

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**APLICACIÓN TECNOLÓGICA DEL FRUTO CAPULÍN (*Conostegia xalapensis*)
COMO INGREDIENTE FUNCIONAL EN LA ELABORACIÓN DE YOGUR
NATURAL**

POR:

CHEYLI CECILIA MOLINA ELVIR

ANTEPROYECTO DE TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

MAYO 2023

APLICACIÓN TECNOLÓGICA DEL FRUTO CAPULÍN (*Conostegia xalapensis*)
COMO INGREDIENTE FUNCIONAL EN LA ELABORACIÓN DE YOGUR
NATURAL

POR:

CHEYLI CECILIA MOLINA ELVIR

JHUNIOR ABRAHAM MARCÍA FUENTES M. Sc.

Asesor Principal

ANTEPROYECTO DE TESIS

PRESENTADO A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO DE PRÁCTICA PROFESIONAL SUPERVISADA

CATACAMAS

OLANCHO

MAYO 2023

CONTENIDO

I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
2.1. Objetivo General.....	2
2.2. Objetivos específicos.....	2
III. HIPÓTESIS	3
3.1. Pregunta problema	3
IV. MARCO TEÓRICO	4
4.1. Alimentos funcionales	4
4.2. Análisis sensorial	4
4.3. Percepción sensorial	5
4.4. La leche	5
4.5. Productos lácteos fermentados.....	6
4.6. Yogur	7
4.6.1. Beneficios del yogur para la salud.....	7
4.6.2. Enriquecimiento del yogur con ingredientes funcionales.....	8
4.7. Melastomatóceas.....	8
4.8. Capulín (<i>Conostegia xalapensis</i>)	9
4.8.1. Especies	9
4.9. <i>Miconia</i>	10
4.10. Colorantes naturales	10
4.11. Antocianinas.....	11

4.11.1. Estructura de las antocianinas.....	11
V. MATERIALES Y MÉTODOS	12
5.1. Lugar de investigación	12
5.2. Materiales y equipo	13
5.3. Método	14
5.4. Metodología.....	14
5.5. Diseño experimental	20
5.6. Análisis estadístico.....	21
VI. PRESUPUESTO.....	20
VII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES	21
VIII. BIBLIOGRAFÍA.....	22
ANEXOS.....	26

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de ingredientes en alimentos está tomando un nuevo enfoque, ya que los consumidores tienen un creciente interés por su salud y bienestar, derivado de la preocupación por incluir en su alimentación diaria, alternativas que contribuyan a elevar su nivel de satisfacción; por lo que la industria de alimentos se está enfocando en buscar soluciones que les permitan satisfacer estas necesidades, lo cual brinda la oportunidad para el desarrollo de ingredientes funcionales que fortalezcan las propiedades sensoriales y físicas de los alimentos (Espinosa & Martínez, 2015).

El capulín es un fruto color morado, con pequeñas semillas en su interior y de textura blanda, actualmente no se le han hecho muchas investigaciones, por lo tanto, no hay datos exactos de sus características químicas y de su valor nutricional, pero que por su aspecto se sabe que contiene antocianinas lo cual puede ser beneficioso para poder añadirlo en un alimento en este caso yogur.

Con el propósito no solo de evitar daños a la salud de las personas con colorantes artificiales, sino de ofrecerles una nueva propuesta de desayuno con más y mejores nutrientes, se pretende evaluar la incorporación del extracto natural del fruto de capulín (*Conostegia xalapensis*), como ingrediente funcional para el desarrollo de un yogur con aceptación sensorial y calidad nutricional, el cual se pretende posicionar en una alternativa para los consumidores que gustan alimentarse de manera sana.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar la incorporación del extracto natural del fruto de capulín (*Conostegia xalapensis*), como ingrediente funcional para el desarrollo de un yogur con aceptación sensorial y calidad nutricional.

2.2. Objetivos específicos

Obtener harina del fruto de *C. xalapensis*, mediante deshidratación continua.

Extraer un colorante natural del *C. xalapensis* a partir de arrastre de vapor.

Desarrollar tres diferentes formulaciones de yogur incorporando el extracto de *C. xalapensis* como colorante y un yogur comercial como control.

Evaluar el perfil sensorial de las formulaciones a partir de instrumento sensorial en consumidores.

III. HIPÓTESIS

3.1. Pregunta problema

El colorante de origen natural obtenido del fruto capulín (*Conostegia xalapensis*) es adecuado para ser usado como sustituyente de un aditivo artificial en la elaboración de un yogur funcional y con aceptación sensorial.

H₀: No es adecuado el uso del colorante natural extraído del capulín como sustituyente de un aditivo artificial en el desarrollo de un yogur funcional y con aceptación sensorial.

H_A: El colorante natural extraído del capulín se puede usar para incorporarlo en un yogur funcional y con aceptación sensorial.

IV. MARCO TEÓRICO

4.1. Alimentos funcionales

El término “alimento funcional” fue acuñado en la década de 1980 en Japón, donde el ministerio de salud, trabajo y bienestar definió una serie de normas para denominar una categoría especial de alimentos llamada FOSHU alimentos para usos específicos en salud y se definieron como aquellos que contienen ingredientes con funciones saludables que favorezcan una o más funciones fisiológicas, mejorando el estado físico y/o reduciendo el riesgo de enfermedad (Centeno & Leyton, 2022).

Los alimentos funcionales se caracterizan por contener en su matriz componentes con actividad biológica capaces de mejorar la salud y bienestar de los consumidores. Además, el consumo de alimentos funcionales ricos en antioxidantes se propone como coadyuvante en la prevención de enfermedades virales. Los principales efectos benéficos se asocian con la presencia de compuestos fenólicos, flavonoides, carotenoides, fibra dietética, ácidos grasos, prebióticos y probióticos. Por lo que, el consumo de alimentos funcionales son una alternativa para mejorar la salud (Villagrán *et al.*, 2022).

4.2. Análisis sensorial

La evaluación sensorial para la industria de alimentos es una actividad clave en el desarrollo de productos que permite conocer expectativas y necesidades de los consumidores. Desde el punto de vista técnico, la evaluación sensorial es la ciencia que se encarga de percibir las características organolépticas de los alimentos (color, olor, sabor y textura) por medio de los

sentidos del organismo. La evaluación sensorial de alimentos se lleva a cabo por medio de diferentes pruebas, dependiendo del tipo de información que se requiera (Oviedo, 2019).

4.3. Percepción sensorial

La percepción se define como: La capacidad de la mente para atribuir información sensorial a un objeto externo a medida que la produce. Entonces la valoración de un producto alimenticio se percibe a través de uno o de dos o más sentidos. La percepción de cualquier estímulo ya sea físico o químico, se debe principalmente a la relación de la información recibida por los sentidos, denominados también como órganos receptores periféricos, los cuales codifican la información y dan respuesta o sensación, de acuerdo a la intensidad, duración y calidad del estímulo, percibiéndose su aceptación o rechazo (Cerretero, 2014).

4.4. La leche

La leche es un alimento que tiene una importante cantidad de macronutrientes de gran biodisponibilidad, accesible y de relativo bajo costo. La leche es el único alimento diseñado por la naturaleza específicamente como tal para cubrir los requerimientos nutrimentales de las crías de los mamíferos. Culinariamente es un alimento versátil y sus propiedades le permiten ser transformado en productos de muy diferentes características que aportan variedad a la dieta (quesos, yogur, jocoque, crema, mantequilla) y son de más Fácil conservación que su materia prima (Uscanga-Domínguez & Vázquez-Frias, 2019).

La leche es una buena fuente de proteínas (Aminoácidos esenciales), grasa (Ácidos grasos insaturados), vitaminas y minerales. El valor nutricional de los alimentos no solo depende del nutriente del contenido, sino también sobre la biodisponibilidad y la contribución de estos nutrientes a la ingesta diaria recomendada, datos que se representan en la tabla 1. Como tal, el valor nutritivo de la proteína depende de su digestibilidad y su contribución la ingesta de aminoácidos esenciales. El 80% de proteínas consiste de caseína. Las otras proteínas de la

leche, suero de leche o proteínas de suero tienen importantes propiedades fisiológicas (Serrano Riaño & Narváez, 2015).

Tabla 1. Contribución de la leche al aporte recomendado del nutriente (%)

Nutrientes	De 18 meses a 4 años	De 4 a 18 años
Calcio	46,9	28,3
Cinc	25	13
Fosforo	32,7	16,4
Magnesio	22,2	10,3
Potasio	25,6	13
Proteína	24	11
Riboflavina (B12)	37,7	24,8
Vitamina A	30,5	10,9
Vitamina B12	39,7	36,6
Vitamina B6	22,5	9,4
Yodo	39,6	33,7

Fuente: (Serrano Riaño & Narváez, 2015).

4.5. Productos lácteos fermentados

La fermentación de la leche se ha utilizado desde la antigüedad como método de conservación. Se emplea para conseguir productos nuevos, con mejores características organolépticas y con mayor aceptación por parte de los consumidores. Además, la fermentación mejora la seguridad microbiológica de los distintos productos, puesto que inhibe el crecimiento de microorganismos patógenos. Los productos lácteos fermentados se obtienen al añadir a la leche de cualquier tipo, vaca, cabra, oveja, búfala, cultivos de bacterias lácticas (San Martín, 2020).

Debido al contenido nutricional y los beneficios en salud atribuidos al consumo de derivados lácteos, la industria alimentaria ha desarrollado diferentes lácteos funcionales para potenciar aún más la calidad de los productos y de esta forma impactar positivamente la salud de los consumidores. En la actualidad existen productos lácteos con características funcionales

como ser; bebidas fermentadas, el yogurt, el queso, los helados, algunos postres a base de leche, mantequilla, untables, entre otros (Villamil *et al.*, 2020).

La demanda de los consumidores por productos lácteos prebióticos se debe a que además de conservar el valor nutritivo, ayudan a mantener el estado de salud general del organismo y al mismo tiempo pueden tener un efecto benéfico adicional y preventivo en el huésped. Los prebióticos pueden ser definidos como un ingrediente alimentario no digerible que afecta beneficiosamente al cuerpo mediante la estimulación selectiva del crecimiento y de la actividad de un número limitado de bacterias en el colon (Santillan *et al.*, 2014).

4.6. Yogur

Según Carolina, (2015), el yogur es un producto lácteo obtenido mediante la fermentación bacteriana de la leche, en el cual se puede emplear cualquier tipo de leche, pero la más predominante para la producción es la leche de vaca. Además, Díez *et al.*, (2020) resalta que el yogur es un alimento producido por la acidificación bacteriana de *Streptococcus thermophilus* y *Lactobacillus bulgaricus* que se desarrollan en simbiosis. Es el *S. thermophilus* el que inicia la fermentación láctica, se desarrolla muy intensamente hasta un pH de 5,5 y crea las condiciones ideales para que se desarrolle *L. bulgaricus*.

4.6.1. Beneficios del yogur para la salud

El yogur posee muchos beneficios para mejorar la salud (Massuh & Arreaga, 2018). Según Babio & Jordi (2017), el yogur es un alimento cuyas propiedades nutricionales le otorgan características que lo hacen único, la elevada densidad nutricional le proporciona la capacidad de ser una clara ayuda para cubrir los requerimientos de diversos nutrientes más allá del Ca y que el consumo de yogur se asocia inversamente a diversos factores de riesgo cardiovascular incluso en su versión entera y a un patrón alimentario y estilo de vida saludable.

4.6.2. Enriquecimiento del yogur con ingredientes funcionales

La fortificación o enriquecimiento de alimentos se define, de acuerdo al Codex Alimentarius, como “la adición de uno o más nutrientes esenciales en el alimento, con el fin de prevenir o corregir una deficiencia. El enriquecimiento de los alimentos es uno de los procesos más importantes para mejorar la calidad y la cantidad de los nutrientes en los alimentos. Puede ser una intervención de salud pública muy rentable. Debido a la elevada tasa de consumo de productos lácteos como el yogur, el enriquecimiento de estos productos reducirá o prevendrá eficazmente las enfermedades asociadas a las deficiencias nutricionales (Ramírez & Muñoz, 2017).

El ser humano requiere de la ingesta de pequeñas cantidades de vitaminas para su adecuado desarrollo, desempeño de funciones fisiológicas, mantenimiento del sistema inmune y en general para conservar su estado de salud a lo largo de todas las etapas de la vida; es por esto que se hace necesario que en la dieta se incluyan alimentos fuentes de vitamina A y a su vez se aumente el uso de alimentos fortificados con dicha vitamina, para así prevenir enfermedades relacionadas con su déficit (Meza & Mora, 2019).

4.7. Melastomatáceas

Es una de las familias de plantas con flores que presenta mayor riqueza, con alrededor de 180 géneros y 4500 especies. El género más diverso de esta familia en la región neotropical es *Miconia* con aproximadamente 1050 especies. Esta gran riqueza permite que dentro de la familia se presente una diversidad de tipos de frutos los cuales de manera general pueden ser clasificados como bayas y cápsulas, y estos a su vez generan una diferencia en los requerimientos germinativos de las especies (Fernández *et al.*, 2020).

Melastomataceae se caracteriza morfológicamente por sus hojas opuestas, curvinerviadas y sin estípulas; sus estambres suelen tener apéndices especiales que distinguen a las especies y los cuales pueden jugar un papel importante en la atracción de los polinizadores. Las especies

de estos géneros suelen crecer en sitios húmedos y boscosos de las cordilleras (a veces también en sabanas húmedas y potreros), muchas veces sobre suelos profundamente lixiviados y ácidos, ricos en aluminio, o sobre materia orgánica (hojarasca y troncos en descomposición) y aún sobre suelos turbosos (Sáenz & Cifuentes, 2015).

4.8. Capulín (*Conostegia xalapensis*)

La *Conostegia xalapensis* es uno de los grupos más grandes de melastomatáceas con muchas especies, actualmente asignadas a 16-19 géneros, es estrictamente neotropical y se ha definido tradicionalmente por la presencia de frutos de baya (Michelangeli *et al.*, 2018).

El capulín es un fruto color morado de textura blanda, actualmente no se han hecho investigaciones, por lo tanto, no hay datos exactos de sus características químicas y de su valor nutricional. Según Castro & Sosa (2009), los frutos de *Conostegia xalapensis* son característica de plantas dispersas por aves frugívoras, además este fruto crece en árboles de 0.5 a 12 m de altura con tallos apicalmente aplanados que se vuelven teretes con la edad y que están cubiertos por un denso tomento de tricomas sésiles estrellados, con hojas de un par igual a ligeramente desigual en longitud, pecíolos de 0.5 a 5.1 cm de largo.

4.8.1. Especies

Un análisis filogenético molecular reciente identificó un clado que contenía todas las especies de *Conostegia*, pero que también incluía especies de *Clidemia* y *Miconia* anidadas en su interior. En total se reconocen 77 especies de *Conostegia*. Se proponen veintinueve nuevas combinaciones para las especies de *Clidemia* y *Miconia* que caen dentro de *Conostegia*. Se proponen dos nuevos nombres para las dos especies para las que anteriormente se ocupaba el epíteto en *Conostegia*. Se propone una clasificación infragenérica de *Conostegia* reconociendo tres secciones con base en los resultados de la filogenia molecular (Kriebel, 2016).

4.9. *Miconia*

La tribu *Miconieae* (Melastomataceae) es un clado del Nuevo Mundo compuesto por aproximadamente 1800 especies que es más diversa en las regiones montañosas del Caribe y América Central y del Sur. Estudios filogenéticos recientes han demostrado que la mayoría de los géneros actualmente reconocidos con este clado son polifiléticos, con unas pocas excepciones. Asimismo, se ha demostrado que la mayoría de los caracteres morfológicos utilizados tradicionalmente para diagnosticar estos géneros son altamente homoplásticos (Majure *et al*, 2015).

4.10. Colorantes naturales

Un colorante es una sustancia utilizada como aditivo en un alimento para recuperar su color, perdido tras un procesamiento industrial, para acentuar el color original o para dotarle de un color más atractivo. Los colorantes pueden ser naturales, si son extraídos de una sustancia vegetal, animal o mineral, o sintéticos, si son productos modificados química o físicamente. Entre los colorantes naturales se distinguen los hidrosolubles, solubles en agua, los liposolubles o solubles en la grasa, y los minerales (Tabla 2) (Juan, 2013).

Tabla 2. Tipos de colorantes naturales

COLORANTES NATURALES HIDROSOLUBLES	
Curcumina	Riboflavina, lactoflavina
Cochinilla o ácido carmínico	Caramelo
Betalaina o rojo de remolacha	Antocianos
COLORANTES NATURALES LIPOSOLUBLES	
Clorofila	Carotenoides
Xantofilas	
MINERALES	
Carbón vegetal	Carbonato cálcico

Dióxido de titanio	Óxido e hidróxido de hierro
Aluminio	Plata
Oro	

Fuente: (Juan, 2013).

4.11. Antocianinas

Las antocianinas son pigmentos comúnmente encontrados en flores y frutos de muchas plantas (Meneses *et al.*, 2019). Las antocianinas más comunes se obtienen por extracción de productos como moras, fresas, grosellas, uvas, frambuesas o maíz negro, de los cuales se elaboran bebidas, queso, confituras, helados de agua, yogur, productos lácteos aromatizados, entre otros. Estos colorantes no generan efectos secundarios al consumidor, por lo que son una excelente alternativa para los colorantes artificiales. igualmente, las antocianinas son investigadas por su rol antioxidante (Bustos & Betancourt, 2020).

4.11.1. Estructura de las antocianinas

Las antocianinas están consideradas dentro del grupo de los flavonoides, tienen el mismo origen biosintético, pero difieren en que absorben fuertemente en la región visible del espectro. Como las antocianinas pertenecen al grupo de los flavonoides, su estructura química está formado por un esqueleto que contiene quince carbonos (C6 - C3-C6), ordenados en dos anillos aromáticos (anillo A y anillo B) unidos por un tercer anillo que consta de tres carbonos y un oxígeno (Aranibar, 2013).

Específicamente, la estructura de las antocianinas la constituye el 2-fenilbenzopirilo, también conocido como ion flavilio, consta del primer anillo bencénico ligado al pirilo que forman un benzopirilo, el grupo benzopirilo está ligado con un segundo anillo bencénico, la unión y formación de esta estructura se denomina flavilio. Hoy en día se han identificado en la naturaleza cerca de 540 pigmentos antociánicos (Aranibar, 2013).

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Lugar de investigación

El trabajo se realizará en las instalaciones de la Universidad Estatal de Luisiana (LSU) (Figura 1), ubicada en Baton Rouge, East Baton Rouge Parish, Luisiana, Estados Unidos de América, se encuentra localizada a 8 km de la LSU Botánica Garden Ione Conference Center y a 91 km de la Lafayette KOA.



Figura 1. Instalaciones de la Universidad Estatal de Luisiana vía satélite

Fuente: Google maps, 2023.

5.2. Materiales y equipo

Se utilizará como materia prima la fruta de capulín (*Conostegia xalapensis*), adquirida en la comunidad Carricillo Abajo, ubicada en Juticalpa, Olancho, la fruta antes mencionada será sometida a procesos donde se le extraerá el colorante natural y será deshidratada para luego triturarla y de esta forma obtener harina. La fruta será recolectada de diferentes arboles durante todo el mes de Mayo, luego se hará una clasificación manual para eliminar todos aquellos frutos verdes o las impurezas propias de la recolección.

Yogur: se elaborará yogur natural con leche de vaca, haciendo uso de un cultivo termófilo. El cultivo contiene una mezcla de cepas definidas de *Streptococcus thermophilus*, *Lactobacillus delbrueckii subsp. lactis* y *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*, mezclados en forma de gránulos liofilizados.

Tabla 3. Materiales y equipo usados durante la investigación.

Materiales y equipos	Especificaciones
Beaker	Marca Pyrex, capacidad de 25, 50 y 250 ml.
Deshidratador	Marca Catania, (China) temperatura de 35 a 90 °C, capacidad de 0.8 m ³ y 10 estantes con bandejas de malla de 396x396 mm.
Mecheros	Mechero de alcohol. con tapón de rosca y capacidad de 120 ml.
Alcohol	Marca Hinduchem, solución al 70, 90 y 96%.
pH-metro	Marca Preslutron, escala de 0-14.
Molino	Marca corona (México, DF.) granulometría entre 600 y 900 µm.
Bomba de vacío	Marca biobase, caudal 30 l/min, potencia 160 kW y Presión de 50 mbar.
Viales	Marca Fisher Scientific, capacidad de 10 ml
Evaporador rotatorio	Marca Phoenix, capacidad de 1,700 rpm.

Balanza digital	Marca Brecknell, capacidad máxima de 12lb y 6kg.
Centrifugadora	Marca Nuve NF-48, velocidad de 12.000 rpm, 14.000 rpm (75.398,2 rad.min ⁻¹).
Leche	Proveniente de supermercados.
Fruta de capulín	Obtenido en Carricillo Abajo, Juticalpa.
Papel filtro	Marca Brew rite, 200 filtros.
Papel aluminio	Marca Fans de 8.33 yds x 12 in.
Medio de cultivo	Marca YoFlex Mild 1.0.
Cámara	Teléfono, marca Samsung A32.
Tamizador	Marca Nexopart con marco de acero inoxidable de 100 mm de diámetro.

Fuente: propia

5.3. Método

Para el desarrollo de esta investigación se empleará el método mixto (cualitativo-cuantitativo), de orden transversal a escala de laboratorio.

5.4. Metodología

Para el cumplimiento de los objetivos de investigación, se empleará tres fases experimentales descritas a continuación:

Fase 1. Obtención de la harina del fruto de capulín

Para esta fase se empleará la metodología propuesta por Rodríguez *et al.*, (2020) con ligeras modificaciones, a partir de 1 kg patrón de Capulín previamente lavado, pesado y seleccionado, se procederá a secado en un deshidratador (Catania, China), durante 50 h a 50 °C $\pm$ 5 °C, formulando la curva de secado cada 60 min, finalmente se homogenizará el tamaño

de partículas de las muestras, mediante un molino (Corona, México, DF.) y se envasarán al vacío hasta el momento de los análisis (Figura 2).

Diagrama de flujo para la obtención de la harina

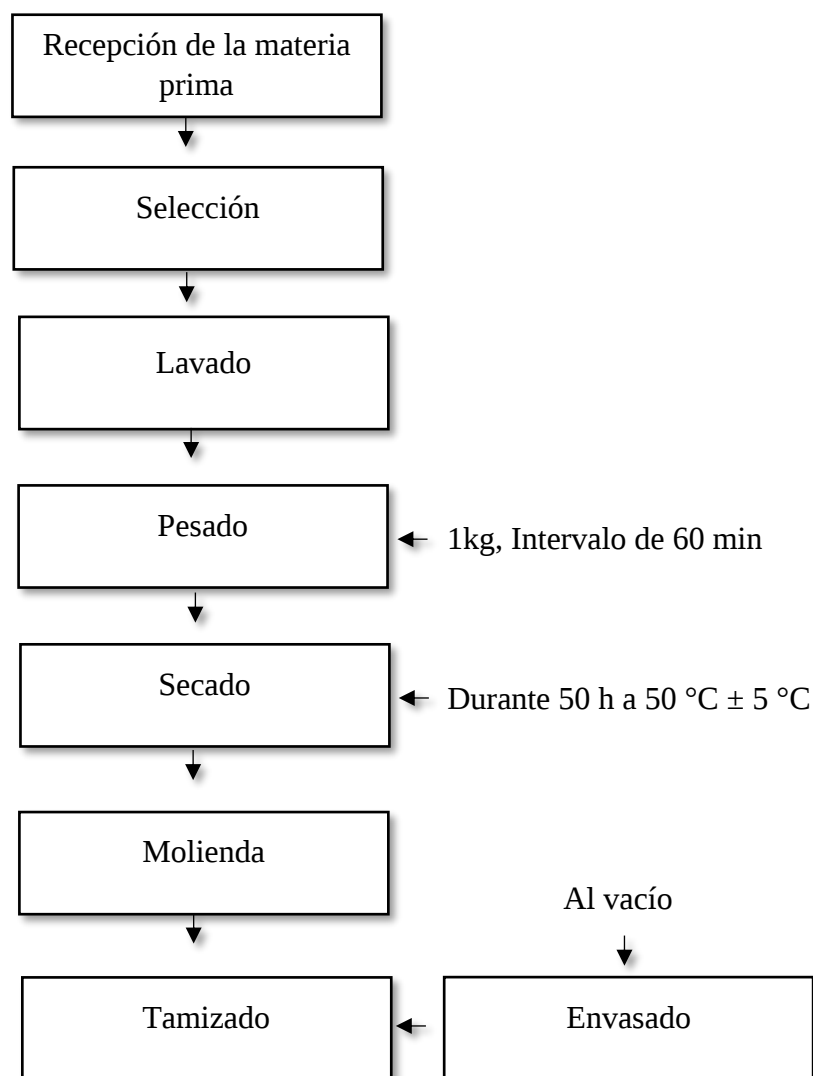


Figura 2. Diagrama de flujo para obtener harina de capulín

Fuente: propia.

Descripción de operaciones para la obtención de harina

Recepción de la materia prima. Se recibe la fruta de capulín, verificando previamente que cumpla con todos los requisitos de calidad.

Selección. Se selecciona manualmente la fruta, eliminando cualquier anomalía o fruto verde que pueda estar presente.

Lavado. En esta etapa procedemos a lavar manualmente la fruta y desinfectar con hipoclorito de sodio al con mucho cuidado la fruta.

Pesado. El pesado se hace justamente después de que hallamos lavado y desinfectado la fruta la fruta es pesada en una balanza digital.

Secado. En esta etapa la fruta será llevada a un deshidratador eléctrico, durante 50 h a $50\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Molienda. Procedemos a moler el capulín con la ayuda de un molino de mano.

Tamizado. El tamizado lo haremos con la intención de obtener una harina más refinada, este paso se hará manualmente con tamizador de cocina.

Envasado. El envasado se hace con la intención de prolongar la vida útil a un producto, en este caso se hará un envasado al vacío.

Almacenamiento. La harina se almacenará en un lugar seco y fresco.

Fase 2. Obtención de colorante natural mediante arrastre de vapor

Para la obtención de colorante natural se usará la metodología de (Mendoza *et al.*, 2023). Se prepararán 15 tratamientos por triplicado en viales de 10 ml en las cuales el polvo de capulín se homogenizará con soluciones extractoras de 3 diferentes concentraciones de etanol, siendo la proporción de sólido a disolvente (1:20 p/v). Posteriormente cada muestra se colocará en un tubo para centrífuga de 15 ml, luego se rotulará con el número de tratamiento y se almacenarán a $4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Después se llevarán a lixiviación en un limpiador ultrasónico a diferentes temperaturas y tiempo de extracción. Posteriormente se separará el extracto utilizando una centrifugadora a 5000 rpm durante 10 minutos a temperatura de $17\text{ }^{\circ}\text{C}$. Los sobrenadantes se

filtrarán utilizando una bomba de vacío y papel filtro, las réplicas de cada tratamiento se combinarán en un matraz volumétrico de 50 ml y finalmente se almacenarán a 4 °C.

Fase 3. Optimización de la EAU mediante metodología de superficie de respuesta

Se empleará el diseño de superficie respuesta Box-Behnken con tres niveles y tres factores para investigar la asociación de las variables independientes de extracción (temperatura, tiempo y concentración de etanol) y el rendimiento de antocianinas y polifenoles totales para luego obtener las condiciones óptimas de extracción (Tabla 4) (Mendoza *et al.*, 2023).

Tabla 4. Diseño Box-Behnken para variables independientes

Tratamiento	Niveles		
	-1	0	+1
Temperatura (°C)	40	50	60
Tiempo	20	25	30
Concentraciones (%)	20	30	40

Fuente: (Mendoza *et al.*, 2023).

Fase 4. Extracción optimizada del colorante

Una vez ya obtenidos los parámetros óptimos de extracción con la proporción (1:20 p/v) se homogenizarán en un matraz volumétrico de 1000 ml, 50 g de polvo de capulín en 1000 ml de solución extractora óptima y se dejará en maceración por 5 horas. Posteriormente, se separará en tubos para centrífuga de 15 ml en proporciones de 12 ml y se llevará a ultrasonido por el tiempo y temperatura óptima. Además, se centrifugará a 5000 rpm durante 10 minutos. Los extractos se filtrarán con una bomba de vacío y se concentrarán a 65 °C utilizando un evaporador rotatorio a 70 rpm. Finalmente, se almacenará a 4 °C para su posterior aplicación al yogur.

Fase 5. Realización de las formulaciones de yogur coloreado

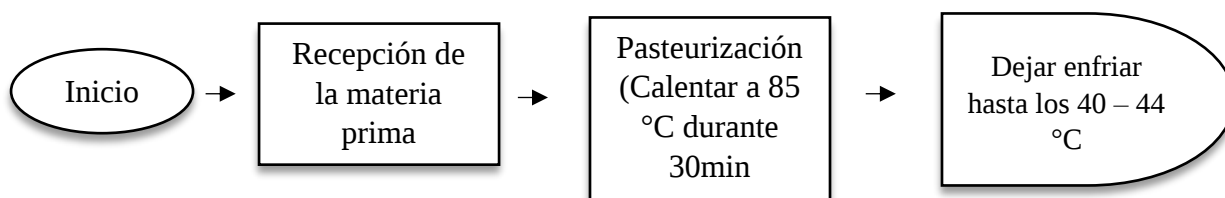
Para la elaboración del yogur se procederá a filtrar y calentar la leche (14 L) hasta alcanzar los 50 °C para adicionar el azúcar (1.35 kg). Posteriormente, se realizará la pasteurización A 85 °C durante 30 min, se dejará enfriar hasta alcanzar una temperatura de 40-44 °C y se le adicionará el cultivo marca (YoFlex 1.0), se llevará a la incubadora durante 4 horas y finalmente, se realizarán 3 formulaciones de yogur coloreado a concentraciones de 2, 4 y 6% más el control (yogur con 0% de colorante natural) (Figura 3) siguiendo la metodología propuesta por (Mendoza *et al.*, 2023).

Tabla 5. Formulación de yogur coloreado

Formulación (% colorante adicionado)	Código
2	396
4	4285
6	540
Control	678

Fuente: (Mendoza *et al.*, 2023).

Diagrama de flujo para la elaboración de yogur



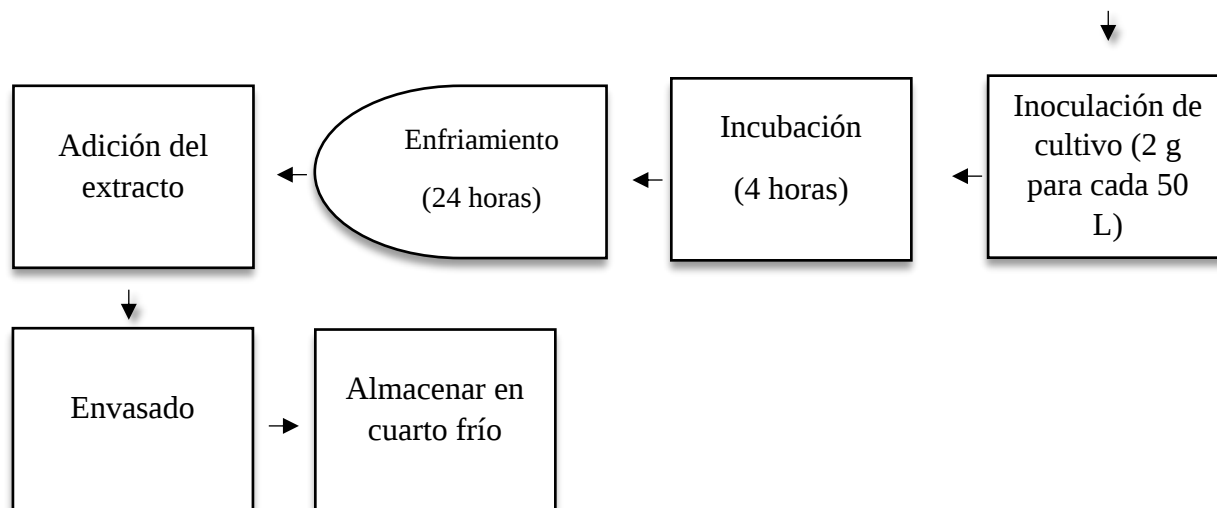


Figura 3. Diagrama de flujo para elaborar yogur

Fuente: propia.

Descripción de operaciones para la elaboración de yogur

Recepción de la materia prima: Se recibe la leche verificando previamente que cumpla con todos los requisitos de calidad.

Pasteurización: se pasteurizará la leche a 85 °C por 30 min.

Pre - enfriamiento: Se enfriará hasta alcanzar una temperatura de 40 – 44 °C

Inoculación: se inocula 2 % de cultivo láctico y se mezcla durante minutos.

Incubación: se incuba durante 4 horas a 45 °C para que alcance la acidez correcta.

Frutado: se agrega la fruta y chía.

Envasado: Se procede a envasar el yogur.

Almacenamiento: Se incuba el yogur firme hasta alcanzar una acidez de 0.9 a 1.00 y se almacena en un cuarto frío.

Fase 6. Evaluación de la aceptabilidad del yogur, mediante perfil sensorial en consumidores

El perfil sensorial en consumidores se realizará con 75 juicios en consumidores, mediante una prueba hedónica de 9 puntos para describir las variables color, aroma, sabor, consistencia y aceptabilidad general (Tabla 6). A cada consumidor se le entregarán las 3 formulaciones y el control en un orden de servido establecido por permutaciones preliminares siguiendo la metodología propuesta por (Mendoza *et al.*, 2023).

Tabla 6. Escala hedónica de 9 puntos

Puntaje	Escala de medición
9	Gusta extremadamente
8	Gusta mucho
7	Gusta moderadamente
6	Gusta ligeramente
5	Ni gusta ni disgusta
4	Disgusta ligeramente
3	Disgusta moderadamente
2	Disgusta mucho
1	Disgusta extremadamente

Fuente: propia.

5.5. Diseño experimental

El diseño de superficie de respuesta Box-Behnken para la optimización constará de 15 tratamientos y tres repeticiones, dando un total de 45 unidades experimentales. Las tres variables independientes que se estudiarán serán codificadas en tres niveles (-1, 0, +1), como se muestra a continuación (Tabla 7): Temperatura (°C): 40, 50, 60; Tiempo (min): 20, 25, 30; Concentración de etanol (%): 20, 30, 40.

Tabla 7. Diseño de Box-Behnken para variables independientes

Tratamiento	Ejecución	Concentración (%)	Temperatura (°C)	Tiempo (min)
7	1	-1 (20)	0 (50)	+1 (30)
11	2	0 (30)	-1 (40)	+1 (30)
15	3	0 (30)	0 (50)	0 (25)
14	4	0 (30)	0 (50)	0 (25)
8	5	+1 (40)	0 (50)	+1 (30)
13	6	0 (30)	0 (50)	0 (25)
9	7	0 (30)	-1 (40)	-1 (20)
3	8	-1 (20)	+1 (60)	0 (25)
10	9	0 (30)	+1 (60)	-1 (20)
2	10	+1 (40)	-1 (40)	0 (25)
4	11	+1 (40)	+1 (60)	0 (25)
5	12	-1 (20)	0 (50)	-1 (20)
6	13	+1 (40)	0 (50)	-1 (20)
1	14	-1 (20)	-1 (40)	0 (25)
12	15	0 (30)	+1 (60)	+1 (30)

Fuente: propia.

5.6. Análisis estadístico

La optimización se realizará con el análisis de maximización de respuesta empleando el programa estadístico Minitab 18. Para los resultados de evaluación sensorial se realizará mediante el programa estadístico IBM SPSS VERSION 26, donde se analizará el cumplimiento de los tres supuestos de: normalidad (Prueba de Anderson-Darling), homocedasticidad, e independencia de residuos. Si que no cumplen con todos los supuestos se hará una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para determinar si existen diferencias significativas entre los tratamientos, y en los casos que sí lo haya se aplicará una prueba de Mann-Whitney para comparación por pares.

VI. PRESUPUESTO

Descripción	Cantidad	Precio de venta (L)	Costo total (L)
Leche	4 L	L. 12	L. 48
Medio de cultivo	2 g	L. 50	L. 100
Molino	1	L. 300	L. 300
Alcohol	1 L	L. 150	L. L150
Otros	Varios	L. 3000	L. 3600
Viaje al extranjero	1	L. 110,000	L. 110,000
Total, de presupuesto			L. 114,398

VII. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES

Actividades	Año 2023				
	Mayo	Junio		Julio	Agosto
Etapa I: Obtención de harina a partir del fruto de capulín.					
Etapa II: Obtención de colorante natural mediante arrastre de vapor					
Etapa III: Evaluación de la aceptabilidad del yogur, mediante perfil sensorial en consumidores					
Análisis estadístico de los resultados					
Elaboración de informe final					

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Aleman et al. (2023). Novel Licuor - Based Hot Sauce: Physicochemical Attributes, Volatile Compounds, Sensory Evaluation, Consumer Perception, Emotions, and purchase Intent. *Foods*, 12, 369.
- Aranibar, E. (2013). Extracción de antocianinas a partir del fruto de tankar (berberis boliviana l.) y determinación del contenido por el método del Ph-diferencial. *Repositorio*, 120.
- Babio, N., Mena, G., & Jordi, S. (2017). Más allá del valor nutricional del yogur: ¿un indicador de la calidad de la dieta. *Nutrición hospitalaria*, 26-30.
- Bustos, A. L., & Betancourt, A. P. (2020). Estabilidad y desempeño del colorante antocianico en yogur natural. *Revista de Investigación*, 3(1), 33-44.
- Carolina, R. R. (2015). Elaboración y caracterización de yogur a partir de lche de cabra (*Capra hircus*) edulcolorado con estevia (*Stevia rebaudiana bertonii*), frutado con mango(*mangifera indica* cv. Kent) y enriquecido con semillas de chía (*Salvia hispanica*). *Piura*, 92.
- Castro, A. A., & Sosa, V. J. (2009). Consumption of *Conostegia xalapensis* fruits and seed dispersal of *Coussapoa oligocephala* by the nectarivorous bat *Hylonycteris underwoodi* Thomas, 1903 (Chiroptera: Phyllostomidae). *Studies on Neotropical Fauna and Environment*, 44(3), 137-139.
- Centeno, J., & Leyton, L. M. (2022). Alimentos funcionales,¿ En verdad prometen ser la alternativa del futuro alimenticio y la salud?. *Rd-Icuap*, 45-57.
- Cerretero, M. (2014). Analisis sensorial, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. Upaep, Primera edición, 76.

- Díez et al. (2020). Variación de la acidez y el ph de la leche al fabricar yogur. Consejo asesor , 77-80.
- Espinosa, E. B., & Martínez, C. J. (2015). Péptidos bioactivos de fuentes vegetales: Un nuevo ingrediente para alimentos funcionales. In Tendencias de innovación en la ingeniería de alimentos. OmniaScience., 37.
- Fernández et al. (2020). Evaluación de dos métodos de propagación para la conservación ex situ de tres melastomátáceas altoandinas. Caldasia, 42(1), 129-141.
- Juan, R. S. (2013). La química del color en los alimentos. Química Viva, 12(3), 234-246.
- Kriebel, R. (2016). A Monograph of Conostegia (Melastomataceae, Miconieae). PhytoKeys, 67(7):1-326.
- López, L. &. (2015). Productos lácteos fermentados y salud. Digital Csic, 40-48.
- Majure et al, .. (2015). Evolution of the Sandpaper Clade (Miconieae, Melastomataceae). International Journal of Plant Sciences, 76. 607-626.
- Massuh, E. M., & Arreaga, H. R. (2018). Análisis de Emprendimiento de Yogurt a base de Arazá en la Ciudad de Guayaquil. RECIMUNDO: Revista Científica de la Investigación y el Conocimiento,, 2(1), 847-876.
- Mendoza et al. (2023). Obtención de un colorante natural a partir Tropaeolum tuberosum Ruiz & Pavón para su aplicación. Bionatura, 23.
- Meneses et al. (2019). Caracterización y estabilidad de un extracto rico en antocianinas a partir de corteza de gulupa. Revista Colombiana de Química, 48(2), 27-32.
- Meza, C., & Mora, S. (2019). Vitamina A: mirada al pasado, presente y futuro. (Doctoral dissertation, Universidad del Sinú, seccional Cartagena), 52.

- Michelangeli et al. (2018). Nomenclatural novelties in *Miconia* (Melastomataceae: Miconieae). Researchgate, 71.
- Oviedo, Á. A. (2019). Pruebas de análisis sensorial para el desarrollo de productos de cereales infantiles en Venezuela. *Publicaciones en Ciencias y Tecnología*, 13(2), 27-37.
- Ramírez, C. A., & Muñoz, W. A. (2017). Elaboración de un yogur cuchareable fortificado con zumo de vegetales encapsulado y cáscara de piña pulverizada para población infantil. Retrieved from, 111.
- Rodriguez M.H. et al. (2020). Extracción y Determinación de metabolitos secundarios de la caléndula por el método de arrastre por vapor. Preprint, 19.
- Sáenz, E. C., & Cifuentes, H. M. (2015). Melastomatáceas de los géneros *Axinaea*, *Blakea*, *Castratella*, *Centronia*, *Killipia*, *Meriania*, *Monochaetum*, *Ossaea* y *Tibouchina* en Colombia. *Biota Colombiana*, 1(3), 336-357.
- San Martín, S. (2020). Productos lácteos fermentados. *Microbiología industrial en la elaboración del queso*, 32.
- Santillan et al. (2014). Productos lácteos funcionales, fortificados y sus beneficios en la salud humana. *Temas selectos de ingeniería de alimentos*, 8(1), 5-14.
- Serrano Riaño, J. Y., & Narváez, M. (2015). Composición, beneficios y enfermedades asociadas al consumo de leche de vaca. *Revista Sthetic & Academy*, 13-24.
- Uscanga-Domínguez, L. F., & Vázquez-Frias, R. (2019). Posición técnica sobre la leche y derivados lácteos en la salud y en la enfermedad del adulto de la asociación de Gastroenterología y la Asociación Mexicana de Gerontología y Geriatria. *Revista de gastroenterología de México.*, 84(3), 357-371.

Villagrán et al. (2022). Alimentos funcionales y su impacto en la salud humana. Educación y Salud Boletín Científico Instituto de Ciencias de la Salud Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, 223-231.

Villamil et al. (2020). Desarrollo de productos lácteos funcionales y sus implicaciones en la salud: Una revisión de literatura. Revista chilena de nutrición, 47(6), 1018-1028

ANEXOS

Anexo 1. Formato de evaluación

PRUEBA SENSORIAL DE ESCALA HEDONICA DE 9 PUNTOS

PRODUCTO: Yogur con colorante natural

NOMBRE_____

FECHA_____

Indicaciones

Pruebe por favor la muestra que se le da, e indique su nivel de agrado con la muestra, marcando con una x en la escala que mejor describe su sentir con el código de la muestra. Enjuague su boca antes de probar cada una de las muestras que se le presentan.

PUNTO	CALIFICACIÓN	COLOR	AROMA	SABOR	CONSISTENCIA
9	Gusta extremadamente				
8	Gusta mucho				
7	Gusta moderadamente				
6	Gusta ligeramente				
5	Ni gusta ni disgusta				
4	Disgusta ligeramente				
3	Disgusta moderadamente				
2	Disgusta mucho				
1	Disgusta extremadamente				

No. Muestra									
Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Sabor									
Aroma									
Consistencia									
Aceptabilidad general									

Antes de analizar la siguiente muestra, por favor limpie su paladar con agua para borrar el sabor de la muestra anterior.

No. Muestra									
Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Sabor									
Aroma									
Consistencia									
Aceptabilidad general									

Antes de analizar la siguiente muestra, por favor limpie su paladar con agua para borrar el sabor de la muestra anterior.

No. Muestra									
Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Sabor									
Aroma									
Consistencia									
Aceptabilidad general									

Antes de analizar la siguiente muestra, por favor limpie su paladar con agua para borrar el sabor de la muestra anterior.

No. Muestra									
Atributo	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Color									
Sabor									
Aroma									
Consistencia									
Aceptabilidad general									