercinesia y dificultades en el aprendizaje, así como el desarrollo de alergias en la población infantil (Pellicer, 2021).

La evaluación de la seguridad y tolerabilidad de los colorantes artificiales en alimentos para el consumo humano recae en la FDA, que ha establecido niveles de ingesta diaria aceptada (IDA) en relación al peso corporal sin que exista un riesgo para la salud como parte de su labor en este campo de estudio (Mena, 2019).

1.4.2. Colorantes naturales

Los colorantes naturales tienen como fuente un origen natural tal como plantas (flores, hojas raíces, frutas), animales, minerales y microorganismos (Ramos, 2021). Este término se aplica a aquellos productos alimenticios de origen animal, vegetal o incluso mineral en los cuales se encuentra de forma también natural. A la vez se consideran naturales los colorantes obtenidos de materiales biológicos, como algunos insectos e incluso los que se forman al calentar o someter a tratamiento térmico un alimento, como el caramelo (Martínez & Muentes, 2019).

La utilización de colorantes naturales experimentó una disminución con la introducción de colorantes sintéticos alrededor de la década de 1950. Sin embargo, en los últimos años, ha sido evidente un notable avance en la calidad y diversidad de los colorantes naturales, lo que los convierte en opciones más seguras y beneficiosas para el mercado. Estos no solo realzan la apariencia de los productos, sino que también aportan propiedades antioxidantes y han demostrado efectos protectores contra enfermedades crónico-degenerativas y ciertos tipos de cáncer causados por el consumo de alimentos a partir de colorantes sintéticos (Enríquez et al., 2023). Por esta razón, se observa un aumento significativo en la utilización de colorantes derivados de plantas, algas, hongos y organismos vivos en la industria alimentaria.

1.4.2.1. Flavonoides

Los flavonoides, clasificados como compuestos polifenólicos, son metabolitos secundarios que se originan en diversas plantas, incluyendo bayas, cítricos y otras especies vegetales. En las plantas a medida que las hojas y las flores exhiben una mayor intensidad de color, se

observa una mayor concentración de flavonoides y compuestos polifenólicos (Ortega-Cabello et al., 2018).

A su vez, los flavonoides contribuyen al sabor dulce de alimentos como cítricos, vino, cerveza o té, posiblemente debido a la formación de complejos con azúcares, como los carotenoides glicosídicos y las antocianinas. Asimismo, pueden emplearse como colorantes naturales, como es el caso de las antocianinas combinadas con flavonas. Su uso se ve limitado debido a su baja biodisponibilidad, sin embargo, se ha confirmado que estos compuestos pueden proveer un valor agregado a los alimentos (Ortega-Cabello et al., 2018).

1.4.2.2. Betalaínas

Tienen su origen en determinados hongos y plantas pertenecientes a la familia *Caryophyllales*, son compuestos nitrogenados e hidrosolubles que se dividen en betacianinas, encargadas de la coloración rojo-violeta mencionado y betaxantinas encargadas de producir el color amarillo. (Hernández & Recinos, 2022).

Las betalaínas son los principales pigmentos de la raíz del betabel o remolacha (*Beta vulgaris* sp.) y de otras especies, como la espinaca malabar (*Basella* sp.), el amaranto o ataco (*Amaranthus* sp.), la pitaya (*Cereus*, *Hylocereus* y *Selenicereus* spp.) y la pera del cactus (*Opuntia* sp.) comúnmente conocida como tuna (Flores et al., 2019).

Flores et al., (2019) menciona que estos compuestos encuentran aplicación como colorantes naturales en los sectores de la industria farmacéutica, cosmética y alimentaria. La betanina, identificada como el compuesto responsable del color rojo, ha sido autorizada y clasificada como colorante natural de alimentos, bajo el código E162 por la Unión Europea (UE) y por la Administración de Drogas y Alimentos de los Estados Unidos (FDA).

1.4.2.3. Antocianinas

Las antocianinas son glucósidos solubles, es decir, que están constituidos por una molécula de antocianidina que es la aglicona, unida a un azúcar monosacárido. Estos compuestos se encuentran presentes en una variedad de órganos vegetales, incluyendo frutos, flores, tallos, hojas y raíces (Gonsalez, 2021).

Su característica más notable radica en su capacidad para manifestar coloración en todas las partes de la planta. Además, es importante destacar que su tonalidad varía en función del pH

del entorno: adquieren un tono rojizo en medios ácidos y se tornan morados en medios neutros (Mena, 2019).

Estos compuestos se caracterizan por ser inofensivos, a diferencia de su competencia como son los colorantes de tipo artificial. También, se ha constatado que los colorantes naturales que contienen antocianinas desempeñan una función como agentes conservantes en alimentos, proporcionando una capa protectora que preserva los alimentos y los resguarda de posibles daños microbiológicos (Ramos, 2021).

Con base en investigaciones realizadas por Enríquez et al., (2023) se ha confirmado que los pigmentos presentes en los frutos de cereza a un pH de 4 y 5, mora a un pH de 5 y saúco a un pH de 5, que contienen antocianinas, exhiben las características necesarias para ser considerados como alternativas naturales al colorante artificial Rojo No. 2. Estas sustancias se identifican como idóneas para su aplicación en bebidas que abarquen el rango de pH de 4 a 5, incluyendo bebidas, quesos, confituras, helados y productos lácteos.

1.5. Secado por aspersión (Spray drying)

En su investigación, Riera (2020) define el proceso de secado por aspersión como una técnica de gran relevancia en la industria alimentaria, particularmente en la obtención de colorantes destinados a aplicaciones en productos lácteos. Este método se distingue por su capacidad para generar partículas secas y de tamaño reducido. Mediante la microencapsulación, la sustancia que se desea conservar es revestida y forma una micropartícula que alcanza un tamaño comprendido entre 5 y 300 μm (Campo-Fernández et al., 2020).

La selección de los parámetros de secado, tales como la temperatura de entrada y salida, así como el tipo de agente microencapsulante empleado, como la maltodextrina y la goma arábica, ejerce una influencia significativa en la eficacia y estabilidad de las microesferas resultantes (Riera, 2020).

Este método consiste en atomizar una fase líquida o semilíquida en contacto con aire caliente, lo que permite la evaporación del solvente y la formación de partículas secas. El uso de esta tecnología ofrece ventajas significativas, como la protección del compuesto de la oxidación y la volatilización, la producción de partículas uniformes y la posibilidad de trabajar con productos sensibles al calor, biológicos o farmacéuticos a bajas temperaturas y presión atmosférica.

1.5.1. Temperatura

La temperatura de entrada tiene un impacto significativo en el proceso, alterando características clave como la viscosidad y la fluidez, y, por ende, afectando su capacidad de pulverización uniforme, lo que incide directamente en la eficiencia del proceso. Es importante resaltar que, al aumentar la temperatura de entrada, se tiende a observar una reducción en la viscosidad y el tamaño de las gotas. Sin embargo, en temperaturas elevadas, ciertos compuestos sensibles al calor pueden experimentar degradación (Ríos & Gil, 2021).

No obstante, el método de secado por aspersión es recomendado para compuestos sensibles a la temperatura debido a que durante el secado por aspersión los tiempos de aumento de temperatura son muy cortos de 5 a 30 segundos. El uso de una temperatura de entrada alta puede reducir la cantidad de polvo adherido a la pared del secador, aportando esto a un aumento en el rendimiento, por lo que, a medida que incrementa la temperatura de entrada aumenta el rendimiento del proceso (Ramos, 2021).

Según estudios realizados por Ramos (2021) una mayor temperatura de entrada de aire produce una mayor fuerza impulsora en la evaporación del agua y da como resultado antocianinas con menor contenido de humedad y menos aw.

1.5.2. Velocidad

La velocidad de suministro al atomizador se regula según el nivel de secado deseado antes de que el material alcance la superficie de la cámara de secado. Es fundamental considerar tanto el flujo como la temperatura del aire de entrada, dado que niveles elevados de temperatura pueden ocasionar una rápida evaporación, resultando la formación de grietas en la membrana, este fenómeno conlleva a una liberación anticipada y degradación del ingrediente encapsulado. La temperatura del aire de entrada guarda una relación directa con la velocidad de secado y el contenido final de agua (Ríos & Gil, 2021).

1.5.3. Agentes encapsulantes

En la industria alimentaria, se emplean diversos agentes encapsulantes para proteger componentes esenciales y prevenir su deterioro debido al tratamiento térmico o a fluctuaciones de temperatura que puedan afectar su estabilidad. A pesar de su función protectora, este tipo de agentes presentan desventajas específicas: los almidones químicamente modificados son eficaces en la retención de volátiles durante el secado, pero ofrecen una protección deficiente contra la oxidación, por otro lado, los almidones parcialmente hidrolizados, como la maltodextrina y el jarabe de glucosa, protegen bien contra

la oxidación del sabor, pero tienen una baja retención de volátiles y malas propiedades emulsificantes. Finalmente, la goma arábiga ha sido ampliamente utilizada debido a su excelente capacidad emulsificante y buena retención de volátiles, sin embargo, su uso se ve limitado por su costo y disponibilidad (Palacios, 2020).

Entre los agentes encapsulantes más recomendados para antocianinas durante este proceso son la goma arábiga y la maltodextrina, las cuales se utilizan con mayor frecuencia debido a su propiedad emulsionante, dispersabilidad, alta solubilidad y baja viscosidad (Campo-Fernández et al., 2020).

1.6. Fermentación

La fermentación es un proceso bioquímico en el cual los microorganismos, como las levaduras y las bacterias, descomponen compuestos orgánicos, como los azúcares, para producir energía. Este proceso se utiliza en la producción de una variedad de productos, incluyendo vinos, bebidas alcohólicas, productos lácteos, chocolate, entre otros (Pilco, 2023).

1.6.1. Fermentación Láctica

En la fermentación láctica los azúcares se descomponen en ácido láctico, este proceso es llevado a cabo por bacterias ácidas lácticas, y es común en la producción de alimentos como el yogur, el queso y el chucrut. De acuerdo a Rollán (2019) las bacterias del ácido láctico también denominadas LAB son microorganismos Gram positivos con una capacidad eficaz de fermentar carbohidratos produciendo así ácido láctico como resultado de su proceso metabólico.

1.7. Leches fermentadas

Según la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2395:2011 Leches fermentadas. Requisitos, la leche fermentada natural se elabora a partir de la fermentación de la leche, utilizando microorganismos que reducen el pH y pueden generar coagulación. Estos microorganismos deben estar presentes y activos hasta el final de la vida útil del producto, salvo que este se someta a un tratamiento térmico posterior. Dentro de esta categoría se incluyen productos como yogur natural, leche cultivada y leche acidificada, sin aromas ni colorantes. (INEN, 2011).

1.7.1. Tipos de leches fermentadas

Las leches fermentadas abarcan una amplia gama de productos que han sido consumidos desde tiempos remotos en diversas culturas alrededor del mundo. Entre los tipos más conocidos se encuentran las leches fermentadas con bacterias lácticas termófilas como el

yogur y las leches fermentadas con bacterias lácticas y levaduras como el kéfir y kumir (Sampablo, 2019).

- **Kefir:** Leche fermentada que utiliza cultivos ácido lácticos elaborados a partir de granos de kéfir. Estos cultivos incluyen *Lactobacillus kefir*, así como especies de los géneros *Leuconostoc*, *Lactococcus* y *Acetobacter*, generando ácido láctico, etanol y dióxido de carbono como subproductos.
- **Kumis:** Se trata de una leche fermentada que contiene *Lactococcus Lactis subsp cremoris* y *Lactococcus Lactis subsp lactis*, los cuales deben mantener su viabilidad y actividad en el producto hasta el final de su periodo de conservación.
- **Yogur:** Es el resultado coagulado obtenido a través de la fermentación láctica de la leche o una mezcla que incluye derivados lácteos, gracias a la intervención de bacterias lácticas como *Lactobacillus bulgaricus* y *Streptococcus thermophilus*. Estas bacterias deben mantener su viabilidad y actividad desde el inicio hasta el final de la vida útil del producto.

El *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* es una bacteria bacilo gram positiva, no patógena, productora de ácido láctico. Tong, et al., (2019) describe a esta bacteria como una de las cepas preponderantes de bacterias ácido lácticas empleadas como cultivos iniciales en la producción industrial de productos lácteos fermentados.

Por otro lado el *Streptococcus salivarius subsp. thermophilus* es una bacteria que ha sido objeto de debate taxonómico. Inicialmente, fue considerada una especie propia, pero luego se clasificó como subespecie de *S. salivarius*. Sin embargo, su estatus taxonómico sigue siendo discutido. Esta bacteria se caracteriza por su relación genética cercana con *S. salivarius* y su adaptación al ambiente lácteo, lo que sugiere su potencial como probiótico y su importancia en la fermentación láctea (Burton, 2017).

En base a las dos bacterias descritas anteriormente se prepara el fermento madre o cultivo iniciador, que es la mezcla de microorganismos iniciadores en conjunto con una serie de compuestos aromáticos presentes en la leche y producidos durante la fermentación, encargados de transformar la lactosa en ácido láctico contribuyendo al sabor característico, la textura y el aroma del yogurt (Avalos et al., 2022).

1.8. Yogur con adición de ingredientes

Este tipo de yogur incluye yogures que han sido enriquecidos con ingredientes adicionales, como frutas, edulcorantes, cereales o incluso probióticos específicos. En la ingeniería

alimentaria, fortalecer el yogur con alimentos funcionales, como frutas y extractos, mejora sus propiedades nutricionales. Sin embargo, esta adición impacta la textura, sabor y vida útil del producto. Estabilizar estas características es crucial para la aceptación y comercialización del yogur funcional, requiriendo una evaluación cuidadosa para lograr un equilibrio entre seguridad y eficacia. (Ishtiaq et al, 2020).

El yogur con adición de ingredientes como la pulpa de fruta es un producto lácteo fermentado. En Ecuador, el Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN) ha establecido la norma NTE INEN 2395:2011, que define los requisitos de calidad y etiquetado para las leches fermentadas, incluyendo el yogur.

1.8.1 Requisitos de calidad

- **Contenido de proteínas:** La norma establece parámetros para el contenido de proteínas en el yogur, asegurando un nivel adecuado de este nutriente en el producto final. El contenido mínimo de proteínas en el yogur debe ser de 2,7 g/100 g de producto
- **Ausencia de microorganismos patógenos:** El yogur debe cumplir con los requisitos microbiológicos establecidos en la norma, que incluyen la ausencia de microorganismos patógenos como *Salmonella spp.*, *Listeria monocytogenes* y *Escherichia coli*.
- **Etiquetado nutricional:** El rotulado nutricional del yogur debe incluir información sobre el contenido de energía, proteínas, grasas, carbohidratos, fibra alimentaria y sodio, entre otros nutrientes. Además, debe indicar la cantidad de yogur contenida en el envase y la fecha de vencimiento.

1.9. Características del yogur

1.9.1. Físicoquímicas

La composición físicoquímica del yogur está basada en la composición química de la leche y en los sucesivos cambios de los constituyentes de la leche que ocurren durante la fermentación láctica (Torres, 2017). Algunos parámetros físicoquímicos a tomar en cuenta durante la elaboración de yogur son:

- **Acidez:** El contenido de la acidez de las leches fermentadas, se expresa convencionalmente como contenido de ácido láctico. Esta característica se determina mediante el método de la Asociación de Químicos Analíticos Oficiales (AOAC 947.05),

el cual consiste en neutralizar las muestras de yogur con una solución titulante de NaOH y fenolftaleína como indicador (Marlapati, 2024).

- **pH:** El pH es una medida de la acidez o alcalinidad de una sustancia, es decir, la medida de la concentración de iones de hidrógeno presentes. En el caso del yogur, según Marlapati (2024) es un factor crucial en el desarrollo de productos lácteos e identifica el punto final del proceso de fermentación, es una de las propiedades principales debido a que en su elaboración se busca disminuir el pH de la leche lo cual contribuye al olor y sabor característico de este tipo de productos. Este parámetro se mide usando un pH-metro, sumergiendo un electrodo en la muestra de yogur previamente homogeneizada.
- **Densidad:** La densidad del yogur está relacionada con la cantidad de sólidos presentes en la matriz láctea, puede afectar la viscosidad y la textura del yogur, aspectos importantes para la aceptación del consumidor. Su determinación puede ser realizada mediante el método gravimétrico de acuerdo a lo propuesto por el Instituto de Normalización del Ecuador en la Norma NTE-INEN 1078.
- **Proteína:** Las proteínas desempeñan un papel crucial en la apariencia del yogur, ya que influyen en su brillo y color. La capacidad de dispersión y reflexión de la luz de las proteínas y grasas afecta la luminosidad del producto final, que puede variar según los ingredientes utilizados y los procesos de fabricación. Además, el contenido de proteínas puede influir en la textura y consistencia del yogur, lo que afecta su aceptabilidad por parte del consumidor (Marlapati, 2024). La determinación de este componente funcional se realiza mediante el método de volumetría de acuerdo a lo estipulado en la técnica AOAC954.01/PEMSVBR03.

1.9.2. Microbiológicas

- **Escherichia coli y Coliformes totales:** Es una especie bacteriana que, a más de presentar las características del grupo coliforme fecal, produce indol a partir del triptófano. (INEN 1529-8, 2013). Tanto los coliformes totales como la E. coli son bacterias indicadoras de higiene y contaminación dentro del proceso de producción.
- **Mohos y Levaduras:** Los mohos son microorganismos aerobios mesófilos filamentosos que crecen en la superficie del agar micológico, se desarrollan generalmente en forma plana o esponjosa. Por otro lado, las levaduras son microorganismos aerobios mesófilos que se desarrollan a 25°C, desarrolla colonias redondas mate o brillante que crecen en la superficie del medio, su tamaño supera al de las bacterias y causan alteraciones de los productos alimenticios (INEN 1529-10, 2013). Este tipo de bacterias representan una preocupación en la industria

alimentaria, ya que pueden causar deterioro de los alimentos y pérdidas económicas. Aunque el yogur tiene altos valores de acidez que dificultan la supervivencia de patógenos, las levaduras y mohos pueden resistir condiciones extremas y causar daños significativos si no se controlan adecuadamente durante la fabricación y almacenamiento del yogur (Zubairi et al, 2021).

El cumplimiento de los requisitos microbiológicos estipulados en la norma NTE INEN 2395:2011 es fundamental en el análisis de la calidad y seguridad de los productos lácteos fermentados como el yogur. asegurando la inocuidad y la estabilidad del producto.

2. Metodología

2.1. Lugar y área de estudio

El presente trabajo se desarrolló en los laboratorios de Lácteos, Humidificación y Secado del Campus Tecnológico de la Universidad de Cuenca ubicado en la Av. Lorenzo Piedra y Remigio Romero.

2.2. Tipo de estudio de investigación

Este estudio corresponde a un diseño experimental cualitativo-cuantitativo.

2.3. Obtención de colorantes naturales

La materia prima para la extracción de los colorantes (jamaica y ataco) se adquirió en el “Mercado 12 de Abril” de la ciudad de Cuenca, verificando que las mismas se encuentren en buen estado y libres de daños o contaminación visible con el fin de garantizar la calidad del producto.

2.3.1. Materiales

- Lienzo
- Ollas de acero inoxidable
- Tijeras de cocina
- Cuchillos de acero inoxidable
- Recipientes plásticos herméticos
- Bandejas plásticas
- Brochas de laboratorio
- Frascos ámbar
- Vaso de precipitación de 100 y 400 ml
- Varilla de vidrio
- Luna de reloj
- Filtro de nylon

2.3.2. Equipos

- Balanza analítica marca Mettler Toledo ME204
- Secador por aspersion marca Armfield LabPlant
- Analizador de humedad marca Wisd WBA-110M
- Refractómetro digital 0-90 marca RHINO TECHNOLOGY
- Cocineta eléctrica

2.3.3. Reactivos y materia prima

- Maltodextrina 10-12 DE
- Jamaica
- Ataco

2.3.4. Etapas para la extracción por solventes de los colorantes naturales de jamaica y ataco

1. Preparación de las muestras

El proceso de extracción de los colorantes naturales comenzó con el lavado de las muestras adquiridas con agua potable para eliminar cualquier residuo superficial. Posteriormente, las muestras fueron secadas al aire libre para posteriormente segmentar la materia prima, retirando la semilla, el tallo de la jamaica y las hojas del ataco con el fin de mejorar el proceso de extracción.

2. Extracción acuosa

Para la extracción acuosa, se pesaron 300 gramos de muestra de cada una de las especies. A continuación, se añadieron 400 ml de agua por separado. Para cada muestra la extracción se llevó a cabo en un baño de agua caliente a una temperatura de 80°C durante 3 minutos con el objetivo de favorecer la liberación de antocianinas. Finalmente, las muestras fueron enfriadas con agua helada a 3°C para detener el proceso de extracción.

3. Filtración

Una vez completada la etapa de extracción, las muestras fueron filtradas con un lienzo para eliminar los sólidos no deseados y obtener un extracto líquido puro, limpio y concentrado de los colorantes naturales.

4. Almacenamiento

Los extractos acuosos obtenidos de ataco y jamaica, fueron almacenados y etiquetados en recipientes de plástico herméticos en condiciones controladas y a temperatura ambiente para su posterior proceso de secado. Se tomó una muestra de cada extracto acuoso para determinar el contenido de grados Brix.

2.3.5. Secado por aspersión (*Spray Drying*)

Se llevaron a cabo pruebas piloto con el fin de evaluar la viabilidad y eficacia del proceso. Estas pruebas preliminares permitieron ajustar los parámetros operativos y optimizar las condiciones necesarias para obtener colorantes de alta calidad. Este método se realizó por separado para el ataco y jamaica debido al tiempo prolongado de operación.

En un vaso de precipitación se colocó 240 ml de extracto acuoso previamente preparado con 30 g de maltodextrina 10-12 (agente encapsulante) y se homogeneizó la mezcla, el uso de aditivos inertes como la maltodextrina favorecen la recuperación del producto ya que actúan como coadyuvantes del secado López, et al (2006). Posteriormente, se filtró con un lienzo para evitar la presencia de residuos que pudieran ocasionar interferencias durante el secado en el equipo. Finalmente, la mezcla se transfirió a un recipiente plástico para dar inicio al proceso de secado.

Se establecieron los parámetros de operación del equipo mediante el conocimiento adquirido en la materia de Humidificación y secado. Se utilizó una temperatura de entrada y de salida de 120 °C y 81 °C consecutivamente para el secado del ataco y una temperatura de entrada y de salida de 120 °C y 77 °C para el secado de la jamaica, manteniendo una velocidad del equipo de 6.3 ml/min.

El extracto acuoso se alimentó al equipo de secado a través de una manguera de silicón. La formación de partículas en polvo de colorante tomó un tiempo operacional de 2 horas. Posterior a esto el equipo se dejó enfriar por 45 minutos y las partículas secas de colorante fueron recogidas en el colector de ciclón que forma parte del secador para posteriormente ser recogidas en una bandeja plástica.

Una vez que se obtuvo el producto final en polvo se procedió a realizar un control en las partículas pulverizadas de colorante obtenidas para evaluar su peso total y su contenido de humedad mediante gravimetría haciendo uso de una termobalanza.

Al completar este proceso, el colorante obtenido se almacenó a temperatura ambiente en frascos ámbar las cuales permiten la protección de la luz y minimizar la degradación por oxidación. Los frascos ámbar se eligieron debido a sus propiedades de bloqueo de la luz ultravioleta, que pueden afectar la estabilidad y la calidad de las muestras evitando la degradación de las antocianinas (Lucero & Muñoz, 2020). Además, se etiquetó cada frasco con información detallada sobre la muestra y sus condiciones de secado.

Una vez completado el proceso de extracción, secado y almacenamiento, se inició una serie de pruebas preliminares de tinción haciendo uso de 100 ml de un yogur comercial, adicionando cantidades exactas en la misma muestra y registrando los cambios como se presenta a continuación:

Tabla 3. Pruebas de tinción de colorante de ataco

Experimentos (en 100 ml de yogur)	Cantidad de colorante (± 0.01 g)	Resultado de la Observación
1	0,1	No presenta cambio de color
2	0,15	No presenta cambio de color
3	0,20	No presenta cambio de color
4	0,25	Cambio de tonalidad perceptible (rosado pálido)
5	0,50	Incremento gradual de la intensidad de color
6	0,75	Transición de color rosado a color morado
7	1,00	Intensificación progresiva del color morado
8	1,25	Intensificación máxima del color morado asemejándose al yogur de mora comercial

Tabla 4. Pruebas de tinción de colorante de jamaica

Experimentos (en 100 ml de yogur)	Cantidad de colorante (± 0.01 g)	Resultado de la Observación
1	0,1	No presenta cambio de color
2	0,15	No presenta cambio de color
3	0,20	No presenta cambio de color
4	0,25	Cambio de tonalidad perceptible (rosado)
5	0,50	Incremento gradual de la intensidad de color
6	0,75	Transición de color rosado a color morado
7	1,00	Intensificación máxima del color morado asemejándose al yogur de mora comercial

Las pruebas preliminares se realizaron con la finalidad de determinar las cantidades mínimas y máximas en las que los colorantes comenzaron a teñir el yogur comercial y alcanzaron su máxima intensidad de color, permitiendo establecer las formulaciones con las cantidades de colorante de ataco y jamaica que serán aplicadas en la elaboración del yogur de mora durante la etapa de adición de fruta y colorante natural.

De este modo, se procedió a plantear seis formulaciones diferentes utilizando un diseño experimental de tipo factorial con 2 variables de estudio: tipo de colorante y cantidad de colorante con tres niveles de evaluación, en el cual se varió las concentraciones de colorante aplicado.

Tabla 5. Diseño experimental de las formulaciones

Formulación	Tipo de colorante	Cantidad de colorante
M1	Extracto de Ataco	Nivel 1 (0.25/100ml)
M2	Extracto de Ataco	Nivel 2 (0.75/100ml)
M3	Extracto de Ataco	Nivel 3 (1.25/100ml)
M4	Extracto de Jamaica	Nivel 1 (0.25/100ml)
M5	Extracto de Jamaica	Nivel 2 (0.75/100ml)
M6	Extracto de Jamaica	Nivel 3 (1.25/100ml)

2.4. Elaboración del yogur de mora

Se trabajó con leche cruda la cual fue proporcionada por “Lácteos El Trébol”, una empresa local ubicada en la parroquia San José de Chiquintad en Cuenca, Ecuador.

El cultivo termófilo Yo-Flex de la marca CHR HANSEN, utilizado para la elaboración del fermento madre fue obtenido de la casa comercial “ADIMTEC” ubicada en Cuenca.

2.4.1. Materia prima

- Leche cruda “Lácteos el Trébol”
- Leche en polvo
- Sacarosa
- Colorantes naturales
- Gelatina sin sabor

- Pulpa de mora

2.4.2. Materiales

- Vaso de precipitación
- Cuchara de madera
- Lienzo de leche
- Recipiente de acero inoxidable
- Recipiente plástico
- Varilla
- Envases plásticos de 250 g

2.4.3. Equipos

- Termómetro digital marca NSF TMT-DG4
- Balanza analítica MARCA
- Frigorífico
- Analizador de leche Milkotester MASTER PRO
- Potenciómetro marca HANNA
- Yogurtera
- Cocineta eléctrica
- Refractómetro digital

2.4.4. Reactivos

- Cultivo láctico termófilo CHR.HANSEN YF-L812

2.4.5. Preparación del fermento madre

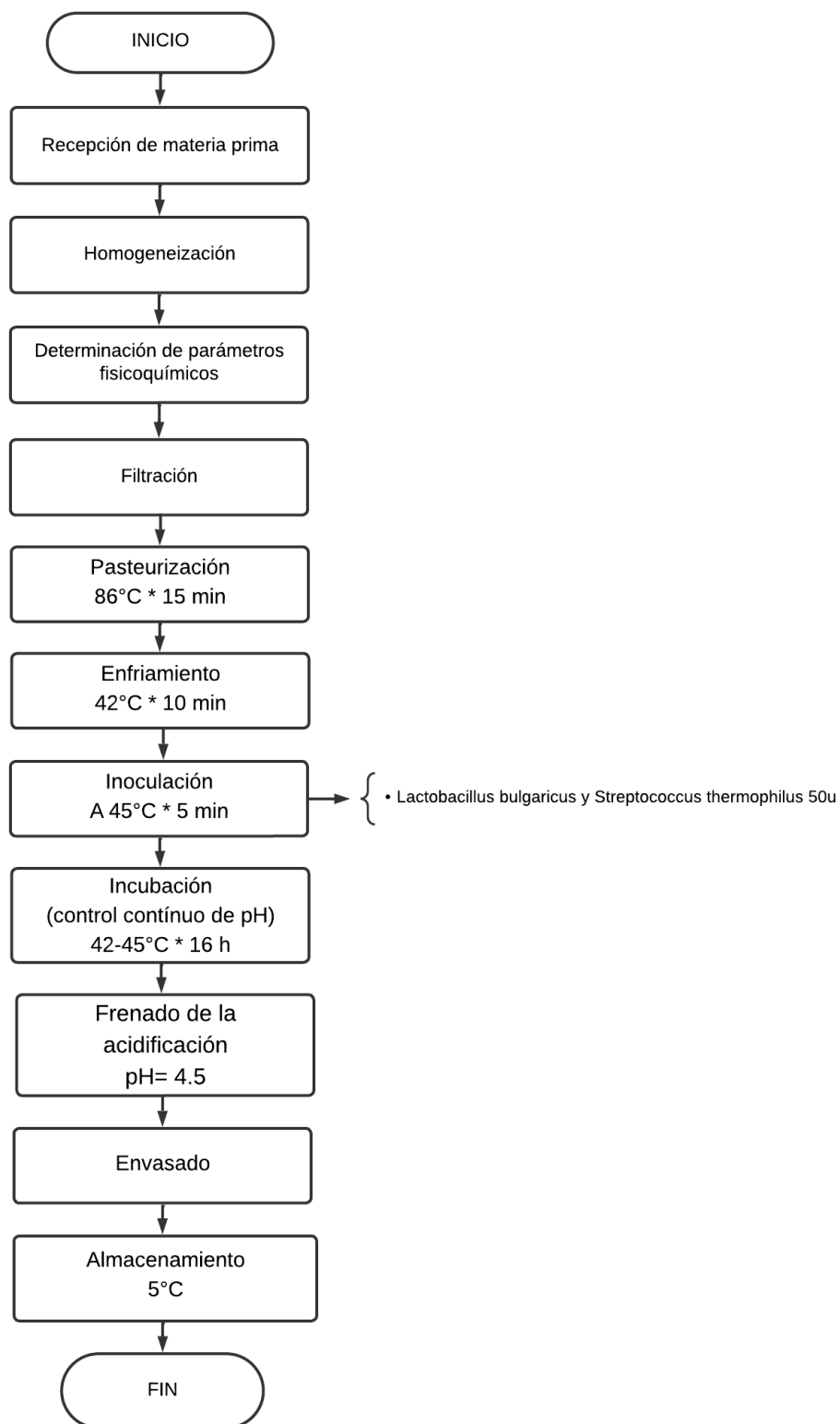


Figura 3. Diagrama de flujo de la elaboración del fermento madre previo a la elaboración del yogur de mora

2.4.6. Preparación del yogur de mora

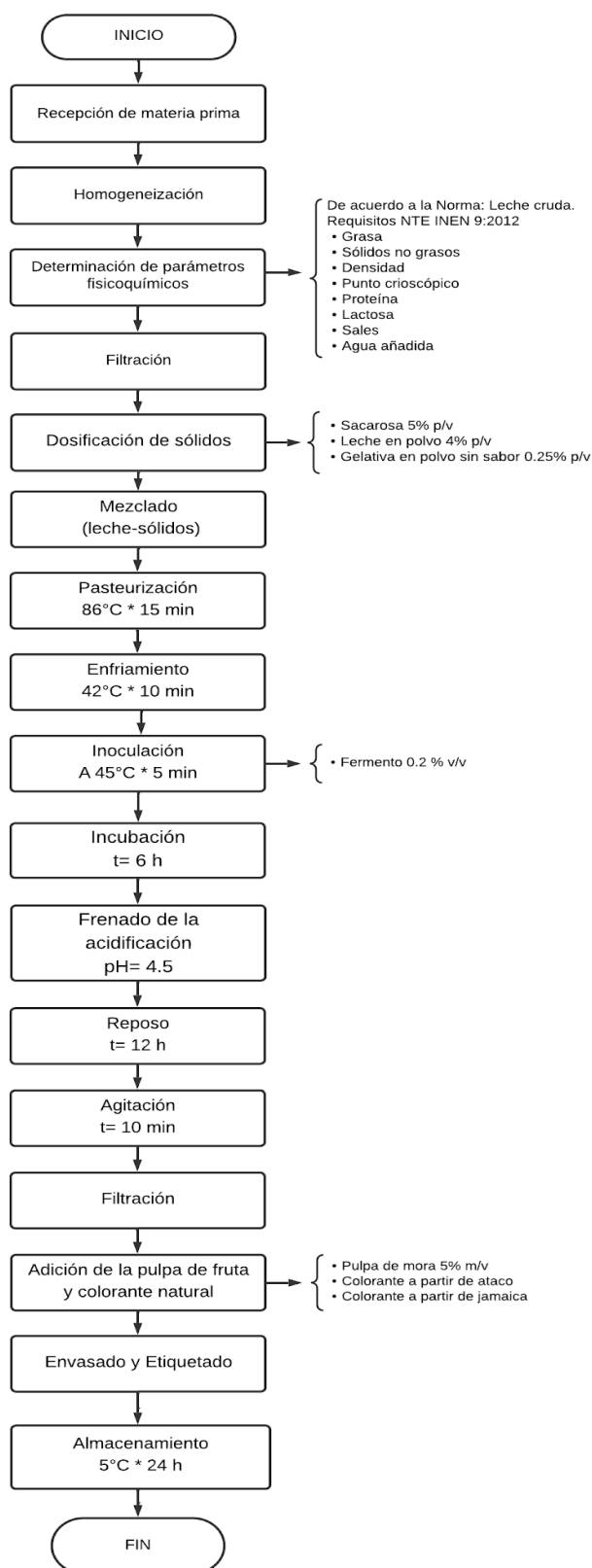


Figura 4. Diagrama de flujo de la elaboración del yogur de mora

2.6. Evaluación de características organolépticas

2.6.1 Determinación de tamaño de muestra

Para determinar el tamaño de la muestra adecuada para la evaluación de características organolépticas, se utilizó la fórmula estándar para el cálculo del tamaño de muestra, en donde se consideró como grupo objetivo a los estudiantes sin rango de edad que se encuentran en los últimos niveles de la carrera de Ingeniería Química, dando como resultado una población de 90 estudiantes.

Fórmula para el cálculo de tamaño de muestra finita (Robles, 2019):

$$n = \frac{NZ^2pq}{E^2(N-1) + Z^2pq}$$

Donde:

n= tamaño de la muestra

N = tamaño de la población o grupo objetivo (en habitantes)

Z = es el valor crítico correspondiente al nivel de confianza (90%)

p = proporción esperada de la población que tiene la característica de interés (dato desconocido p=50%)

q = 1-p (50%)

E = margen de error tolerable (error de 10%)

Cálculo del tamaño de muestra de participantes:

$$n = \frac{(90 * (1.65)^2) * (0.5) * (0.5)}{(0.1)^2 * (90 - 1) + (1.65)^2 * (0.5) * (0.5)}$$

$$n = 39 \text{ participantes}$$

Se obtuvieron 39 participantes los cuales fueron seleccionados a través de un muestreo aleatorio simple.

2.6.2. Aplicación de la prueba hedónica

Se llevaron a cabo las respectivas pruebas sensoriales del producto obtenido dentro de los laboratorios pertenecientes a la Facultad de Ciencias Químicas.

Se aplicó una prueba hedónica como técnica de evaluación sensorial centrada en la medida del gusto o la preferencia de los consumidores hacia las formulaciones experimentales presentadas. Previo al análisis se les indicó a los participantes sobre el uso adecuado de la escala y la identificación precisa de sus percepciones en relación con cada muestra.

Cada evaluó las seis formulaciones de las muestras de yogur de mora previamente elaboradas. Esta prueba se centró en cuatro aspectos clave: olor, color, sabor y textura, los mismos que fueron evaluados en una escala de 5 puntos donde: 5: me gusta mucho; 4: me gusta moderadamente; 3: no me gusta ni me disgusta; 2: me disgusta moderadamente y 1: me disgusta mucho.

2.7. Análisis Estadístico

A partir del registro de datos de la prueba hedónica realizada a los 39 participantes, se procedió a analizar las respectivas calificaciones utilizando un análisis de varianza ANOVA realizado en el software RStudio utilizando un lenguaje de programación R para evaluar las posibles diferencias significativas entre la aceptabilidad de los yogures elaborados bajo las 6 formulaciones estudiadas con los dos tipos de colorantes añadidos (jamaica y ataco) y analizar la variación entre los grupos mencionados, determinando si existen diferencias estadísticamente significativas en términos de propiedades organolépticas, con el fin de establecer la formulación con los mejores resultados según la inclinación de los participantes.

Con el análisis ANOVA se realizó el cálculo del valor F, el cual compara la varianza entre los grupos con el fin de identificar si existían diferencias significativas entre las medias de las calificaciones dadas a las distintas formulaciones (Montgomery, 2019). El valor p menor a 0.05 sugiere que existe evidencia suficiente para rechazar la hipótesis nula, lo que implica que al menos uno de los grupos es significativamente diferente de los demás. Lo que quiere decir que las diferencias en la aceptabilidad de los yogures no eran producto del azar, sino de las distintas formulaciones y colorantes utilizados.

Posteriormente al análisis ANOVA, se realizó una prueba post hoc de Tukey también denominada comparación por pares para determinar específicamente los grupos que difieren entre sí. Esta prueba es importante en análisis organolépticos ya que, aunque el ANOVA puede indicar la existencia de diferencias significativas, no especifica entre cuáles grupos se encuentran dichas diferencias. El test de Tukey es adecuado para comparaciones múltiples, al proporcionar un método fiable para identificar los pares de grupos específicos que son significativamente diferentes entre sí (Zaldúa, 2024).

2.8. Análisis de características microbiológicas y fisicoquímicas

Se analizaron las características microbiológicas y fisicoquímicas del yogur con la mejor formulación seleccionada, de la cual se enviaron 3 muestras de 250 ml c/u a un laboratorio externo especializado. Dentro de los parámetros microbiológicos y de acuerdo a la normativa INEN 2395:2011, se evaluaron coliformes totales y *E. coli* mediante el método AOAC 991.14 / PEMSVM04 - Petrifilm, de acuerdo a la norma NTE-INEN 2395 el índice máximo de coliformes totales permisible para identificar nivel de buena calidad es de 10 UFC/g y el índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad es de 100 UFC/g. Por otra parte, el índice máximo de *e. coli* permisible para identificar nivel de buena calidad corresponde a <1 UFC/g (INEN, 2013).

También se valoraron mohos y levaduras con el método BAM CAP 18 / PEMSVM02 - Recuento en placa. Los requisitos microbiológicos para este tipo de especies se estipulan en la norma NTE-INEN 2395, en donde se detallan valores permisibles de 200-500 UFC/g. Su análisis se realiza utilizando la técnica de recuento en placa por siembra en profundidad y un medio que contenga extracto de levadura, glucosa y sales minerales (INEN, 2013).

En cuanto a los parámetros fisicoquímicos se evaluó la proteína mediante el método AOAC 954.01 / PEMSVM03 - Volumetría, según la norma NTE-INEN 2395, se especifica que el porcentaje mínimo de proteína que debe contener un yogur es de 2.7%. La acidez total fue medida utilizando el método AOAC 947.05 y debe situarse en el rango de 0.8% a 1.0% de ácido láctico para asegurar la calidad y estabilidad del producto, un rango ligeramente mayor que los valores sugeridos previamente, lo cual refleja las variaciones posibles en las formulaciones comerciales (Ore Areche et al., 2024).

La densidad, medida en g/ml, es evaluada a través de métodos gravimétricos, y se espera que esté entre 1.045 y 1.059 g/ml, manteniéndose dentro de los límites que aseguran la consistencia y textura adecuada para el consumidor (Grasso et al., 2020). Finalmente, el pH del yogur, que refleja su nivel de acidez y estabilidad, debe estar entre 4.0 y 4.5, como se determina mediante métodos potenciométricos según las normas actuales (Ore Areche et al., 2024).

3. Resultados

3.1. Obtención de colorantes mediante el secado por aspersión

En la Tabla 6 se detallan los parámetros medidos para el extracto acuoso obtenido previo al secado por aspersión para el colorante de ataco y de jamaica.

Tabla 6. Parámetros del extracto acuoso obtenido para cada colorante

Extracto acuoso	Cantidad (ml)	Grados Brix
Ataco	353	17.9
Jamaica	361	11.9

En la Tabla 7 se presentan los parámetros obtenidos de los colorantes extraídos.

Tabla 7. Parámetros del colorante obtenido

Muestra	Colorante	Peso obtenido (g)	Humedad (%)	Rendimiento (%)
1	Extracto de Ataco	25.5	2.54	8.5
2	Extracto de Jamaica	19	0.04	6.33

3.2. Formulaciones para la elaboración del yogur

En la Tabla 8 se observa el diseño experimental de tipo factorial con 2 variables de estudio usado para formular el yogur de mora con adición de colorantes.

Tabla 8. Formulaciones experimentales de los colorantes obtenidos de ataco y jamaica

Formulación	Tipo de colorante	Cantidad (g/100ml)
M1	Extracto de Ataco	0.25
M2	Extracto de Ataco	0.75
M3	Extracto de Ataco	1.25
M4	Extracto de Jamaica	0.25
M5	Extracto de Jamaica	0.75
M6	Extracto de Jamaica	1.25

3.2.1 Cambio del parámetro de pH en la etapa de incubación durante la preparación del yogur de mora

La Figura 5 presenta los resultados obtenidos durante el proceso de incubación del yogur, en la que se registran las variaciones de pH en función del tiempo. Estos datos reflejan la disminución de pH hasta alcanzar un valor de 4.5, que indica el frenado de la etapa de acidificación del yogur.

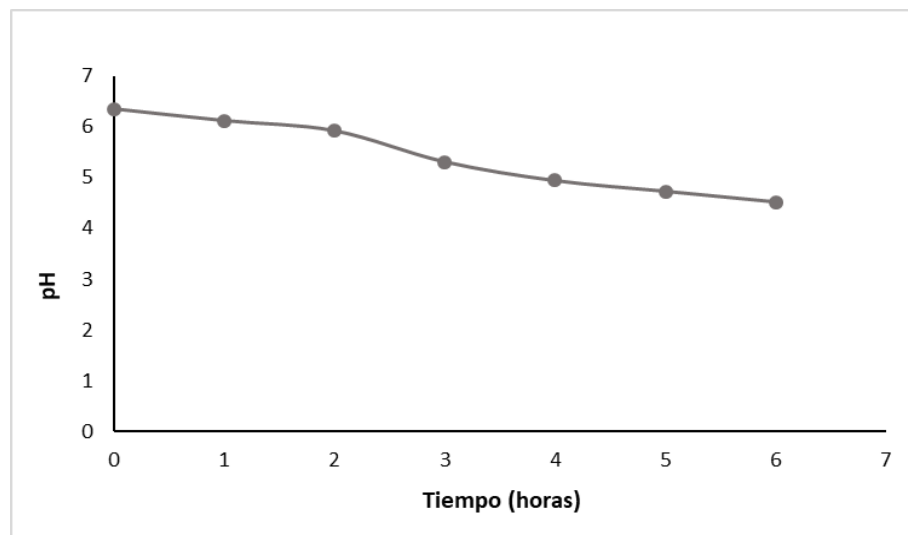


Figura 5. Gráfica del pH del yogur vs tiempo (horas)

3.3. Evaluación de las características organolépticas del yogur

Los datos obtenidos de la evaluación sensorial realizada se presentan en la Figura 6, en donde se evidencia la media de las calificaciones para cada una de las muestras de yogur de mora (M1, M2, M3, M4, M5, M6) otorgadas por los participantes en los atributos sensoriales del mismo: color, olor, sabor y textura, proporcionando una visualización clara de cómo las diferentes concentraciones de colorantes afectan la percepción sensorial del producto.

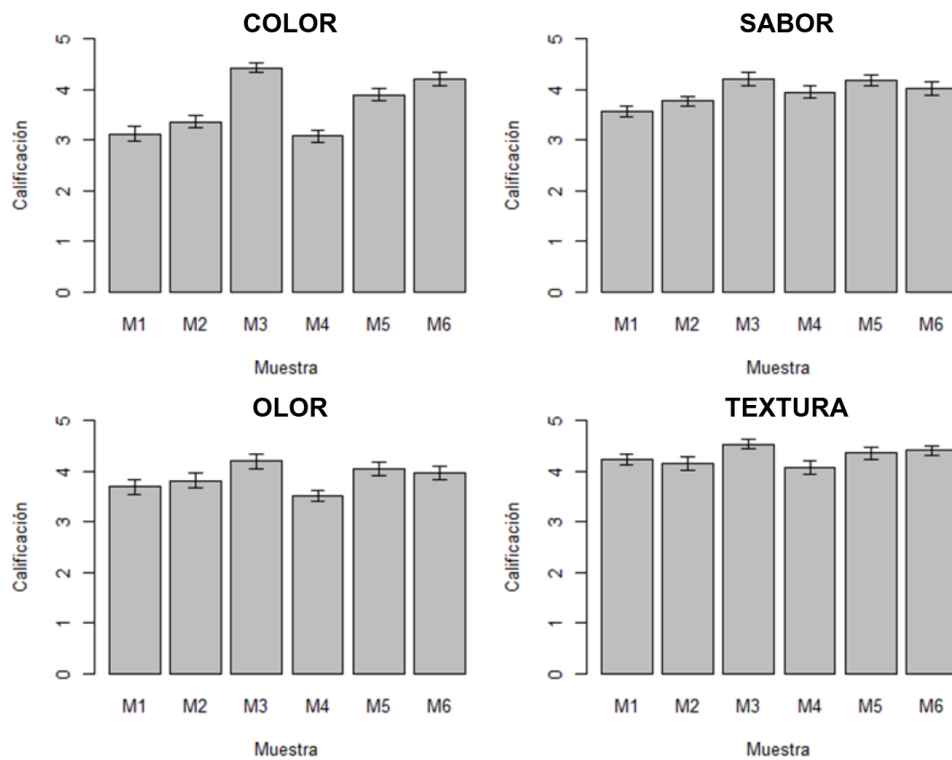


Figura 6. Gráficas de las calificaciones promedio por atributo

La Tabla 9 presenta los resultados del análisis de varianza (ANOVA), aplicado a las diferentes calificaciones obtenidas al evaluar los atributos sensoriales del yogur de mora mediante la prueba hedónica.

Tabla 9. Resultados del Análisis de varianza ANOVA

Atributo	Muestra	Media (\bar{x})	Desviación Estándar	Grados de libertad	Valor F	Valor p
Color	M1	3.128205	0.8638801	228	21.83743	7.47006e-18
	M2	3.358974	0.7429380			
	M3	4.433589	0.6405126			
	M4	3.076923	0.7392961			
	M5	3.897436	0.7979977			
	M6	4.205128	0.8328609			
Sabor	M1	3.564103	0.6803578	228	4.46568	6.6867e-04
	M2	3.769231	0.5831646			
	M3	4.205128	0.8006408			
	M4	3.948718	0.7591102			
	M5	4.179487	0.7208108			
	M6	4.025641	0.8106910			
Olor	M1	3.692308	0.8630986	228	3.55002	4.12785e-03
	M2	3.820513	0.8544557			
	M3	4.205128	0.8938235			
	M4	3.512821	0.7208108			
	M5	4.051282	0.8255371			
	M6	3.974359	0.8425269			
Textura	M1	4.230769	0.7056739	228	2.378076	3.96554e-02
	M2	4.153846	0.7792865			
	M3	4.538462	0.5547002			
	M4	4.076923	0.8073549			
	M5	4.358974	0.7066295			
	M6	4.410225	0.5946228			

En la tabla 10 se presenta la prueba de comparación por pares de las 6 muestras de yogur para cada atributo de la prueba sensorial.

Tabla 10. Resultados de la prueba de comparación por pares

COLOR	M1	M2	M3	M4	M5
M2	1.00000	-	-	-	-
M3	2.3e-11	4.7e-08	-	-	-
M4	1.00000	1.00000	3.7e-12	-	-
M5	0.00025	0.03455	0.03455	6.8e-05	-
M6	4.7e-08	3.5e-05	1.00000	9.4e-09	1.00000
SABOR	M1	M2	M3	M4	M5
M2	1.0000	-	-	-	-
M3	0.0021	0.1341	-	-	-
M4	0.3129	1.0000	1.0000	-	-
M5	0.0037	0.2069	1.0000	1.0000	-
M6	0.0852	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
OLOR	M1	M2	M3	M4	M5
M2	1.0000	-	-	-	-
M3	0.1081	0.6472	-	-	-
M4	1.0000	1.0000	0.0047	-	-
M5	0.8842	1.0000	1.0000	0.0722	-
M6	1.0000	1.0000	1.0000	0.2315	1.0000
TEXTURA	M1	M2	M3	M4	M5
M2	1.000	-	-	-	-
M3	0.789	0.023	-	-	-
M4	1.000	1.000	0.057	-	-
M5	1.000	1.000	1.000	1.000	-
M6	1.000	1.000	1.000	0.538	1.000

3.4. Características microbiológicas y fisicoquímicas del yogur con la formulación seleccionada

Las tablas 11 y 12 indican las características microbiológicas y fisicoquímicas evaluadas de la formulación seleccionada por los participantes con mejores resultados en las pruebas organolépticas mediante el análisis de varianza (ANOVA). Esta formulación corresponde al

yogur “M3” elaborado con la adición del colorante de ataco en su dosificación máxima de 1.25 g/100 ml.

Tabla 11. Evaluación microbiológica en la muestra de yogur M3

Parámetros	Método-Técnica	Unidad	Resultado	Requisitos microbiológicos
Coliformes	AOAC 991.14 / PEMSVMBO4	UFC/ml	<10	m: 10
Totales	- Petrifilm			M: 100
E. Coli.	AOAC 991.14 / PEMSVMBO4	UFC/ml	<10	m: <1
	- Petrifilm			
Levaduras	BAM CAP 18 / PEMSVMBO2 -	UP/ml	<10	m: 200
	Recuento en placa			M: 500
Mohos	BAM CAP 18 / PEMSVMBO2 -	UP/ml	<10	m: 200
	Recuento en placa			M: 500

Nota. Fuente: Laboratorio externo

*m: Índice máximo permisible para identificar nivel de buena calidad; M: Índice máximo permisible para identificar nivel aceptable de calidad.

Tabla 12. Evaluación fisicoquímica en la muestra de yogur M3

Parámetros	Método-Técnica	Unidad	Resultado	Requisitos fisicoquímicos
Acidez Total	AOAC 947.05 - Volumetría	%	0.974	0.8-1.0%
Densidad	NTE INEN 1078 - Gravimetría	g/ml	1.08	1.045-1.059 g/ml
pH	NTE INEN-ISO 10523 -	upH	4.35	4.0-4.5
	Potenciométrico			
Proteína	AOAC 954.01 / PEMSVMBO3	%	3.583	2.7% (min)
	- Volumetría			

Nota. Fuente: Laboratorio externo

4. Discusión

4.1. Obtención del colorante extraído a partir de ataco y jamaica

Un estudio realizado por Lucero (2015) investigó la relación entre los grados Brix y el manejo del agua y fertilización en cultivos hortícolas, mostrando que estas prácticas influyen en la acumulación de azúcares solubles. Esto se refleja en una mayor concentración de grados Brix, lo cual no solo mejora el sabor, sino que también incrementa la estabilidad del extracto durante el almacenamiento, reduciendo su susceptibilidad a la degradación. Por lo cual, los resultados obtenidos a partir de la medición de grados Brix de los extractos acuosos de ataco y jamaica presentados en la Tabla 6 revelan diferencias significativas atribuibles a variaciones en las condiciones de cultivo y tratamiento de los mismos, teniendo el extracto de ataco mayor cantidad de sólidos solubles, por lo que se puede afirmar que será más estable en el tiempo durante su almacenamiento.

Para obtener un rendimiento óptimo en el proceso de secado por atomización, es crucial que la solución cargada tenga una alta concentración de sólidos, por lo que, se observa en la Tabla 6 y 7 que la solución acuosa de ataco contiene un valor mayor de grados Brix (17.9%) y a su vez, un mayor rendimiento (8.5%) en comparación con el rendimiento del proceso de secado de la jamaica (6.33%) que presenta un valor menor de grados Brix (11.9%) en su extracto acuoso.

Los valores obtenidos indican que los extractos acuosos de ataco y jamaica tienen una alta concentración de azúcares, que contribuye no solo al sabor, sino también a aspectos sensoriales del yogur, como el color y la textura. Según un estudio reciente, el contenido de sólidos solubles en productos lácteos influye significativamente en su viscosidad; a medida que aumenta la concentración de azúcares, también se incrementa la viscosidad, afectando así la percepción sensorial y la textura del yogur (Wagoner et al., 2018).

La humedad del colorante determina su calidad y estabilidad. En el proceso de secado por aspersión, el control de la temperatura de entrada de aire juega un papel fundamental, ya que temperaturas más altas pueden mejorar la evaporación de agua y, a su vez, afectar las propiedades físicas del colorante, como su fluidez y solubilidad. Un estudio reciente ha demostrado que estas condiciones de secado influyen significativamente en la calidad de las microcápsulas de colorante, lo que es vital para su uso como aditivos alimentarios (Fitriani et al., 2022).

Según Lee et al. (2018), los extractos vegetales en polvo son altamente higroscópicos, lo que puede afectar la calidad y la vida útil del producto. La adición de maltodextrina y otros aditivos

puede mejorar la estabilidad y el rendimiento del proceso de secado por aspersión, contribuyendo a un producto en polvo de mejor calidad y menor higroscopicidad. Por lo tanto, de acuerdo a los resultados obtenidos en la tabla 6 se evidencia que el colorante de ataco presenta una humedad de 2.54%, mientras que, el colorante de jamaica tiene una humedad considerablemente menor de 0.04%.

A su vez, como se observa en la Tabla 7 el secado por aspersión de los extractos acuosos de ataco y jamaica, mostró diferencias en cuanto a su rendimiento. El colorante de ataco obtuvo un rendimiento de 8.5%, superior al rendimiento de 6.33% obtenido del colorante de jamaica, lo cual indica que el ataco podría tener características fisicoquímicas más favorables para el proceso y es más eficiente en términos de extracción y secado. Además, las diferencias rendimientos pueden deberse a factores operativos del equipo de spray drying, como la adherencia del colorante a las superficies internas del mismo, la cual puede ser influenciada por la viscosidad y la composición química del extracto.

Las formulaciones realizadas para la aplicación de los colorantes extraídos a partir de ataco y jamaica al yogur elaborado se plantearon utilizando una metodología empírica con la recopilación de los datos presentados en las Tablas 3 y 4 mediante la evidencia de cambio de color percibida visualmente. Además, se verificó que las formulaciones establecidas se encuentren dentro de los lineamientos de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2395:2011 Leches fermentadas. Requisitos (INEN, 2011). Esta norma establece límites específicos para la adición de sustancias no lácteas, indicando que estas no deben superar el 30% del peso del producto final.

4.2. Evaluación de características organolépticas

De igual manera, los resultados del análisis ANOVA de la Tabla 9 indican que todos los atributos evaluados (color, sabor, olor y textura) presentan diferencias significativas entre las muestras ($p < 0.05$). Esto sugiere que el tipo de colorante y su concentración tienen un impacto notable en las propiedades sensoriales del yogur elaborado. El análisis mostró que el color es el atributo con las diferencias más significativas entre las muestras (valor p más bajo). En general, la muestra M3, con una concentración de 1.25 g de colorante de ataco/100 ml de yogur, obtuvo la calificación más alta, siendo significativamente diferente de todas las demás muestras excepto M6. Este resultado resalta la eficacia del colorante ataco en alta concentración para mejorar la percepción del yogur, corroborando con los resultados mencionados anteriormente, al ser el ataco el extracto acuoso que presenta el mayor valor de grados Brix, parámetro que influye significativamente en la calidad sensorial del yogur.

En términos de sabor, las muestras M3 y M5 tienen las calificaciones más altas, siendo significativamente diferentes de M1. Esto sugiere que el tipo de colorante y su concentración no solo influyen en el color, sino también en el perfil de sabor del yogur. Los colorantes naturales pueden interactuar con los compuestos volátiles del yogur, afectando así su sabor (Díaz-García et al., 2013).

Para el atributo olor, la muestra M3 tiene la calificación más alta, siendo significativamente diferente de M4 (0.25 g de jamaica/100 ml). Este resultado indica que el colorante ataco en alta concentración mejora la percepción olfativa, posiblemente debido a la presencia de compuestos aromáticos en los colorantes naturales (Fernández-García et al., 2012).

Finalmente, en términos de textura, a pesar de que existen diferencias significativas entre las muestras, estas son menos pronunciadas en comparación con los otros atributos. La muestra M3 (1.25 g/100 ml) nuevamente obtuvo la calificación más alta. La textura del yogur es crucial para la aceptación del consumidor.

En la prueba de comparación de pares de la Tabla 10, los resultados revelan variaciones significativas entre los atributos sensoriales evaluados: color, sabor, olor y textura. En particular, el atributo de color muestra diferencias significativas entre la mayoría de combinaciones de muestras, lo que indica una considerable variación en la percepción del color entre ellas.

En contraste, el sabor presenta menos diferencias significativas, destacándose principalmente las diferencias entre M1 y M3 y de igual manera M1 y M5. El olor también muestra pocas diferencias significativas, con las principales variaciones observadas entre M4 y M3/M5. Por otro lado, la textura no presenta diferencias significativas entre pares de muestras, sugiriendo una consistencia en la percepción de este atributo.

A partir de los resultados obtenidos en el análisis ANOVA y como se puede observar evidentemente en la Figura 6, se ha determinado que la formulación de yogur más aceptada por los participantes es la muestra “M3”, correspondiente al yogur con colorante de ataco con una concentración de 1.25 g de ataco/100 ml de yogur. Esta muestra no solo se destacó en términos de color, sabor y olor, sino que también recibió la calificación más alta en textura, evidenciando su superioridad sensorial en comparación con las demás muestras evaluadas.

Por lo que, se ha decidido utilizar la muestra “M3” para realizar los análisis fisicoquímicos y microbiológicos detallados en la sección 3.3. Este tipo de análisis permitirán una evaluación

exhaustiva de las propiedades del yogur y confirmarán la inocuidad y seguridad del producto para su consumo.

4.3. Análisis de características microbiológicas y fisicoquímicas

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 11 del recuento de unidades formadoras de colonias por ml de yogur, la formulación seleccionada como óptima tiene los parámetros dentro del límite de detección, lo cual indica que el producto cumple con los estándares microbiológicos establecidos por la normativa INEN 2395:2011, asegurando un nivel de buena calidad puesto que se encuentra por debajo de 10 UFC/g para los parámetros de coliformes totales y E. coli.

Además, la ausencia de mohos y levaduras demuestra que las condiciones de almacenamiento y los procesos de fermentación se realizaron correctamente, previniendo el crecimiento de estos microorganismos. Estos resultados son coherentes con otros estudios que destacan la importancia de mantener buenas prácticas de manufactura en la producción de productos lácteos fermentados para asegurar la calidad microbiológica (Aleksic et. al, 2024). De igual manera los resultados del análisis microbiológico se encuentran por debajo del rango estipulado por la norma INEN (2011) de 200-500 UFC/g.

Según los resultados obtenidos en la Tabla 12, la acidez es un indicador de la fermentación y calidad del yogur. Un valor de 0.974% está dentro del rango aceptable de acuerdo al rango de acidez establecido por Vásquez-Villalobos, et al (2015) el cual menciona que para el yogur con leche de vaca el rango de acidez es de 0.5%-1.6%, asegurando la elaboración de un producto final con una textura y sabor agradable para el consumidor.

La densidad del yogur está relacionada con su consistencia y viscosidad. Un valor de 1.08 g/ml indica una buena estructura del yogur, puesto que se encuentra cercano al rango propuesto por Grasso et al., (2020) de 1.045-1.059 g/ml. Estudios previos han demostrado que la densidad afecta significativamente la percepción de la calidad en productos lácteos fermentados.

Los valores de pH para el yogur oscilan entre 4.0 y 4.5, por lo que el valor de 4.35 es adecuado para el yogur obtenido. Este parámetro es una característica importante en el desarrollo de productos lácteos e identifica el punto final del proceso de fermentación (Marlapati, 2024).

Un contenido proteico de 3.583% es indicativo de un yogur nutritivo y con buena textura. Las proteínas en el yogur contribuyen a su estructura y estabilidad, afectando directamente la satisfacción del consumidor. De acuerdo con lo establecido en la norma INEN 2395 Leches Fermentadas. Requisitos, el contenido mínimo de proteína en %m/m es de 2.7%, este valor guarda concordancia con el resultado de proteína obtenido mediante el análisis fisicoquímico de la formulación óptima.

5. Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

Los extractos acuosos de ataco y jamaica presentaron diferencias significativas en términos de grados Brix, contenido de humedad y rendimiento. El extracto de ataco muestra un mayor porcentaje de sólidos solubles y rendimiento en comparación con el de jamaica, lo que sugiere mayor presencia de azúcares y una eficiencia superior al someterlo a un proceso de extracción y secado haciéndolo más efectivo para su uso en futuras aplicaciones en la industria. La humedad significativamente menor en el colorante de jamaica indica una mayor estabilidad y vida útil del mismo, aspecto crucial para su uso como aditivo alimentario en futuras aplicaciones.

La diferencia de humedad entre los colorantes posterior al secado podría estar relacionada con la mayor higroscopicidad del extracto de ataco en comparación con el de la jamaica. La menor humedad en el colorante de jamaica sugiere que podría tener una estabilidad superior frente a la absorción de agua, lo que podría traducirse en una mayor durabilidad del producto final.

Las formulaciones de yogur desarrolladas cumplieron con los requisitos establecidos por la norma NTE INEN 2395:2011 Leches Fermentadas. Requisitos, las pruebas preliminares fueron fundamentales para determinar las concentraciones óptimas de los colorantes de ataco y jamaica en el yogur comercial, revelando las cantidades mínimas y máximas necesarias para lograr una coloración adecuada y su máxima intensidad. Los colorantes añadidos con otras sustancias no lácteas, no superaron el 30% en el peso del producto final cumpliendo con lo estipulado en la norma anteriormente mencionada y garantizando la elaboración de un producto de calidad para el consumidor.

Al evaluar las características organolépticas del yogur, producto de las formulaciones, se identificó que la formulación M3, con una concentración de 1.25 g de colorante de ataco por 100 ml de yogur, sobresalió en color, sabor, olor y textura, demostrando la eficacia del colorante ataco en alta concentración para mejorar la percepción sensorial del yogur.

El análisis microbiológico y fisicoquímico del yogur con la formulación seleccionada (M3) confirmó la inocuidad y seguridad del producto final. Los niveles de microorganismos como E. coli, coliformes, mohos y levaduras se encuentran dentro de los límites aceptables, garantizando la seguridad del yogur para su consumo. Además, los parámetros

fisicoquímicos, incluyendo proteína, pH, acidez y densidad, se mantuvieron en rangos adecuados, asegurando un producto balanceado y de alta calidad. Estos resultados corroboran que la formulación seleccionada por los participantes ofrece un yogur atractivo, saludable y seguro satisfaciendo tanto las normas de seguridad alimentaria como las expectativas de los consumidores.

El yogur de mora elaborado con colorantes naturales de ataco y jamaica no solo sería una opción atractiva para los consumidores preocupados por la salud, sino también un producto competitivo en el mercado de alimentos saludables y funcionales a nivel nacional. El presente estudio sustenta la idea del posible uso de colorantes naturales en otro tipo de productos alimenticios con mayor nivel de colorantes artificiales en su composición como son los productos de confitería, esta sería una alternativa viable y beneficiosa, especialmente para personas alérgicas y niños como principales consumidores de los mismos, alineándose con la creciente demanda de productos seguros y saludables.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda ajustar y optimizar los parámetros de trabajo durante el proceso de secado por aspersión de colorantes para mejorar la eficiencia y minimizar las pérdidas de material.
- Los parámetros físico químicos de la leche cruda deben ser tomados por duplicado para confirmar su aceptación para ser usados en el proceso de elaboración del yogur.
- Se recomienda mantener un control constante de la temperatura durante la etapa de incubación del fermento para asegurar un ambiente óptimo para el desarrollo de las bacterias lácticas. Este control es crucial para evitar variaciones en la textura y el sabor del yogur, así como para garantizar la eficacia del proceso de fermentación.
- Llevar a cabo estudios de producción a gran escala para validar su uso en aplicaciones que requieren grandes volúmenes de colorante.

Referencias

- Aguirre, N. (2018). Universidad de las Américas. Desarrollo de un colorante natural desde el fruto del saúco negro (*sambucus nigra*) para uso en la industria alimentaria.
- Aguirre, S. (2022). "USOS DE LA FLOR DE JAMAICA (*Hibiscus sabdariffa*), EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA". <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/19070/1/27T00612.pdf>
- Alcívar, P. O. A. (2016). Evaluación de la acidez titulable en la elaboración de yogurt en base a la norma INEN 2395 en lácteos nacionales. Universidad Técnica de Machala.
- Aleksic, B., Udovicki, B., Kovacevic, J., Miloradovic, Z., Djekic, I., Miocinovic, J., ... y Smigic, N. (2024). Evaluación microbiológica de productos lácteos producidos por pequeños productores lácteos en Serbia. *Foods*, 13 (10), 1456.
- Avalos, C., Daza, J., Delfín, L., Gamboa, J. (2022). Evaluación de la aceptación de yogurt de fresa, aplicando mapeo de preferencias. *Journal of neuroscience andpublichealth*. Vol 2(2): 225-234, 2022. <https://doi.org/10.46363/jnph.v2i2.3>.
- Bücher, C., Burtscher, J., & Domig, K. J. (2021). Propionic acid bacteria in the food industry: An update on essential traits and detection methods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 20(5), 4299-4323.
- Burton, JP, Chanyi, RM y Schultz, M. (2017). Organismos comunes y probióticos: *Streptococcus thermophilus* (*Streptococcus salivarius* subsp. *thermophilus*). En *La microbiota en fisiopatología gastrointestinal* (págs. 165-169). Prensa académica.
- Campo-Fernández, M., et al. (2020). Microencapsulation by spray drying from an extract of the calyces of *Hibiscus sabdariffa* L. *Rev. Colomb. Quim.*, vol. 50, no. 1, pp. 40-50, 2021. <http://www.scielo.org.co/pdf/rcq/v50n1/2357-3791-rcq-50-01-40.pdf>
- Castañeda, R., & Cáceres, A. (2022). Compuestos bioactivos y propiedades terapéuticas de los cálices de rosa de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* Linn). *Revista Científica*. Vol.24. https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/86376470/pdf_352-libre.pdf?1653349987=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DCompuestos_bioactivos_y_propiedades_tera.pdf&Expires=1713547817&Signature=dII0ZY1dy2CqiFPfieB7-mXhXZXtvSciEc9fUMBjp8FYJ2t5PiRvI67dIZXadnfsxtm-g46o0RFPHP3wNL5shDep2sByjBoTyhI3brpeRm04AnddaoPX-uuY3kcP-

MbiLCAHfK7NQEnlyRMPERFXCNlyk3jSJgeWsKQSel~fG95QcTJ5geeBQnCnpKy4uQraG
XqyleVuBMoyY2IYTJ0Cu7DI9J4e9PK4EWwQCvCCkaRZi6h2GkCHvXp6t1S9VsX3RPySAr
qydaAcG5OMQmyHBxpLERXOeAmoqjB5tlhkTnQhsG03QtvHkPSgBRMPPrWtttUashKMqmo
eMlzSj0RQw__&Key-Pair-Id=APKAJLOHF5GGSLRBV4ZA

Conislla, R. (2018). "DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FISICOQUÍMICAS Y PERFIL DE AMINOÁCIDOS DE LA SEMILLA DE ATAJO (*Amaranthus hybridus* L.), PROCEDENTES DE LA COMUNIDAD DE CHOCORVO PROVINCIA DE HUAYTARÁ – HUANCAMELICA". <https://apirepositorio.unh.edu.pe/server/api/core/bitstreams/25e31cc1-336a-473d-8d79-9c5cdc75e766/content>

Canchohuamán, H & Ladera, J. (2010). CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y SENSORIAL DEL YOGURT CON ADICIÓN DE GOMA DE TARA (*Caesalpinia Spinosa*) COMO ESTABILIZANTE A DIFERENTES CONCENTRACIONES.

Coronel, A. (2015). EFECTO DE LAS CONDICIONES DE SECADO POR ASPERSIÓN EN LA OBTENCIÓN DE UN COLORANTE NATURAL A PARTIR DE EXTRACTOS LÍQUIDOS DE CÚRCUMA (*Curcuma longa* L). Universidad Nacional de Colombia. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/53973?show=full>

Chacón-Villalobos, et al. (2013). EFECTO DE LA PROPORCIÓN DE LECHE BOVINA Y CAPRINA EN LAS CARACTERÍSTICAS DEL DULCE DE LECHE. AGRONOMÍA MESOAMERICANA 24(1):149-167. 2013. ISSN: 1021-7444

Enríquez, et al. (2023). IMPACT OF THE USE OF NATURAL COLORS IN THE FOOD INDUSTRY. Revista Científica Agropecuaria. ISSN 2773 - 7608. <https://reciena.esPOCH.edu.ec/index.php/reciena/article/view/48/40>

Flores, M., et al. (2019). ESTRUCTURA Y ESTABILIDAD DE LAS BETALAÍNAS. Interciencia, vol. 44, núm. 6, 2019, pp. 318-325. ISSN: 0378-1844.

Gonzalez, M. (2021). "EXTRACCIÓN DE ANTOCIANINAS A PARTIR DE LA UVA SILVESTRE (*Cissus Verticillata*) PARA SU APLICACIÓN COMO COLORANTE NATURAL EN DERIVADOS LÁCTEOS (YOGURT)". P. 39

Gutiérrez, et al. (2017). Physical chemical analysis of the leaves of eucalyptus camaldulensis and its hydrolizate as a substrate in the production of xylitol. Entre Ciencia e Ingeniería, ISSN 1909-8367. Año 11. No. 22 – Segundo Semestre de 2017, página 76 - 83

Grasso, N., Alonso-Miravalles, L., y O'Mahony, JA (2020). Composición, propiedades fisicoquímicas y sensoriales de yogures vegetales comerciales. *Foods*, 9(3), 252.

Hernández Guiance et al. (2019). FLAVONOIDES: APLICACIONES MEDICINALES E INDUSTRIALES.

https://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/113738/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Hernández, A & Recinos, K. (2022). Extracción y cuantificación de betalaínas en cuatro variedades de pitahaya para colorante alimentario. UNIVERSIDAD DR. JOSÉ MATÍAS DELGADO. P. 32

Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 1529-10. (2013). CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS. MOHOS Y LEVADURAS VIABLES. RECuentOS EN PLACA POR SIEMBRA EN PROFUNDIDAD. Primera edición.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 1529-8. (2013). CONTROL MICROBIOLÓGICO DE LOS ALIMENTOS. DETERMINACIÓN DE COLIFORMES FECALIS Y E. COLI. Primera Edición.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 2395. (2011). LECHE FERMENTADAS. REQUISITOS. Segunda Revisión. Primera Edición.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 9:2012. (2012). LECHE CRUDA. REQUISITOS. Quinta revisión. Primera Edición.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 1334-1. (2014) ROTULADO DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS PARA CONSUMO HUMANO. PARTE 1. REQUISITOS. Cuarta Revisión.

Instituto Ecuatoriano de Normalización. NTE INEN 192:2013. (2013). NORMA GENERAL DEL CÓDEX PARA LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS (MOD). Primera edición.

Iza, E. (2020). Health Benefits of Jamaica Flower. https://www.researchgate.net/profile/Emily-Iza/publication/350710127_Beneficios_de_la_Flor_de_Jamaica_para_la_Salud_Health_Benefits_of_Jamaica_Flower/links/606e16c9299bf1c911b62eed/Beneficios-de-la-Flor-de-Jamaica-para-la-Salud-Health-Benefits-of-Jamaica-Flower.pdf

Izquierdo, J., Arteaga, D., Sánchez, M., et al. Ácidos orgánicos de la rosa de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa* L.): una breve reseña de sus efectos farmacológicos. *Biomedicinas* 2020, 8 (5), 100; <https://doi.org/10.3390/biomedicines8050100>

Jirón, L., Rivas, M. (2020) Comparación de dos prototipos de vino de flor de Jamaica (*Hibiscus sabdariffa*) con adición de licor en el municipio de Camoapa, durante el periodo de agosto a

noviembre del año 2019. Licenciatura thesis, Universidad Nacional Agraria.
<https://repositorio.una.edu.ni/4200/>

Mejía Reinoso, T. J. (2022). Diseño de un proceso tecnológico para la obtención de antocianinas a partir de la Hibiscus sabdariffa (Jamaica) como un proyecto de emprendimiento.
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/15696>

Mena, R. (2019). Determinación de colorantes alimentarios sintéticos en alimentos mediante HPLC/MS. UNIVERSIDAD DE JAÉN.
https://crea.ujaen.es/bitstream/10953.1/10439/1/TFG_Mena_Aranda_Roberto.pdf

Marlapati, L., Basha, R. F., Navarre, A., Kinchla, A. J., & Nolden, A. A. (2024). Comparison of Physical and Compositional Attributes between Commercial Plant-Based and Dairy Yogurts. Foods, 13(7), 984.

Martínez, C., Muentes, J., (2019). "EXTRACCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE UN COLORANTE A PARTIR DEL SANGORACHE (Amaranthus hybridus L.) APLICADO EN UN YOGURT NATURAL". UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

Lawless, H. T., & Heymann, H. (2010). Sensory evaluation of food: principles and practices. Springer Science & Business Media.

Montgomery, D. C. (2019). Design and Analysis of Experiments. John Wiley & Sons.

Morales, H., Sarmiento, D. (2020). Efectos causados en la salud por el uso de colorante tartrazina y el edulcorante ciclamato de sodio en la industria alimentaria y su relación con la bioética.

Lima e Silva et al, (2018). Vista do Avaliação nutricional de caruru (*Amaranthus spp*). Revista Agrarian. ISSN: 1984-2538. <https://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/7770/5349>

López, X. (2021). "UTILIZACIÓN DEL EXTRACTO DE SANGORACHE (Amaranthus quitensis) EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA". ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

López, C., González, C., et al. (2019). STUDY OF THE STABILITY OF THE ANTIOXIDANTS OF THE FLOR DE JAMAICA'S WINE (Hibiscus sabdariffa L) UNDER STORAGE. Artículo Científico-Revista de Ciencias de la Vida. pISSN:1390-3799; eISSN:1390-8596

López Hernández, et al. (2006). Influencia del uso de aditivos sobre el rendimiento del proceso de secado por aspersión de extracto acuoso de Calendula officinalis L.REV CUBANA PLANT MED 2006;11(1)

López, P., Reinate, R., et al. (2021). TENDENCIAS EN LA PERCEPCIÓN DE LOS CONSUMIDORES Y ADQUIRIENTES SOBRE LOS ADITIVOS ALIMENTARIOS. REVISTA DE DIFUSIÓN SOCIO-TECNOLÓGICA. Vol. 9 Núm. 1 (2021), 45-51.

Lucero Bustos, A. L., & Muñoz Betancourt, A. P. (2020). Estabilidad y desempeño del colorante antocianico en yogur natural. Revista De Investigación, 13(1), 33–44. <https://doi.org/10.29097/23461098.306>

Lucero, P. (2015). Efecto del uso de levaduras y concentración de °Brix en las características fisicoquímicas y sensoriales de vino de fresa con miel.

Ramos, E. (2021). “ANTOCIANINAS: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE SU PROCESAMIENTO Y POTENCIAL USO COMO COLORANTE NATURAL EN ALIMENTOS”. Universidad de Chile.

Riera Muñoz, A. G. (2020). Extracción y microencapsulación de antocianinas a partir de la planta sangorache (*Amaranthus quitensis*) (Bachelor's thesis, Universidad Técnica de Ambato. Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos y Biotecnología. Carrera de Ingeniería Bioquímica).

Ríos, S. & Gil, M. (2021). Microencapsulation of Bioactive Compounds in Diverse Matrices by Spray Drying: A Literature Review. TecnoLógicas, vol. 24, nro. 51, e1836, 2021. <http://www.scielo.org.co/pdf/teclo/v24n51/2256-5337-teclo-24-51-206.pdf>

Robles, B. (2019). Población y muestra. ISSN 2617 - 9474. PuebloCont. Vol. 30(1): 245-246, 2019. <http://doi.org/10.22497/PuebloCont.301.30121>

Ochoa, P., & Cosinga, Y. (2023). MICROENCAPSULACIÓN DE ÁCIDO CARMÍNICO MEDIANTE SECADO POR ATOMIZACIÓN. https://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/UNSCH/6012/1/TESIS%20IA311_Och.pdf

Ore Areche, F., Yadav , A., y Aleman, RS (2024). Efectos de la capulina (*C. xalapensis*) en las propiedades microbiológicas, fisicoquímicas y sensoriales del yogur. Dairy , 5 (3), 515-525.

Ortega-Cabello, et al. (2018). USE OF FLAVONOIDS AS ACTIVE INGREDIENT IN FUNCTIONAL FOODS. <https://www.revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/1296/1059>

Palacios, L. (2020). Secado por aspersion de mieles de caña como base para la obtención de productos instantáneos de panela. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/77551/52500964.2020.pdf?isAllowed=y&sequence=1>

Parra, R. A. (2010). BACTERIAS ACIDO LÁCTICAS: PAPEL FUNCIONAL EN LOS ALIMENTOS
BACTÉRIAS ÁCIDO LÁCTICAS: PAPEL FUNCIONAL NOS ALIMENTOS REVIEW LACTIC
ACID BACTERIA: FUNCTIONAL ROLE IN THE FOODS.

Pellicer, M. (2021). Revisión bibliográfica sobre los efectos adversos de los colorantes sintéticos de
2008 a 2021.
<https://riucv.ucv.es/bitstream/handle/20.500.12466/1903/Revisi%c3%b3n%20bibliogr%c3%a1fica%20sobre%20los%20efectos%20adversos%20de%20los%20colorantes%20sint%c3%a9ticos%20de%202008%20a%202021.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Quimbiamba, J. (2023). “Elaboración de una infusión de ataco (*Amaranthus hybridus* L.) y sunfo (*Clinopodium nubigenum*) (Kunth)(kuntze) endulzada con stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni)”.
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA ESTATAL DEL CARCHI.

Quintana, L., Caicedo, P., Arboleda, D. (2023). DITIVOS ALIMENTARIOS: ASPECTOS DE
REGULACIÓN Y SEGURIDAD DE LOS COLORANTES UN ENFOQUE DESDE LA
LEGISLACIÓN ECUATORIANA. RECIENA: REVISTA CIENTÍFICA AGROPECUARIA. ISSN
2773 – 7608.

Ramos, E. (2021). “ANTOCIANINAS: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE SU PROCESAMIENTO Y
POTENCIAL USO COMO COLORANTE NATURAL EN ALIMENTOS”. Universidad de Chile.

Rollán, GC, Gerez, CL y LeBlanc, JG (2019). La fermentación láctica como estrategia para mejorar
los valores nutricionales y funcionales de los pseudocereales. Fronteras en Nutrición , 6 , 98.

Rodríguez, R., et al. (2021). Evaluation of synthetic dyes in beverages marketed in the city of Trujillo
during the period 2018 - 2019. Artículo científico. Volúmen 2. ISSN: 2709-4502.
<https://journalalphacentauri.com/index.php/revista/article/view/46>

Rodríguez, C. M., & Sarabia, C. I. (2012). Efecto del método de fermentación acética en las
características físico-químicas y sensoriales en vinagre de naranja agria (*Citrus x aurantium*)
y piña (*Ananas comosus*) (Doctoral dissertation, Zamorano: Escuela Agrícola Panamericana,
2012.).

Sánchez, E. Castro, D. (2023). Extracción y cuantificación de Antocianinas de maíz morado (*zea
maysl.*) utilizando dos solventes a diferentes temperaturas y tiempos de extracción. Revista
Latinoamericana de Difusión Científica. Volumen 5. Número 8.

- Sáyago, S., Álvarez, E. "Alimentos vegetales autóctonos iberoamericanos subutilizados". (2018). Libro virtual. Capítulo 9: Flor de Jamaica. <https://alimentos-autoctonos.fabro.com.mx/flor-de-jamaica.html>
- Sotelo, R. (2020), EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE AMARANTO (*Amaranthus hybridus* L.) APLICANDO ABONOS ORGÁNICOS Y MINERALES EN TOCHIMILCO, PUEBLA, MÉXICO. UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE MORELOS.
- Torres, L. (2017). EVALUACIÓN DEL EFECTO DE LA ADICIÓN DE LA PECTINA COMO ESTABILIZANTE EN LAS PROPIEDADES FÍSICAS, QUÍMICAS, TECNOFUNCIONALES Y SENSORIALES DEL YOGUR BATIDO.
- Vásquez-Villalobos, V., et al. (2015). Propiedades fisicoquímicas y aceptabilidad sensorial de yogur de leche descremada de cabra frutado con mango y plátano en pruebas aceleradas. *Scientia Agropecuaria* 6 (3): 177 – 189 (2015).
- Wagoner , RS, Taylor, MD y Holt, C. (2018). Reducción de azúcar en yogur: posibilidades tecnológicas y observaciones sensoriales. *Journal of Food Science* , 83(9), 2202-2210 .
- Walker, GM y Walker, RS (2018). Potenciación de las fermentaciones alcohólicas de las levaduras. *Avances en microbiología aplicada*, 105, 87-129.
- Zubairi, S. I., Ishak, N., Sani, N. A., Kasim, Z. M., & Nurzahim, Z. N. (2021). Yogurt drink spoilage profiles: Characterization of physico-chemical properties and coliform potability analysis. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(9), 103340. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2021.103340>
- Zaldúa, R., (2024). Comparación de protocolos de desinfección y propagación para la especie vegetal *Baccharis latifolia* (Ruiz & Pav.) con el uso de yemas axilares. Universidad Politécnica Salesiana.

Anexos

Anexo A.- Extracción y secado por aspersión de los colorantes de jamaica y ataco



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)

Figura A. (a) Extracción acuosa. (b) Preparación de la mezcla de extracto y agente encapsulante. (c) Secado por spray drying. (d) Recolección y pesado de colorante. (e) Análisis de humedad. (f) Colorante final de jamaica y ataco.

Anexo B.- Ficha Técnica cultivo Yo-Flex marca CHR HANSEN

YF-L812

Información de Producto
Versión: 6 PI EU ES 02-03-2018

Descripción

Cultivo termófilo Yo-Flex®.

Composición del cultivo:
Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus
Streptococcus thermophilus

No Material: 677350
Tamaño: 25X200 U
Tipo: Sobre (s) en caja

Color: Blanco a ligeramente rojizo o marrón
Formato: FD-DVS
Aspecto Físico: Granulado

Almacenaje y manipulación
-18 °C / < 0 °F

Vida útil

Como mínimo 24 meses desde la fecha de fabricación cuando se almacena siguiendo las recomendaciones.
A +5°C (41°F) la caducidad es de como mínimo 6 semanas.

Aplicación

Uso

El cultivo producirá un yogur con un aroma muy suave, extra-alta viscosidad y muy baja post-acidificación. Adecuado para la fabricación de yogur firme, batido y líquido.

Dosis de inoculación recomendada

Cantidad de leche a inocular	250 U 66 gal	1,000 U 264 gal	2,500 U 660 gal	5,000 U 1,320 gal	10,000 U 2,640 gal
Cantidad de cultivo DVS	50 U	200 U	500 U	1,000 U	2,000 U

Diseñados para un rendimiento óptimo, la composición y la dosis de inoculación recomendada para este cultivo fueron desarrollados cuidadosamente mediante el uso de cepas microbianas únicas, principios biotecnológicos avanzados y más de 140 años de experiencia acumulada de la industria láctea.

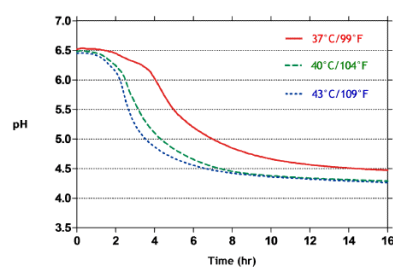
Advertencia: La aplicación de una dosis de inoculación inferior a la recomendada puede causar una variación no deseada en la calidad del producto, una menor eficiencia de producción, pérdidas en el rendimiento del producto, posibles fallos de fermentación y un mayor riesgo de ataques de bacteriófagos.

Directivas para su uso

Sacar el cultivo del congelador justo antes de su utilización. Limpiar la parte superior del sobre con cloro. Abrir el sobre y añadir los gránulos liofilizados directamente al producto pasteurizado mientras se agita suavemente. Agitar la mezcla durante 10-15 minutos para distribuir el cultivo homogéneamente. La temperatura recomendada de incubación es de 35-45°C (95-113°F). Para más información sobre aplicaciones específicas, por favor, consulte nuestros catálogos técnicos y recetas recomendadas.

Información técnica

Acidification curve



Condiciones de fermentación:

Leche entera +2 % leche desnatada en polvo (85°C/185°F, 30 minutos)

Inoculación: 500U/2500L

Métodos analíticos

Los métodos de referencia y analíticos están disponibles bajo petición.

Información dietética

Kosher: Kosher Lácteo exclu. Pascua
Halal: Certificado
VLOG: Conforme

Legislación

Chr. Hansen cumple con los requerimientos generales de seguridad alimentaria establecidos por el Reglamento 178/2002/EC. Las bacterias ácido lácticas son reconocidas de forma general como seguras y pueden ser utilizadas en alimentos, sin embargo, para aplicaciones específicas recomendamos que consulte la legislación nacional.

El producto está destinado a ser utilizado en alimentos.

Seguridad alimentaria

No existe garantía de seguridad alimentaria implícita para aplicaciones de este producto distintas de las indicadas en la sección de utilización. Si desea utilizar este producto en otra aplicación por favor, contacte con su representante de Chr. Hansen para solicitar ayuda.

Etiquetado

Etiquetado recomendado "cultivo ácido láctico" o "cultivo iniciador", sin embargo, la legislación puede variar. Por favor, consulte la legislación local.

(a)

(b)

Figura B. (a) Información del producto. (b) Información técnica.

Anexo C.- Elaboración del fermento madre

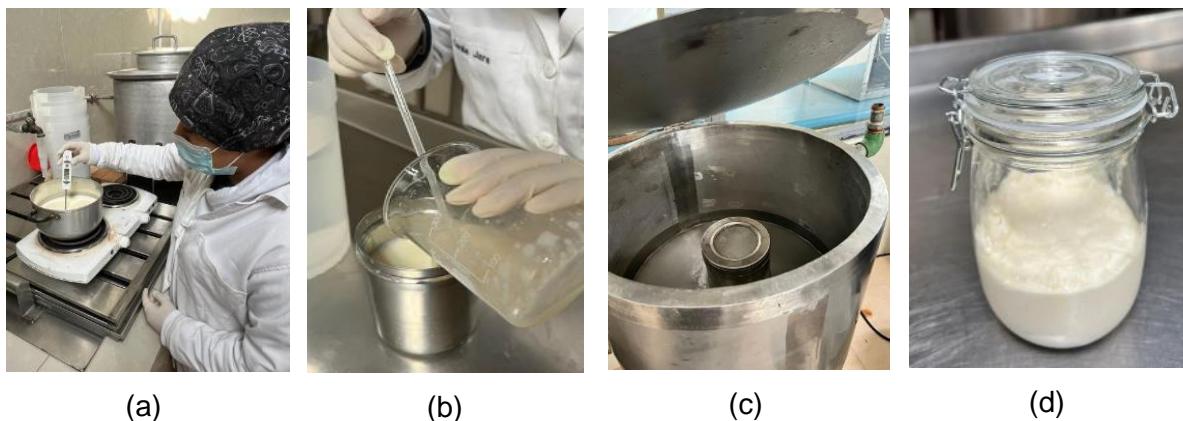


Figura C. (a) Pasteurización de leche cruda. (b) Mezcla de cultivo y leche. (c) Etapa incubación. (d) Fermento madre.

Anexo D.- Parámetros de la leche cruda

Tabla 14. Resultados Milkotester

Muestra para	Fermento	Yogur	
Fecha	21/06/24	01/07/24	
Temperatura	14,2 °C	0,7 °C	
pH	6,52	6,61	
Parámetro	Valor	Valor	Unidad
Grasa	3,8	3,6	%
Sólidos no grasos	7,77	7,84	%
Densidad	1.022	1.022	kg/m3
Punto crioscópico	0,483	0,488	°C
Proteína	2,8	2,8	%
Lactosa	4,1	4,2	%
Sales	0,6	0,6	%
Agua añadida	4,7	3,8	%

Anexo E.- Elaboración del yogur de mora



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

Figura E. (a) Filtración de leche cruda. (b) Dosificación sólidos. (c) Etapa de incubación. (d) pH inicial de la etapa de incubación. (e) Obtención de la pulpa de mora. (f) Dosificación del yogur por experimentaciones. (g) Experimentaciones con 3 dosis de colorante natural. (h) Envasado. (i) Producto final.

Anexo F.- Encuesta aplicada para la evaluación de características organolépticas de las diferentes formulaciones de yogur

Género: Hombre: _____ Mujer: _____ Edad: _____

Estimados panelistas, gracias por participar en esta prueba sensorial que forma parte de nuestro trabajo de titulación. A continuación se les presentarán seis muestras de yogur, utilice la escala de 5 puntos proporcionada para evaluar su nivel de agrado marcando con el número correspondiente para cada uno de los atributos definidos.

Puntaje	Nivel de agrado
5	Me gusta mucho
4	Me gusta
3	No me gusta ni me disgusta
2	Me disgusta
1	Me disgusta mucho

Atributo	M1	M2	M3	M4	M5	M6
Olor						
Color						
Sabor						
Textura						

Anexo G.- Análisis sensoriales

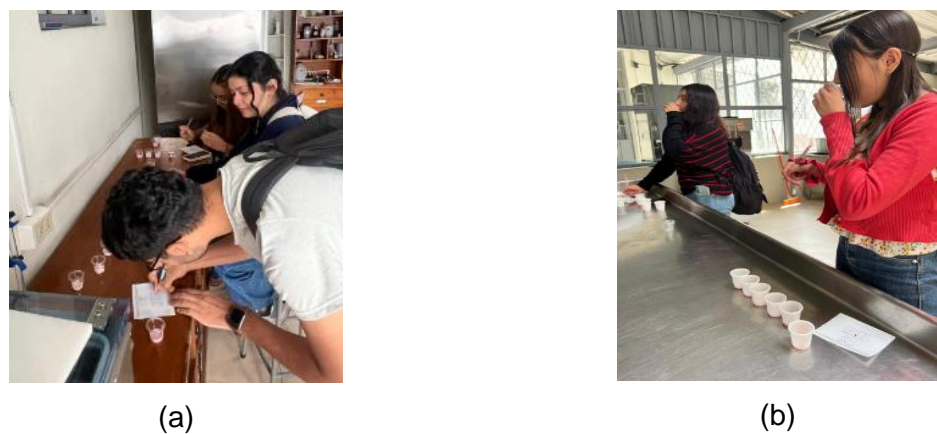


Figura G. (a) (b) Evaluación sensorial del producto final en Laboratorio de Lácteos.

Anexo H.- Análisis microbiológicos y fisicoquímicos del yogur con la formulación “M3”

DATOS DE LA MUESTRA						
*NOMBRE DE LA MUESTRA: YOGUR DE MORA						
*MARCA COMERCIAL: N/A			*FABRICANTE: N/A			
*PROCEDENCIA: CUENCA		*TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO		*TIPO DE ENVASE: POLIETILENO		
*PRESENTACIONES: 250 ml		*FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN		CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%		
CODIGO MUESTRA: OI59424		*LOTE: 04/07/2024		*FECHA ELAB: 2024-07-04		
				*FECHA CAD: 2024-10-04		
FECHA RECEPCION: 2024-07-05		FECHA ANALISIS: 2024-07-05 - 2024-07-15		FECHA ENTREGA: 2024-07-16		
ENSAYO EN: LABORATORIO		MUESTREO: CLIENTE		NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)		
ENSAYOS ANÁLISIS MICROBIOLÓGICOS						
PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA			UNIDAD	RESULTADO	U(K=2)
COLIFORMES TOTALES	AOAC 991.14 / PEMSVM04 - PETRIFILM			UFC/ml	<10	±7.8%
E COLI	AOAC 991.14 / PEMSVM04 - PETRIFILM			UFC/ml	<10	±19.9%
LEVADURAS	BAM CAP 18 / PEMSVM02 - RECuento EN PLACA			UP/ml	<10	±9.3%
MOHOS	BAM CAP 18 / PEMSVM02 - RECuento EN PLACA			UP/ml	<10	±14.3%
*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.						

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

(a)

DATOS DE LA MUESTRA					
¹NOMBRE DE LA MUESTRA: YOGUR DE MORA					
²MARCA COMERCIAL: N/A			³FABRICANTE: N/A		
PROCEDENCIA: CUENCA		TIPO DE MUESTRA: ALIMENTO		⁴TIPO DE ENVASE: POLIETILENO	
⁵PRESENTACIONES: 250 ml		⁶FORMA DE CONSERVACION: REFRIGERACIÓN		CONDICIONES DE ANALISIS: TEMPERATURA AMBIENTE T 25°C ±5, HR 50 ±5%	
CODIGO MUESTRA: OI59424		⁷LOTE: 04/07/2024		⁸FECHA ELAB: 2024-07-04	
⁹FECHA CAD: 2024-10-04					
FECHA RECEPCION: 2024-07-05		FECHA ANALISIS: 2024-07-05 - 2024-07-16		FECHA ENTREGA: 2024-07-16	
ENSAYO EN: LABORATORIO		MUESTREO: CLIENTE		NUMERO DE MUESTRAS: UNO (1)	
ENSAYOS ANALISIS FISICO-QUIMICOS					
PARÁMETRO	MÉTODO - TÉCNICA		UNIDAD	RESULTADO	U(K=2)
*ACIDEZ TOTAL	AOAC 947.05 - VOLUMETRIA		%	0.974	---
*DENSIDAD (PESO/VOLUMEN)	NTE INEN 1078 - GRAVIMETRIA		g/mL	1.08	---
*PH	NTE INEN-ISO 10523 - POTENCIOMETRICO		upH	4.35	---
PROTEINA	AOAC 954.01 / PEMSVM03 - VOLUMETRIA		%	3.583	±18.88%

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

*Fuera del alcance de la acreditación. **Subcontratado acreditado. ***Subcontratado no acreditado. U:INCERTIDUMBRE.

(b)