



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

“CARACTERIZACIÓN DE YOGURT TIPO III UTILIZANDO LA BETALAÍNA DE TUNA ROJA (*Opuntia ficus-indica*) COMO COLORANTE”

TRABAJO DE TITULACIÓN

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar por el grado académico de:

INGENIERO EN INDUSTRIAS PECUARIAS

AUTOR: WALTER DAVID CHIMBOLEMA TIXI

DIRECTOR: ING. ENRIQUE CÉSAR VAYAS MACHADO MSc.

RIOBAMBA - ECUADOR

2021

©2021, WALTER DAVID CHIMBOLEMA TIXI.

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo citas bibliográficas del documento; siempre y cuando se reconozca el derecho del autor.

Yo, Walter David Chimbolema Tixi, declaro que el presente trabajo de titulación, de enfoque investigativo es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor; asumo toda la responsabilidad legal y académica de los contenidos expuestos en este trabajo de titulación, el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 19 de julio de 2021.

Walter David Chimbolema Tixi

060444578-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS PECUARIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN INDUSTRIAS PECUARIAS

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación: Tipo: Trabajo Investigación “**CARACTERIZACIÓN DE YOGURT TIPO III UTILIZANDO LA BETALAÍNA DE TUNA ROJA (*Opuntia ficus-indica*) COMO COLORANTE**”, realizado por el señor: **WALTER DAVID CHIMBOLEMA TIXI**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Luis Fernando Arboleda Vásquez Ph.D. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	19-07-2021
Ing. Enrique César Vayas Machado MsC. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	19-07-2021
Bqf. María Verónica González Cabrera MIEMBRO DE TRIBUNAL	_____	19-07-2021

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios por haberme dado la vida y protegerme, a mis padres, en especial a mi madre Margarita Tixi quien ha sido mi pilar fundamental, que infinitamente me brinda su amor, mi guía y consejera durante toda mi vida, a mis hermanos Paola y Alex, mis cuñados Carlos y Jessica, que han estado en las buenas y en malas y con su apoyo moral me motivaron a seguir adelante, a mis sobrinas Shirley, Arianna y Karla que son mi motivo de alegría, y de superación cada día.

A mis amigos que formaron parte de mi vida durante este largo camino, que con su apoyo y cariño que siempre me brindaron, logre esta meta tan anhelada ya que sin ellos no hubiera sido mis días tan especiales en mi carrera universitaria.

A todos ellos mis infinita y sincera gratitud.

Walter David Chimbolema Tixi

AGRADECIMIENTO

A mi Madre Margarita Tixi que día a día lucho para darme todo lo mejor de ella y nunca hacerme faltar nada, a mis hermanos Paola y Alex que conjuntamente con mis cuñados Carlos y Jessica de igual forma, a mis sobrinas Shirley, Arianna y Karla que creyeron en mí, a lograr este triunfo.

A toda mi familia, que aportaron con su granito de arena y con sus palabras me ayudaban a no darme por vencido y luchar cada día.

Mis más sinceros agradecimientos a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias Pecuarias, en especial a la carrera de Ingeniería en Industrias Pecuarias, por haberme permitido formarme profesionalmente en sus aulas.

A mis docentes que aportaron con sus conocimientos y que de cada uno de ellos aprendí sus mejores enseñanzas, de manera especial a mi director Ing. Enrique Vayas, de la misma manera mi asesora Bqf. Verónica González que me brindaron su conocimiento, tiempo y apoyo siendo mis guías del presente trabajo.

A mis compañeros.

Mis más sinceros agradecimientos.

Walter David Chimbolema Tixi

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
RESÚMEN	xii
ABSTRAC	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	
1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	2
1.1. Leche	2
1.2. Yogurt	2
<i>1.2.1. Historia del yogurt</i>	<i>2</i>
<i>1.2.2. Definición de yogurt.....</i>	<i>3</i>
<i>1.2.3. Composición nutricional del yogurt.....</i>	<i>3</i>
<i>1.2.4. Clasificación.....</i>	<i>4</i>
<i>1.2.5. Beneficios del yogurt.....</i>	<i>5</i>
1.3. Proceso de elaboración del yogurt.....	5
<i>1.3.1. Recepción de la materia prima.....</i>	<i>5</i>
<i>1.3.2. Filtración.....</i>	<i>6</i>
<i>1.3.3. Estandarización de la leche y preparación de la muestra</i>	<i>6</i>
<i>1.3.4. Pasteurización</i>	<i>6</i>
<i>1.3.5. Enfriamiento</i>	<i>6</i>
<i>1.3.6. Inoculación</i>	<i>6</i>
<i>1.3.7. Incubación</i>	<i>6</i>
<i>1.3.8. 2° Enfriamiento.....</i>	<i>7</i>
<i>1.3.9. Batido</i>	<i>7</i>
<i>1.3.10. Saborización.....</i>	<i>7</i>

1.3.11.	<i>Envasado</i>	7
1.3.12.	<i>Almacenamiento</i>	7
1.4.	Características sensoriales	7
1.4.1.	<i>Sabor</i>	8
1.4.2.	<i>Olor</i>	8
1.4.3.	<i>Color</i>	8
1.4.4.	<i>Aspecto</i>	8
1.5.	Aditivos alimentarios	8
1.6.	Colorantes	8
1.6.1.	<i>Colorantes naturales</i>	9
1.6.1.1.	<i>Carotenoides</i>	10
1.6.1.2.	<i>Xantofilas</i>	10
1.6.1.3.	<i>Curcumina</i>	10
1.6.1.4.	<i>Antocianinas</i>	10
1.6.1.5.	<i>Betalaína</i>	11
1.6.2.	<i>Colorantes artificiales</i>	12
1.6.2.1.	<i>Tartrazina</i>	13
1.6.2.2.	<i>Amarillo de quinoleína</i>	13
1.6.2.3.	<i>Eritrosina</i>	13
1.6.2.4.	<i>Amaranto</i>	14
1.6.2.5.	<i>Amarillo anaranjado</i>	14
1.7.	Ingesta diaria admisible	14
1.7.1.	<i>Dosis máxima de uso</i>	15
1.8.	Tuna	15
1.8.1.	<i>Valor Nutritivo</i>	16
1.8.2.	<i>Tipos de tunas</i>	16
1.8.3.	<i>Propiedades</i>	17
1.8.4.	<i>Usos y aplicaciones</i>	18
1.9.	Métodos de extracción de betalaína	18

1.9.1.	<i>Extracción sólido-líquido</i>	18
1.9.2.	<i>Solvente</i>	19
1.9.2.1.	<i>Agua destilada</i>	19
1.9.2.2.	<i>Etanol</i>	19
1.10.	Cuantificación de betalaína	19

CAPÍTULO II

2.	METODOLOGÍA	21
2.1.	Búsqueda de información bibliográfica	21
2.2.	Criterios de selección	21
2.3.	Métodos de sistematización de la información	22

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS DE INVESTIGACIONES Y DISCUSIÓN	23
3.1.	Uso y aplicación de los colorantes naturales en productos alimenticios	23
3.1.1.	<i>Análisis microbiológico de productos con la adición de betalaína</i>	24
3.2.	Propiedades del yogurt a base de tuna añadiéndole un colorante natural	24
3.3.	Técnicas de extracción de colorantes vegetales	25
3.3.1.	<i>Análisis de metales y microbiológicos de la betalaína</i>	27
3.4.	Resultados sobre la aplicación de colorantes naturales en el yogurt	28

	CONCLUSIONES	31
--	---------------------------	----

	RECOMENDACIONES	32
--	------------------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Composición de la leche	2
Tabla 2-1:	Valor nutricional del yogurt	4
Tabla 3-1:	Valor nutricional de la tuna	17
Tabla 1-3:	Uso y aplicación de los colorantes naturales en productos alimenticios	23
Tabla 2-3:	Análisis microbiológico de productos con la adición de betalaína	24
Tabla 3-3:	Propiedades del yogurt a base de tuna añadiéndole un colorante natural	25
Tabla 4-3:	Técnicas de extracción de colorantes vegetales	26
Tabla 5-3:	Análisis de metales y microbiológicas de la betalaína	27
Tabla 6-3:	Análisis sensorial del yogurt con la adición del colorante natural	29

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Composición química de la betalaína	11
Figura 2-1: Tuna (<i>Opuntia ficus-indica</i>)	16

TÍTULO: “CARACTERIZACIÓN DE YOGURT TIPO III UTILIZANDO LA BETALAÍNA DE TUNA ROJA (*Opuntia ficus-indica*) COMO COLORANTE”

RESÚMEN

La presente investigación tuvo como objetivo la caracterización de yogurt tipo III utilizando la betalaína de tuna roja (*opuntia ficus-indica*) como colorante. Por lo cual se realizó una búsqueda bibliográfica exhaustiva de diversas plataformas digitales (Scielo, DSpace ESPOCH, repositorio UNAP, DSpace UTC), de los cuales se sintetizó la información en tablas para una mejor comprensión. Para esta investigación se cumplió con los objetivos en el cual se describió el uso y aplicación de los colorantes naturales en productos alimenticios, posteriormente se enuncio las propiedades del yogurt de tuna añadiéndole un colorante natural, del mismo modo se analizó las técnicas de extracción de colorantes vegetales y se comparó con investigaciones los resultados sobre la aplicación de colorantes naturales en el yogurt. Obteniendo como resultados que la betalaína puede ser aplicado en productos como el yogurt. Las propiedades del yogurt no se ven afectadas al añadir el colorante natural. Para la extracción de la betalaína se analizó 5 técnicas que aplicaron diversos autores. Los resultados de las pruebas organolépticas indican una aceptabilidad por parte de los consumidores. Se concluye que la betalaína puede ser aplicado para dar la coloración del yogurt ya que este pigmento no altera las propiedades del yogurt, siendo aceptado por los consumidores ya que no cambia las características sensoriales, teniendo en cuenta que la técnica más adecuada para la extracción del colorante es la extracción solido-líquido debido a la consideración de factores como el tiempo y temperatura, teniendo un 83% de rendimiento en la extracción. Se recomienda realizar más estudios para sustituir colorantes sintéticos por pigmentos naturales.

Palabras clave: <Industria alimentaria> <Caracterización> < Tuna roja (*opuntia ficus-indica*)> <Betalaína> <extracción>

ABSTRAC

The objective of this research was to characterize type III yogurt using betalain from red prickly pear (*Opuntia ficus-indica*) as colorant. Therefore, an exhaustive bibliographic search of various digital platforms (Scielo, DSpace ESPOCH, UNAP repository, DSpace UTC) was carried out and the information was synthesized in tables for better compression. This research met the objective of describing the application of natural colorants in food products was described. Later the properties of prickly pear yogurt by adding a natural colorant were enunciated. In the same way, the techniques of extraction of vegetable colorants were analyzed and the results on the application of natural colorants in yogurt were compared with research. The results showed that betalain can be applied in yogurt. The properties of the yogurt are not affected by adding the natural coloring. For the extraction of betalain, 5 techniques applied by various authors were analyzed. Organoleptic test results indicate consumer acceptability. It is concluded that betalain can be applied to give the yogurt coloration since this pigment does not alter the properties of the yogurt. It is also accepted by consumers since it does not change the sensory characteristics, considering that the most appropriate technique for the extraction of the colorant is the solid-liquid extraction due to the consideration of factors such as time and temperature, having an 83% yield in the extraction. Further studies are recommended to replace synthetic colorants with natural pigments.

Keywords: <Food industry> <Characterization> <Red prickly pear (*Opuntia ficus-indica*)> <Betalain> <extraction>

INTRODUCCIÓN

La alimentación hoy en día es uno de los aspectos a considerar, ya que debido al estilo de vida que en la actualidad se lleva nos vemos obligados a consumir alimentos procesados, que se preparan al instante, ya que la disponibilidad de tiempo no es suficiente y esto ha llevado a adquirir ciertos hábitos de alimentación, pero dichos alimentos son procesados con una serie de diversos componentes químicos que ayudan a que las características organolépticas sean aceptadas por parte de los consumidores, que la mayor parte no se fijan en el valor nutricional o de las sustancias que se añaden, y esto ha derivado a una serie de daños a largo plazo el consumo excesivo de dichos alimentos (Krazer y Hernández, 2019, p.203). El color, además de aceptación o rechazo, despierta una curiosidad por el sabor del alimento, la industria alimentaria produce alimentos más atractivos normalmente a través del color, ya que muchos consumidores eligen un producto solo por el color.

A medida que aumenta la demanda actual de colorantes naturales de la sociedad, el estado de los colorantes naturales en la industria alimentaria es cada vez más importante. En cuanto a las betalaínas, destaca su importancia como sustancias de origen vegetal, es decir, las sustancias naturales tienen un significado real en las aplicaciones, especialmente las betalaínas como pigmentos naturales (Calvo M., 2018, p.18).

Debido a la problemática que presenta el consumo desmedido de los colorantes artificiales, se ha optado por lo natural, alimentos con pigmentos que son extraídos de fuentes naturales como las plantas, el Ecuador es un país diverso en donde las condiciones climáticas favorecen a que el sector agrícola pueda prosperar con sus cultivos, el nopal se cultiva a menor escala pero esto se debe al desconocimiento por parte de la población ya que la fruta del nopal, la tuna tiene grandes beneficios y puede ser aprovechada en su totalidad para su industrialización y producir nuevos productos alimenticios, con las mismas características de los productos que se encuentran en el mercado (Paucara C, 2017, p.81).

El desconocimiento sobre este tema conlleva a la caracterización de yogurt tipo III utilizando la betalaína de tuna roja (*Opuntia ficus-indica*) como colorante, por lo tanto los objetivos específicos fueron: describir el uso y aplicación de los colorantes naturales en producto alimenticios, enunciar las propiedades del yogurt a base de tuna añadiéndole un colorante natural, analizar las técnicas de extracción de colorantes vegetales, y comparar con investigaciones los resultados sobre la aplicación de colorantes naturales en el yogurt, para así satisfacer las necesidades de los consumidores que cada día reclama por productos naturales.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. Leche

Producto de la secreción mamaria normal de animales bovinos lecheros sanos, obtenida mediante uno o más ordeños diarios, higiénicos, completos e ininterrumpidos, sin ningún tipo de adición o extracción, destinada a un tratamiento posterior previo a su consumo (NTE INEN, 2012, p.1).

La leche es el producto que es obtenido de la secreción de las glándulas mamarias de las vacas, sin calostro, sometida a tratamientos térmicos u otros procesos pero que no contaminen el producto; también se pueden realizarse otras operaciones como la estandarización, homogeneización, clarificación entre otras (Ramos 2010, p.12)., ver tabla 1-1.

Tabla 1-1: Composición de la leche

COMPONENTE	CANTIDAD
Agua	87%
Lactosa	4,8%
Grasa	3,7%
Proteínas	3,4%
Minerales	0,7%

Fuente: Vayas, E., 2019

1.2. Yogurt

1.2.1. *Historia del yogurt*

No se conoce a ciencia cierta cual es el origen del yogurt unos lo sitúan en Turquía, en Bulgaria o en Asia central, los pueblos nómadas llevaban la leche fresca obtenida de los animales en sacos generalmente hechos de piel de cabra, al mismo tiempo el calor y la leche estaban en contacto con la dermis de la cabra lo que favorecía la reproducción de las bacterias ácido lácticas, estas fermentaban la leche para hacerla semisólida y coagulada. Una vez consumido el fermento lácteo

que está contenido en aquellas bolsas, éstas se volvían a llenar de leche fresca que se transformaba nuevamente en leche fermentada gracias a los residuos precedentes. Aquel descubrimiento fue de vital importancia porque la leche se conservaba durante más tiempo alargando así su vida de anaquel y de la misma manera generando una serie de cambios agradables de sus características organolépticas (Aranceta, & Serra, 2004, p.6).

1.2.2. Definición de yogurt

Es el producto coagulado obtenido por fermentación láctica de la leche o mezcla de esta con derivados lácteos, mediante la acción de bacterias lácticas *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus* y *Streptococcus salivaris subsp. thermophilus*, pudiendo estar acompañadas de otras bacterias benéficas que por su actividad le confieren las características al producto terminado; estas bacterias deben ser viables y activas desde su inicio y durante toda la vida útil del producto (NTE INEN, 2011, p.1).

El yogurt es un producto lácteo ácido obtenido de la leche fresca a través de microorganismos especiales que se les aplica del 1,5 a 3%. Tiene una estructura gelatinosa, de grano fino, especialmente ácido, y tiene un agradable sabor aromático, obviamente diferente al de la leche fresca. Para la obtención del yogurt, la leche pasteurizada se enfría a 42°C a 45°C. A este tipo de producto fermentado se le puede añadir cualquier fruta o la pulpa de la fruta (Portilla, 2015, p.17).

1.2.3. Composición nutricional del yogurt

El yogurt es un producto alimenticio que es rico en nutrientes y que deben formar parte de una dieta sana y equilibrada, gracias a su contenido en proteínas, vitaminas y minerales. Sin embargo, dependiendo de su contenido, el yogurt suele poseer un sabor ácido comúnmente. Esto se debe al resultado del proceso de fermentación del azúcar de la leche (lactosa), que se convierte en ácido láctico, el cual permite una mayor preservación del alimento. Así mismo, este producto también requiere de bacterias benignas, las más frecuentes del género de los lactobacillus, bacterias que desdoblán la lactosa y previenen la reproducción de otros patógenos nocivos que permiten la degradación del producto (Escalante 2018, p.13).

La composición química de los alimentos es la mejor encarnación de su potencial como nutriente de alta calidad, las proteínas de alto valor biológico forman, mantienen y renuevan todos los tejidos de nuestro cuerpo y el contenido de este junto con el contenido graso dependerán del tipo de yogurt, fuente de diferentes micronutrientes, en la cual sobresale el calcio, con los cuales se consiguen una contribución en la mejora de la calidad de la dieta además de proteger el bienestar metabólico constituyendo parte de un modelo de alimentación saludable, formando parte de una

dieta bien balanceada se aumenta la ingesta de diferentes vitaminas y minerales que son deficientes (Licata, 2006, p.8)., ver tabla 2-1.

Tabla 2-1: Valor nutricional del yogurt

Valor nutricional por cada 100 g	
COMPONENTE	CANTIDAD
Calorías	97 kcal
Hidratos de carbono	3,98 g
Grasas	5 g
Proteínas	3,47 g
Calcio	100 mg
Magnesio	11 mg
Fósforo	135 mg

Fuente: Escalante, J., (2008)

1.2.4. Clasificación

De acuerdo a como plantea la NTE INEN, (2011, p.4), el yogurt se clasifica de acuerdo con el contenido de grasa, los ingredientes y el proceso de elaboración.

Según el contenido de grasa en:

- ✓ Tipo I: Entera.
- ✓ Tipo II: Semidescremada (parcialmente descremada).
- ✓ Tipo III: Descremada.

De acuerdo con los ingredientes en:

- ✓ Natural,
- ✓ Con ingredientes,

De acuerdo con el proceso de elaboración en:

- ✓ Batido,
- ✓ Coagulado o aflanado,
- ✓ Tratado térmicamente
- ✓ Concentrado,
- ✓ Deslactosado.

1.2.5. Beneficios del yogurt

Las propiedades del yogurt son muy beneficiosas ya que pertenece al grupo de alimentos probióticos. Los alimentos probióticos mejoran principalmente la flora intestinal y contribuyen al cuerpo humano de microorganismos vivos que tienen un impacto positivo en la salud, especialmente mejorando la flora intestinal, sus propiedades antibacterianas pueden estimular el vaciado del contenido del estómago, permitiendo la exclusión por vías naturales de los microorganismos indeseables que se albergan en el estómago. Igualmente es favorable para la microflora urogenital (Rossi 2011, p.4).

Los principales beneficios que el yogurt le brinda a nuestro organismo son:

- ✓ Generar tolerancia a la lactosa: Es un punto muy importante, para poder aclarar que se puede consumir es posible por las personas que no toleran los productos lácteos. Las bacterias ácido-lácteas contienen lactasa (enzima que digiere la lactosa).
- ✓ Previene y mejora los síntomas de diarrea: Esto se debe a que el yogur ayuda a reconstruir una flora bacteriana intestinal saludable, que puede ser destruida por la diarrea. Por otro lado, este alimento fortalece nuestro sistema inmunológico ayudándolo a defenderse contra las infecciones.
- ✓ Reduce los valores de colesterol sanguíneo: Diversos estudios han demostrado que consumir el yogur desnatado puede reducir los niveles de colesterol en la sangre, por lo que, este alimento debe incluirse en la dieta de aquellas personas que presentan riesgos cardiovasculares.
- ✓ Gran fuente de calcio: La pérdida diaria de este mineral en nuestro organismo debe ser compensada con una dieta cotidiana. El calcio presente en el yogur se ha disuelto en el ácido láctico, lo que facilita que nuestro sistema digestivo lo absorba y luego todo el cuerpo lo absorba fácilmente. Cabe mencionar que este producto lácteo tiene un efecto preventivo sobre el cáncer de colon (Licata 2006, pp.11-12)

1.3. Proceso de elaboración del yogurt

De acuerdo con Mendoza (2007, pp.16-17) el proceso de elaboración del yogurt se realiza de la siguiente manera:

1.3.1. Recepción de la materia prima

Este punto es clave donde se realizan verificaciones inmediatas de la calidad acordadas de la leche cruda.

1.3.2. Filtración

Se realiza la filtración de la leche con el objetivo de evitar el ingreso de partículas gruesas o extrañas al proceso.

1.3.3. Estandarización de la leche y preparación de la muestra

El objetivo de este punto es regular el contenido de sólidos grasos y no grasos. Se adiciona azúcar de acuerdo con el tipo de producto a procesar, y se regula el contenido de extracto seco mediante el agregado de leche en polvo.

1.3.4. Pasteurización

Existen diferentes métodos de pasteurización de la leche, en función del tiempo y la temperatura está el método VAT o lenta que dura 30 minutos a 63°C, la pasteurización HTST se calienta la leche a una temperatura que oscila entre 71 y 89°C durante 15 segundos, y el método UHT o rápido donde se somete durante 2 segundos a una temperatura de 138°C, sin embargo el mejor tratamiento térmico consiste en calentar a 90°C y mantener esa temperatura durante 15 segundos ya que así se eliminan la mayor cantidad de bacterias patógenas.

1.3.5. Enfriamiento

Este es un punto de control porque asegura la temperatura óptima de inoculación para que las bacterias puedan sobrevivir en el inóculo, se enfría hasta obtener la temperatura óptima de inoculación (42-45°C).

1.3.6. Inoculación

Este es un punto de control, porque la cantidad de inóculo agregada determina el tiempo de fermentación y por ende la calidad del producto, se agrega del 2 al 3% del medio de cultivo a 42 y 45 ° C durante 2-3 horas, respectivamente.

1.3.7. Incubación

Este paso se caracteriza por provocar la coagulación de la caseína en la leche durante la fermentación del ácido láctico. El proceso de formación de gel ocurre con cambios en la viscosidad y es particularmente sensible a las influencias mecánicas. Mientras dura el proceso el

objetivo en esta etapa es el de obtener una viscosidad elevada para así evitar que el gel derroche suero por exudación y para conseguir su consistencia característica.

1.3.8. 2° Enfriamiento

Debe enfriarse lo más rápido posible para evitar que el yogur continúe acidificándose a más de 3 del pH. También se debe alcanzar una temperatura de 15 °C dentro de 1,5-2,0 horas como máximo. Al hacer yogur batido o beber yogur, es fácil cumplir con este requisito, porque en este caso, se puede utilizar un cambiador de platos para refrigeración.

1.3.9. Batido

Se realiza el batido con el objetivo de romper el coágulo hasta conseguir una completa homogeneidad.

1.3.10. Saborización

Se agrega saborizante y colorante al gusto. Así mismo también se pueden adicionarse frutas picadas.

1.3.11. Envasado

Los envases que se emplean para este tipo de producto son envases plásticos tienen que estar anticipadamente esterilizados, y después de envasar el producto este debe ser cerrado herméticamente.

1.3.12. Almacenamiento

El lugar de almacenamiento hasta que el producto sea distribuido es la refrigeración la cual debe ser la adecuada a una temperatura de 4°C y a la vez la conservación de la cadena de frío a lo largo de la cadena de producción asegura la calidad sanitaria desde el inicio de la elaboración hasta las manos del consumidor (Mendoza 2007, p.17).

1.4. Características sensoriales

De acuerdo con la NSO (2003, p.3) en la cual menciona que el yogurt tiene características sensoriales las cuales deben poseer indiscutibles características, mismamente como las que se detallan a continuación:

1.4.1. Sabor

El yogur deberá poseer el sabor propio para cada forma de presentación y debe estar libre de sabor desmedidamente ácido por sobre maduración, sabor amargo o algún otro tipo de sabor extraño.

1.4.2. Olor

El producto deberá poseer el olor característico para cada forma de presentación y estar libre de cualquier olor extraño.

1.4.3. Color

El yogur natural debe ser blanco o levemente amarillento; los otros productos deben tener el color característico para cada forma de presentación.

1.4.4. Aspecto

Cualquier forma de presentación del yogur debe poseer una apariencia uniforme de coágulo, exento de grumos y/o burbujas y estará libre de suero retirado. El producto con fruta debe tener aspecto característico con la fruta uniformemente distribuida (NSO 2003, p.3).

1.5. Aditivos alimentarios

Un aditivo alimentario es cualquier sustancia que se incorpora de modo intencionado a los alimentos sin el propósito de cambiar su valor nutritivo, y obtener algunas modificaciones como la de las características organolépticas, mejorar las técnicas de elaboración y conservación en el producto final (Bello 2008, p.129).

Los aditivos a emplearse deben ser una ayuda en la fabricación de los alimentos, pero jamás para enmascarar las materias primas o productos de mala calidad; debido a esto, la profesionalidad de los técnicos es fundamental, para no mentir al consumidor del abuso imperceptible de estas sustancias (Badui 2006, p.508).

1.6. Colorantes

En la investigación realizada por Moreno (2017, pp.6-7), manifiesta en su publicación para la revista alimentaria que el color es primordial ya que es la primera sensación que percibimos sobre los alimentos. Es la inmediatez de la visión la que otorga fundamental importancia a su apariencia, y

por ello se considera que es el primer atributo que determina la aceptabilidad y preferencias del consumidor.

Los colorantes son sustancias que está permitido su uso en alimentos y, que es un factor muy importante para el consumidor, ya que, es el primer contacto que tiene con ellos y, es determinante para la aceptación o el rechazo de estos (Badui 2006, p.536).

Los cambios en el color de los alimentos a lo largo del tiempo y, los efectos del procesamiento y almacenamiento de los alimentos generalmente requieren que los fabricantes agreguen color a ciertos alimentos para cumplir con las expectativas del consumidor. Las principales razones para agregar colores a los alimentos incluyen:

- ✓ Para recuperar la pérdida del color causada por la exposición a la luminosidad, el aire, extremas temperaturas, humedad y las circunstancias del almacenamiento.
- ✓ Rectificar variaciones naturales del color. Porque los alimentos pálidos a menudo se relacionan incorrectamente con una menor calidad.
- ✓ Para exaltar los colores que se ocasionan de forma natural, pero en niveles bajos que se lo asocia normalmente a un alimento determinado.
- ✓ Proporcionar una identificación colorida a los alimentos que de otro modo serían usualmente decolorados. El color rojo suministra una apariencia atractiva al hielo de fresa, mientras que el helado de limón es apreciado por su color verde radiante.
- ✓ Otorgar una apariencia colorida a algunos "alimentos divertidos". Como los dulces y golosinas navideñas que están coloreados para instaurar una apariencia festiva.
- ✓ Protección hacia los sabores y vitaminas que son afectados por la exposición a la luz solar durante el almacenamiento.
- ✓ Proveer una atractiva diversidad de alimentos sanos y nutritivos que satisfagan las demandas de los consumidores (FindLaw, 2008).

1.6.1. Colorantes naturales

Se conoce con este nombre a la variedad de materiales orgánicos e inorgánicos obtenidos de fuentes vegetales, animales o minerales, los mismos que no están sometidos a exigencias de los colorantes sintéticos; es decir, que no tienen prohibiciones sanitarias para su empleo en los alimentos, y otros productos, los colorantes naturales, comprenden polvos o fragmentos de vegetales comestibles o no, zumos de frutas o vegetales, minerales pulverizados, fragmentos de insectos, los pigmentos naturales que se utilizan como colorantes muchos de ellos son empleados

en la elaboración de productos alimenticios en forma de jugos de frutas, extractos, oleorresinas, y aceites (Marcano, 2018, p.138).

En la actualidad los consumidores evitan cada vez más los alimentos que contienen colorantes sintéticos, que llevan a las industrias alimentarias a reemplazarlos por pigmentos naturales, como carotenoides, betalainas, antocianinas y ácido carmínico (Henriette, 2009, p.3).

1.6.1.1. Carotenoides

Los pigmentos carotenoides comprende un grupo de compuestos presentes en la naturaleza que realizan una serie de funciones que los hacen especiales (Meléndez et al., 2007, p.109).

Los carotenoides otorgan el color naranja amarillento conseguido a partir de extractos vegetales como las algas, zanahoria, o de la síntesis con microorganismos genéticamente alterados. Son precursores de la vitamina A. Es estabilizado por el ácido ascórbico y previene la descomposición oxidativa. Está presente en productos como: margarinas, mayonesa, helados, mantequillas, postres, queso. No tiene efectos secundarios (Sánchez, 2013, p.241).

1.6.1.2. Xantofilas

Es de color naranja originario de la xantofila de alfalfa, ortigas, la yema de huevo o el aceite de palma. Se emplea en condimentos, salsas, pasteles, golosinas, galletas, pienso para las aves. Se considera inocuo (Sánchez, 2013, p.241).

1.6.1.3. Curcumina

Este pigmento se utiliza como colorante y especia. Son aromáticos, con olor a almizcle y un sabor picoso y agrio. Se aplica para aromatizar y colorear la mantequilla, mostaza, diversas conservas, queso y otros productos alimenticios. Es uno de los componentes primordiales del curry. Se le atribuyen propiedades medicinales y cosméticas (Benavides, et al., 2010, p.166).

En la industria alimenticia se añade la curcumina en mermeladas, refrescos, quesos, mantequillas, también en productos de pastelería y panadería, salchichas, curry, té y platos preparados a base de arroz. No presenta toxicidad, salvo tendencia alérgica (Sánchez, 2013, p.240).

1.6.1.4. Antocianinas

Estos son pigmentos responsables de una gran diversidad de colores muy atractivos y radiantes de las hojas, flores, frutas y que varían comenzando con el rojo vivo al violeta o azul. Son

conseguidas fácilmente por extracción a frío con metanol o etanol ligeramente acidificado. Colorantes comerciales derivados de uvas han mostrado un enorme éxito en refrescos, pero todas las antocianinas convencionales presentan algún tipo de limitación (González, 2011, p.1).

1.6.1.5. Betaláina

La betaláina es un colorante natural que confiere coloraciones que va desde amarillos muy fuertes hasta rojos violáceos, son los principales responsables del color brillante de las flores de los cactus, su principal fuente es la remolacha azucarera. Se aprovechan en preparaciones acuosas (Sánchez, 2013, p.252).

Estos compuestos nitrogenados son los pigmentos responsables que otorgan la coloración amarilla y rojo-violeta de frutos, flores, y hojas de unas pocas especies de la familia botánica Centrospermas. También se las llaman betaninas que son los principales pigmentos de la remolacha *Beta vulgaris*, de la cual toman su nombre, también se pueden encontrar en especies de la familia opuntia (Marcano, 2018, p.167).

De acuerdo a su estructura química la betaláina se ha dividido en dos grandes clases: los rojos o betacianinas, y los amarillos o betaxantinas, las betaxantinas, de color amarillo, se caracterizan por tener grupos R y R' que no extienden la conjugación del cromóforo 1,7 -diazahéptametileno; mientras que, en las betacianinas, de color rojo, la conjugación está extendida con un anillo aromático sustituido (Buadi, 1990, p. 397), ver figura 1-1.

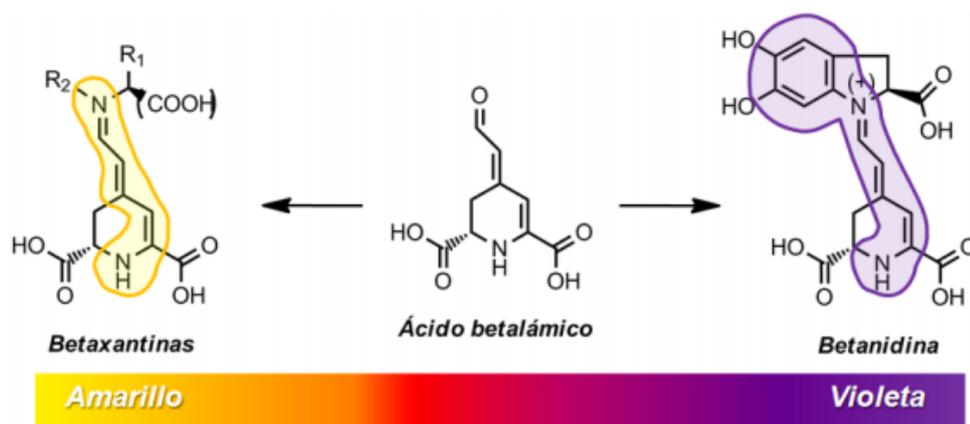


Figura 1-1: Composición química de la betaláina

Fuente: Academia de Ciencias de la Región de Murcia, 2016

La betanina se puede transformar y perder su tonalidad debido a la influencia de factores como el pH, las temperaturas altas, el oxígeno, la luz y la actividad de agua. Su estabilidad al calor está en función de la acidez y del oxígeno disuelto del medio; los valores de pH de 4 a 6 son favorables y resiste los tratamientos térmicos en ausencia de oxígeno (Buadi, 1990, p. 397).

Las betalaínas se utilizan en la industria alimentaria principalmente para modificar el color de una amplia variedad de productos. Este colorante pertenece a los aditivos nombrados E-162, y están presentes en yogures, helados o cremas, también se puede encontrar en productos cárnicos como: salchichas y jamón cocido, pasando por dulces, zumos y galletas. De igual manera se han innovado nuevos usos de los frutos comestibles del cactus (*Opuntia ficus indica*) principalmente porque evitan el sabor térreo que presentan los extractos de remolacha por la presencia de geosminas (García, *et. al.*, 2011, p.52).

Es un requisito indiscutible de un colorante tener estabilidad a largo plazo, pues este debe resistir no sólo a los procesos industriales a los cuales están sometidos los alimentos, sino como también a ciertos factores que los alimentos dependen para no degradarse como el pH e interacción con otros componentes de los alimentos en los cuales se encuentran inmersos (Wong, 2012, p.5),

Se analiza a continuación la respuesta de las betalaínas a distintas condiciones: pH, temperatura, oxidación, entre otros.

- ✓ pH: Hasta la fecha uno de los mayores inconvenientes encontrados en los colorantes naturales es la de su baja estabilidad. En cuestión de las betalaínas, que, al ser ionizables en un medio ácido, soportan alteraciones de color tanto a un pH por debajo de 3.5 pero no se hidrolizan por lo cual se pueden emplear en alimentos ácidos. Su estabilidad óptima se encuentra dentro de un rango de pH de entre 3 y 6.
- ✓ Luz: En presencia de luz las betalaínas se desnaturalizan, siempre y cuando también estén expuestas al oxígeno, y en ausencia de oxígeno su oxidación es insignificante.
- ✓ Oxígeno: Son altamente oxidables, y producen compuestos de color pardo. Esto se puede evitar o disminuir con la presencia de antioxidantes tales como la vitamina C.
- ✓ Metales: Generalmente con la presencia de cationes metálicos la betalaína es más fácil de hidrolizar. Estas reacciones reducen considerablemente cuando se encuentran en el jugo, puede deberse por la capacidad complejante de otros componentes tales como los polifenoles que se hallan naturalmente en el pigmento.
- ✓ Temperatura: No hay duda de que es el factor que más afecta la estabilidad de las betalaínas, acelerando las reacciones de hidrólisis generando productos el ácido betalámico incoloro y otros productos con coloración marrón
- ✓ Antioxidantes: Los antioxidantes pueden estabilizar a las betalaínas, en especial el ácido ascórbico (Wong, 2012, pp.5-6).

1.6.2. Colorantes artificiales

El coloreado artificial de los alimentos encontró nuevas herramientas. Sin embargo, por su toxicidad especialmente debido a sus efectos a largo plazo (carcinogenicidad) muchos de estos

colorantes finalmente quedaron prohibidos para su uso alimentario (Calvo M. 1994, p.380). Los colorantes sintéticos se obtienen mediante un proceso químico industrial y existe una gran cantidad de ellos (Badui, 1990, p.130).

Estos tipos de colorantes se suelen utilizar para hacer que el producto sea más apetecible y lindo a simple vista, con colores que atraen la atención, especialmente para las personas de corta edad que se sienten atraídos por el producto más colorido o que más destaca con respecto a los demás productos (Hernandez 2018, p.2).

1.6.2.1. Tartrazina

Este colorante es producto de la derivación del petróleo y se emplea en la elaboración de varios productos tales como galletas, repostería, sopas instantáneas, verduras en conserva, productos cárnicos, dulces, helados, y bebidas no alcohólicas, también se puede mezclar en platillos como la paella, en reemplazo del azafrán. Su consumo puede ocasionar alergias en el 10% de los consumidores (Badui, 2006, p.403).

La tartrazina es frecuentemente aplicada en la industria alimentaria, pero su consumo puede causar dificultades en nuestro organismo si se abusa en consumo (Cumbia mix, 2018).

1.6.2.2. Amarillo de quinoleína

Es un colorante sintético que es resultado de un derivado del indano, un compuesto que es común en el alquitrán de hulla. Esto se debe al calentamiento de una roca negra llamada carbón bituminoso. El color del aditivo alimentario es de amarillo claro a verde y generalmente se usa para emitir un tono verde. Una de sus propiedades químicas es que es muy soluble en agua y muy estable a la luz y al calor. Se utiliza especialmente para alimentos con pH neutro o ácido, como los refrescos cítricos. Se utilizan en Conservas vegetales, productos cárnicos, pasteles, golosinas, dulces, helados, salsas y condimentos. El consumo de grandes cantidades de este tipo de colorante trae consecuencias (Opazo, 2014, p.6).

1.6.2.3. Eritrosina

Este colorante ha sido el más conocido en los postres lácteos con sabor a fresa. Se utiliza en postres aromáticos, en mermeladas, principalmente en la de fresa, en caramelos, patés de atún o salmón, derivados cárnicos, y en otras aplicaciones. Desde un punto de vista técnico su principal desventaja es que es muy sensible a la acción de la luz. En dosis muy excesivas puede provocar alteraciones en la glándula tiroides, que pueden alcanzar en ciertos casos hasta el desarrollo de

tumores malignos. Este efecto, es probablemente debido a su alto contenido en yodo, en dosis bajas no causa ningún problema. No obstante, si bien en su forma original rara vez se absorbe, no se tiene certeza hasta qué punto el metabolismo de las bacterias intestinales puede provocar su degradación, dando lugar así a sustancias más simples, o yodo libre, que son más fáciles de absorber (Calvo, M 1994, p.392).

1.6.2.4. Amaranto

Este colorante que otorga el color rojo se ha utilizado como aditivo alimentario. Sin embargo, desde 1970, se ha cuestionado su seguridad laboral, dos grupos de investigadores rusos informaron que esta sustancia puede producir cáncer y defectos embrionarios en animales de laboratorio. Esto llevó a varios estudios realizados en los Estados Unidos con resultados contradictorios. Sin embargo, es obvio que uno de los productos de este colorante que es degradado por enterobacterias puede atravesar la placenta hasta cierto punto (Reartes, 2001, p.28).

Es utilizado en la industria alimentaria especialmente en la pastelería, así como también en frutas confitadas o caramelos, pero exclusivamente en los países en los cuales su uso está permitido, por lo que se han visto en la obligación de modificar la ingesta diaria admisible (IDA), para así evitar cualquier problema de salud que tenga relación con la ingesta de productos que contengan amaranto (Hernandez, 2018, p.3).

1.6.2.5. Amarillo anaranjado

Este es un colorante sintético que se utiliza en la elaboración de productos alimenticios de consumo masivo que confiere colores que va desde el amarillo intenso al naranja brillante, se obtiene a partir del derivado pétreo. Es continuamente mezclado con otros colorantes como la tartrazina o el amaranto para conseguir el colorante marrón. Se utiliza en diversos productos tales como harinas, galletas, yogures, snacks, también en sopas, fideos instantáneos, bebidas en polvo, jugos, salchichas y mermeladas (Aditivos Alimentarios, 2016, p2).

1.7. Ingesta diaria admisible

La ingesta diaria admisible (IDA) es una apreciación realizada por la JECFA (Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios) sobre la cantidad de un aditivo alimentario, que esta expresada en relación con el peso corporal, lo que un individuo puede consumir todos los días durante toda su vida sin representar peligros considerables para su salud (hombre promedio = 60 kg). La IDA se expresa en miligramos del aditivo por kilogramo de peso corporal (FAO, 2012, p.8).

El concepto de IDA (Ingesta Diaria Admisible/Aceptable), es entendido actualmente como la cantidad de sustancia química que se puede ingerir diariamente por toda la vida sin representar ningún peligro para la salud (expresada en mg de sustancia por kg de peso corporal y día), la IDA fue adoptada por la OMS y la FAO, conservándose hasta la actualidad como uno de los pilares sagrados de la seguridad alimentaria a escala mundial, tales como los aditivos alimentarios, residuos de plaguicidas y medicamentos veterinarios (Liétor 2019, p.1).

En el país español la betalaína es utilizado en ciertos productos tales como el yogurt y se lo adiciona hasta 18mg/kg, sin embargo, se desconoce que el consumo excesivo de este colorante tenga consecuencias para la salud, debido a que la Organización Mundial de la Salud (OMS), no ha fijado un límite a la ingesta diaria admisible (Campos, 2008, p.4).

1.7.1. Dosis máxima de uso

La dosis máxima de un aditivo esta expresada como la concentración más alta de este y que es funcionalmente eficaz en un alimento o categoría de alimentos y ha establecido que es inocua. Suele expresarse como mg de aditivo por kg de alimento. Conforme con las buenas prácticas de fabricación, la dosis de uso óptima, recomendada o normal será diferente para cada aditivo y dependerá del efecto técnico previsto y del producto alimenticio determinado que usan aditivos, se debe considerar el tipo de materia prima, el procesamiento del alimento, almacenamiento, transporte y manipulación posteriores por parte de los distribuidores, los vendedores al por menor y los consumidores (INEN 2012, p.4).

1.8. Tuna

Al igual que otras cactáceas el cactus tiene la característica de un bajo requerimiento de agua y, por lo tanto, una alta eficiencia, esto les permite vivir en ambientes áridos y semiáridos. La tuna es una especie de fruta carnososa que tiene diversas formas, tamaños, y coloraciones dependiendo de la variedad tiene la característica de tener una gran cantidad de semillas, alto contenido de carbohidratos y una baja acidez, por lo que tiene un sabor dulce y agradable. Las variedades dependen del tipo de cultivo, clima y temporada, se pueden encontrar tunas de colores tales como blancas, verdes, amarillas, y rojas. Sin embargo, se componen por la cascara que representa alrededor del 33 al 50%, una pulpa y semillas con 45 al 65% y las semillas constituyen del 2 al 10%. Durante el desarrollo la cascara se va haciendo delgada, y aumenta el contenido de pulpa (Ochoa & Guerrero, 2010, p.50)., ver figura 2-1.

La tuna es el fruto de forma ovalada; en el ápice muestra una concavidad que pertenece al lugar de inserción de la flor, posee un diámetro entre 5,7 y 6,8 cm, con longitudes que va desde los 5,2



Figura 2-1: Tuna (*Opuntia ficus-indica*)

Fuente: Leen A, 2013

hasta 12 cm, y un peso variable entre 45 y 280 g; también alcanza su maduración entre los 3 y 4 meses. Es un fruto no climatérico, compuesto de una parte carnosa, en la que se hallan las semillas, que están protegidas por una cáscara de mayor dureza y de una capa más externa y delgada que la cubre en la que se encuentran las areolas y espinas (Fischer, *et al*, 2012, p.1016).

1.8.1. Valor Nutritivo

Este fruto posee un valor nutritivo la cual la hace destacar respecto a las demás frutas, contiene abundantes minerales como el fósforo, potasio y calcio, igualmente contiene otros minerales en menor cantidad; aporta una elevada cantidad de vitamina C y cantidades mínimas de diversas vitaminas del complejo B. Posee alrededor de un 15% de hidratos de carbono de alta calidad. Por sus beneficios y debido a la gran cantidad de betalaínas que poseen las tunas de las variedades rojas y púrpuras es utilizado para hacer subproductos de esta fruta, en ciertos países la utilizan para preparar aguas, jugos, mermeladas, yogures, etc., en relación con las otras variedades tales como la amarillo-naranja y las blancas que son habitualmente consumidas de manera directa, dependiendo de las condiciones de cultivo y el nivel de madurez de la tuna al momento de consumirla varía el contenido nutritivo (Sierra, 2013, p.5)., ver tabla 3-1.

1.8.2. Tipos de tunas

Existen diferentes tipos de tunas, de acuerdo con sus exigencias de cultivo, y condición climática se clasifican en:

Tuna blanca: Su alto contenido de agua ayuda a contrarrestar la deshidratación y a regular los niveles de azúcar presentes en la sangre.

Tuna amarilla: Es un fruto llamativo de comida amarilla, su consumo otorga grandes beneficios a nuestro cuerpo.

Tuna roja: Esta especie produce más betalaínas, un pigmento antioxidante que proporciona el color morado intenso al fruto, que sería una alternativa a los colorantes artificiales añadidos a varios alimentos (García, 2019, p.3).

Tabla 3-1: Valor Nutricional de la tuna

En 100 gr de peso Neto de Tuna Fresca	
CONCEPTO	CONTENIDO
Porción Comestible	78.00
Energía (Kcal)	27.00
Proteína (gr.)	1.70
Grasas (gr.)	0.30
Carbohidratos (gr.)	5.60
Calcio (mg.)	93.00
Hierro (mg.)	1.60
Tiamina (mg.)	0.03
Riboflavina (mg.)	0.06
Niacina (mg.)	0.03
Ascórbico (mg.)	8.00

Fuente: www.giga.com, 2003

1.8.3. *Propiedades*

Debido a su composición nutricional, el consumo constante de la tuna ya sea como fruta directa o procesada en subproductos, le genera múltiples beneficios a nuestro organismo, a continuación, se enlista las siguientes propiedades y beneficios.

- ✓ **Antioxidante:** El nopal o tuna posee propiedades antioxidantes y desintoxicantes que ayuda a contrarrestar los radicales libres, que ocasionan el envejecimiento celular, y a reducir y eliminar sustancias tóxicas.
- ✓ **Reduce el colesterol:** La estructura de esta fruta la convierte en una aliada ideal para combatir el colesterol malo.

- ✓ Favorece el sistema digestivo: Las semillas que posee esta fruta ayudan a disminuir los inconvenientes de estreñimiento. También, se usa para combatir la úlcera gástrica, gastritis y la acidez estomacal.
- ✓ Previene enfermedades cardiovasculares: Contiene un alcaloide denominado Cantina, que puede ayudar a reducir los problemas cardíacos.
- ✓ Recomendado para diabéticos: Su consumo ayuda regulando los niveles de azúcar en la sangre.
- ✓ Ayuda a perder peso: Debido a que la tuna posee un 80% de agua, el cual favorece a nuestro a reducir el exceso de peso. Gracias a su alta cantidad en fibras, reduce el apetito. La sensación de saciedad que suministra igualmente minimiza la ingesta total de alimentos.
- ✓ Diurética: Comer esta fruta ayuda a nuestros riñones, ya que así mejora la circulación de orina y regulamos la digestión (Penelo, 2018, p.3).

1.8.4. Usos y aplicaciones

Comúnmente, la tuna se consume de forma directa pero como los frutos tienen niveles altos contenidos de potasio, calcio, fibra dietética, azúcares, polifenoles, ácido ascórbico, carotenoides y pigmentos tales como las betacianinas, las que están relacionados con ciertos beneficios para el organismo, en el que destacan compuestos con una poderosa capacidad antioxidante, por lo que pueden resultar atractivos para la industria alimenticia, en productos tales como: caramelos, gelatinas, productos lácteos, y productos cárnicos, como también pueden ser aplicados en la industria cosmética (Gutierrez, *et. al.*, 2017, p.263).

1.9. Métodos de extracción de betalaína

Para la extracción del extracto de tuna (*Opuntia ficus indica L.*), existen varias técnicas que pueden ser aplicadas tales como la extracción sólido-líquido, maceración, cocción, mediante cromatografía, centrifugación, etc. cada técnica tiene sus especificaciones que se deberán cumplir para así lograr una mayor extracción del colorante natural (Carrera, 2013; citado en Benites, 2015, p.22).

1.9.1. Extracción sólido-líquido

Este es un método cuya finalidad es la de separar uno o más componentes comprendidos en una fase sólida, utilizando una fase líquida o una fase solvente. Los componentes que se transporta de la fase sólida a la líquida se denominan solutos, y los sólidos insolubles se denominan inertes. El nombre de extracción sólida – líquido varía según el propósito del proceso (percolación, lavado, etc.). Así, se denomina lixiviación cuando se desea obtener un componente valioso que está contenido en un sólido, disolviéndolo con un líquido (Benites, 2015, pp.21-22).

1.9.2. Solvente

Los disolventes son sustancias en la cual se diluyen los solutos (sólidos, líquidos o gases químicamente diferentes), para formar una solución; generalmente suele ser el componente más abundante de la solución. A la hora de elegir un disolvente se debe tener en cuenta no solo su transparencia, sino también su posible impacto en el sistema de absorción, por lo que se deben considerar estos factores (Benites, 2015, p.23).

1.9.2.1. Agua destilada

El agua destilada se refiere a una sustancia en la cual su constitución se basa en unidades moleculares de H₂O y ha sido sometida a una purificación o purificada por medio de destilación, debido a que contiene enlaces de O-H, se considera un solvente polar prótico y se considera la mejor opción como disolvente. El agua destilada posee las ventajas de ser natural, económica, no inflamable ni tóxico, es un excelente disolvente debido a que las moléculas polares del agua destilada tienden a separar sustancias iónicas, como el cloruro de sodio, en sus iones constituyentes, se fusionan alrededor de los iones cargados y los separan entre sí, por lo que se considera que es uno de los mejores disolventes en la extracción de colorantes; un inconveniente es que no muy selecto también puede ser alterado con facilidad debido a la acción de microorganismos y muestra el problema de tener una baja solubilidad al contacto con las resinas (Benites, 2015, p.24).

1.2.1.2 Etanol

Esta sustancia es conocida como alcohol etílico, es un alcohol que se muestra en situaciones normales de temperatura y presión a modo de un líquido incoloro, se considera un disolvente polar prótico porque contienen un enlace del O-H etanol (CH₃-CH₂-OH). El etanol tiene las ventajas de ser más selectivo, y poseer una acción antimicrobiana e inactivar algunas enzimas; la principal desventaja es que no es natural, ni económica (Benites, 2015, p.25).

1.10. Cuantificación de betalaína

Respecto a la cuantificación de las betalaínas se utiliza la espectrofotometría, que puede realizar colectivamente un análisis cuantitativo y cualitativo, este es un método de análisis óptico más utilizado en las investigaciones biológicas. A través de un espectrofotómetro el cual es un aparato que puede comparar la absorción de la radiación o que se transmite por una solución y que acumula una cantidad de soluto desconocido, y una que contiene una cantidad conocida de la

misma sustancia. La ventaja principal que tiene esta técnica es que inclusive se consigue comprobar trazas de sustancias de un modo sencillo y preciso, lo que no es posible hacerlo con los métodos convencionales de análisis que son los procedimientos gravimétricos y volumétricos (Benites, 2015, p.26).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Búsqueda de información bibliográfica

La recopilación de los documentos se obtuvo de plataformas digitales tales como: Google académico, Scielo, Repositorio institucional de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en la base DSpace ESPOCH, también de repositorios institucionales a nivel nacional tales como: de la Universidad Nacional de Chimborazo, Universidad Politécnica Estatal del Carchi, Universidad Técnica de Ambato, Universidad Técnica de Cotopaxi, Universidad Técnica de Machala, Universidad Central del Ecuador, y en instituciones internacionales de países como: Universidad Nacional del Altiplano (Perú), Universidad de Chile (Chile), Universidad de Costa Rica (Costa Rica), Institutos Politécnicos Superiores de la ciudad de México, Universidad Nacional de Centro del Perú, Universidad Complutense (España).

Los documentos y textos que se utilizaron en la presente investigación fueron publicados en diferentes años, tomando en cuenta que la mayoría debe ser información actual, el 80% son desde el año 2010 hasta la actualidad, y el otro 20% son de años que va de 1990 hasta el año 2010, permitiendo así obtener una adecuada información.

2.2. Criterios de selección

Los criterios de selección de información se basaron principalmente en el título del trabajo, palabras claves, los resultados obtenidos la mayoría se encontraban en idioma español, y en inglés que fueron traducidos, los intervalos de los años de publicación fueron desde 2015 a la actualidad, y que para ampliar la información se buscó de años atrás, que brindan información relevante, la información en algunas ocasiones no procede de fuentes confiables.

Con estos parámetros se recopiló las principales fuentes empleadas en el presente trabajo que se detallan a continuación:

En cuanto a los colorantes:

- Calvo, (2018): Colorantes alimentarios.
- Campos, (2008): Guía de dosis de uso de los principales colorantes, conservantes y antioxidantes alimentarios.

- Henriette, M. A. (2009): International Journal of Food Science and Technology. Betalains: properties, sources, applications, and stability – a review.

Referente a la betalaína:

- Alarcón, & Quinzo, (2018): Formulación de un proceso para la obtención de colorante orgánico a partir de las flores de sangorache (*amaranthus quitensis*), para ser usado como aditivo en la producción de yogurt y salchichas.
- Amán, (2010): Utilización del extracto de remolacha beta vulgaris, como colorante natural en la elaboración del yogurt de fresa.
- Chadán, (2016): COLORANDES UTC,
- Nayhua, (2017): Obtención de colorante natural a partir de la cáscara de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*) por el método de extracción sólido-líquido para su aplicación en la industria de alimentos, fruto proveniente del distrito de san cristóbal-moquegua.
- Paltán, & Ruchi, (2013): Obtención del pigmento rojo (betacianina) a partir de la remolacha (*betavulgaris*) y su aplicación en la elaboración de un refresco en la ciudad de riobamba chimborazo.
- Coba et al., (2019): Obtención del colorante natural de tuna (*Opuntia ficus-indica*).
- Alfaro et al., (2019): Evaluación del efecto de la pasteurización y concentración sobre la calidad microbiológica, organoléptica y contenido de betalaínas de un jugo de vegetales fresco.
- Flores, (2020): Efecto de la adición de extracto de betabel (*betavulgaris*) liofilizado sobre las características fisicoquímicas, actividad antioxidante, contenido y estabilidad de betalainas y polifenoles en yogurt batido.

2.3. Métodos de sistematización de la información

Para el siguiente trabajo tipo bibliográfico se empleó la técnica de la recopilación, y selección de la información con un criterio de selección, discriminando información que no contribuya para la comprensión del trabajo; La información obtenida se ordenó de la manera más adecuada resumiéndola, mediante tablas en formato Excel y en formato Word, para que sea lo más comprensible.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS DE INVESTIGACIONES Y DISCUSIÓN

Los resultados que se obtuvieron de las investigaciones realizadas son expuestos en las siguientes tablas:

3.1. Uso y aplicación de los colorantes naturales en productos alimenticios

La betalaína es un pigmento que sirve como sustituto del colorante sintético, para dar una coloración rojiza, por lo que puede ser aplicado en algunos productos como en los que se pueden apreciar en la tabla 1-3:

Tabla 1-3: Uso y aplicación de los colorantes naturales en productos alimenticios

REFERENCIA	PIGMENTO	PRODUCTO	% Adición de colorante
Nayhua (2017)		Yogurt	10
		Helados	15
Paltan y Ruchi (2013)	BETALAÍNA	Bolo	1,3
		Yogurt	1,2
		Crema de chantilly	0,8
Amán (2010)		Yogurt	1
Chadan (2016)		Yogurt	1

Fuente: ¹Nayhua C, (2017), ²Paltan G & Ruchi G, (2013), ³Amán C, (2010), ⁴Chadan E, (2016).

Realizado por: Chimbolema Tixi Walter, 2020

Teniendo en cuenta a diferentes investigadores, la betalaína puede ser aplicado en productos, especialmente en los lácteos, ¹Nayhua, (2017) realiza dos productos, yogurt y helado, añadiendo el 10 y 15% de colorante natural respectivamente, en cuanto a ²Paltan y Ruchi (2013) aplican el 1,3% en bolos, el 1,2% añaden en yogurt, y en la crema de chantilly agregan un 0,8% de colorante natural, mientras tanto, ³(Amán, 2010), emplea tan solo el 1% en la elaboración del yogurt, porcentaje con el que concuerda ⁴Chadan, (2016) que de igual manera utiliza el 1% de colorante natural en el yogurt, adicionalmente menciona que la coloración del yogurt de ningún modo será excelente debido a que los consumidores difieren en gustos y coloración, ya que al no haber una norma donde se establezca los límites máximos permisibles la adición de colorantes naturales será de acuerdo al gusto.

3.1.1. Análisis microbiológico de productos con la adición de betalaína

La tabla 2-3, muestran los resultados del análisis físico – químico se realizó para determinar si los productos son inocuos y aptos para el consumo.

Tabla 2-3: Análisis microbiológico de productos con la adición de betalaína

REFERENCIA	PRODUCTO	UNIDAD	DETERMINACIÓN	RESULTADOS
Amán (2010)	Yogurt	ufc/ml	Coliformes totales	<10
		upc/ml	Coliformes fecales	Ausencia
		upc/ml	Mohos y levaduras	<10
Rojas (2015)	Néctar	ufc/ml	Coliformes totales	<10
		upc/ml	Aerobios mesófilos	<2
		upc/ml	Mohos y levaduras	<1
Alfaro et al. (2019)	Jugo	ufc/ml	Coliformes totales	Ausencia

Fuente: ¹Amán C, (2010), ²Rojas F, (2015), ³Alfaro et al, (2019).

Realizado por: Chimbolema Tixi Walter, 2020

Los análisis microbiológicos que realizó ¹Amán, (2010) de su producto que fue el yogurt donde muestra los resultados obtenidos en cuanto a coliformes totales el resultado es de <10 unidades formadoras de colonias, en lo que refiere a coliformes fecales hay una ausencia, y en mohos y levaduras nuevamente el resultado es de <10 unidades formadoras de colonias, resultados similares obtiene ²Rojas, (2015) que elaboró un nectar, en cuanto a coliformes totales un resultado de >10 ufc/ml, <2 en aerobios mesófilos y en lo que respecta a mohos y levaduras un resultado de <1 upc/ml, mientras que ³Alfaro, et al., (2019) en su jugo obtiene una ausencia en coliformes totales; resultados que según la (INEN 2395:2011), el límite mínimo de unidades formadoras de colonias para coliformes totales es de 10, para coliformes fecales es de <1, y para mohos y levaduras es de 200, por lo que se puede decir que el yogurt es apto para su comercialización y consumo.

3.2. Propiedades del yogurt a base de tuna añadiéndole un colorante natural

Al yogurt elaborado con la adición del colorante natural realizaron un análisis físico - químico, donde se muestra los resultados obtenidos en la tabla 3-3:

Los resultados que ¹Amán (2010), obtuvo al realizar el yogurt tipo I con la adición del colorante, son: proteína contiene un 2,9%, en cuanto a la grasa presenta un valor del 3,43%, la humedad con 76,09%, el valor del pH es de 4,3%, y de acidez 0,78%; resultados que se encuentran dentro del

Tabla 3-3: Propiedades del yogurt a base de tuna añadiéndole un colorante natural

VARIABLES	REFERENCIA		
	Amán (2010)	Chadan (2016)	Flores (2020)
Proteína %	2,9	NI	3,88
Grasa %	3,43	NI	5,02
Humedad %	76,09	82,8	79,92
pH %	4,3	4,5	3,96
Acidez %	0,78	0,52	NI

Fuente: ¹Amán C, (2010), ²Chadan E, (2016) ³Flores (2020).

Realizado por: Chimbolema Tixi Walter, 2020

NI: No Indica

rango dispuesto por la (INEN 2395:2011). En lo que refiere a ²Chadan (2016) tanto en proteína como en grasa no expresa los resultados, mientras que en humedad tiene un resultado de 82,8%, esto debido a que el colorante obtenido de tuna se presenta de forma líquida, el pH es de 4,5%, y 0,52% de acidez, así mismo los resultados obtenidos por ³Flores (2020) que preparo un yogurt batido muestran que contiene 3,88% de proteína, 5,02% de grasa, humedad de 79,92%, con un pH de 3,96, mientras que la acidez no expresa el resultado.

3.3. Técnicas de extracción de colorantes vegetales

En la tabla 4-3, se describe las técnicas de extracción que ciertos autores aplicaron para la obtención del colorante.

Diversos autores han realizado diferentes técnicas para la extracción de colorantes naturales; en lo que refiere con ¹Nayhua, (2017) señala que el metodo que utilizó es el de la extraccion sólido-líquido utilizando como solvente etanol al 75% de concentración, con agitación a una velocidad de 150 rpm durante 90 minutos, a temperatura ambiente obteniendo así el extracto en estado líquido, teniendo el 83% de rendiemento en la extracción de colorante. Por otro lado la investigación realizada por ²Gutierrez et al, (2017) la técnica aplicada fue la centrifugación, empleando agua destilada a una concentración del 1% como solvente, trabajando la centrifuga a una velocidad de 14000 rpm durante 25 minutos, manteniendo un Ph de 6, a una temperatura de 4°C, teniendo como resultado un extracto líquido; el rendimiento en esta investigación no tuvo buenos resultados ya que si bien, se extraé el colorante, este no era el fin, sino ver la capacidad antioxidante de la betalaína.

Tabla 4-3: Técnicas de extracción de colorantes vegetales

REFERENCIA	MÉTODO	SOLVENTE	Temperatura	Tiempo	Velocidad	pH	TIPO DE EXTRACTO
Nayhua (2017)	Sólido-líquido	Etanol	Ambiente	90 min	150 rpm	5	Líquido
Gutiérrez et al. (2017)	Centrifugación	Agua destilada	4°C	25 min	14000 rpm	6	Líquido
Sánchez (2006)	Cromatografía	Agua-metanol	15°C	10 min	5500 rpm	5	Acuosa
Coba et al. (2019)	Soxhlet	Alcohol etílico	45°C	6 h	Rotavapor presión de vacío 400 mmHg	6	En polvo
Chadan (2016)	Soxhlet	Alcohol etílico	78°C	2 h	-	4-5	Líquido

Fuente: ¹Nayhua C, (2017), ²Gutiérrez et al., (2017), ³Sánchez N, (2006), ⁴Coba et al., (2019), ⁵Chadan E, (2016).

Realizado por: Chimbolema Tixi Walter, 2020

Citando a ³Sánchez, (2006) el método que dicho autor emplea es la cromatografía, utilizando como solvente la combinación agua-metanol, a una concentración de 80-20% respectivamente, a una velocidad de 5500 rpm durante 10 minutos a 15°C de temperatura, siendo el resultante un extracto tipo acuoso.

En cuanto a ⁴Coba et al., (2019) aplica el método soxhlet que es un método de extracción con solventes; el solvente escogido fue el alcohol etílico a un 96% de concentración utilizando un rotavapor con una presión de vacío de 400 mmHg a 45°C de temperatura durante 6 horas, el extracto que obtuvieron fue en polvo, teniendo un 51.23% de rendimiento en el colorante. Así mismo ⁵Chadan, (2016) el método aplicado en su investigación es el mismo del autor citado, el método soxhlet, de igual manera el solvente y su concentración son los mismos, alcohol etílico al 96% respectivamente, a una temperatura de 78°C durante 2 horas, y obtuvo como resultado diferente un extracto líquido.

Para evitar la degradación de la betalaína una vez obtenidos, depende de ciertos requerimientos de acuerdo como lo es el efecto del pH que es uno de los factores a considerar al momento de añadir el colorante natural en un producto ya que el color permanece inalterado en un intervalo de pH de 3 a 7; a un pH inferior a 3 cambia su tonalidad a violeta, y su intensidad empobrece; si el pH es superior a 7, da una tonalidad azulada, por lo que en todas las investigaciones realizadas por los autores anteriormente citados, de acuerdo a lo anterior mencionado cumplen con el pH; igualmente el efecto de la actividad de agua (aw) tienen un impacto considerable sobre la estabilidad de los pigmentos; para asegurar un pigmento óptimo durante la manufactura, se deben de tener cuidadosamente controlados condiciones de tiempo y temperatura, la cual debe estar a

los 4°C, debe estar en ausencia de oxígeno, para que pueda ser aplicado en un producto alimenticio.

Los métodos de extracción del colorante natural anteriormente mencionados tienen efectividad y pueden ser aplicados sin ningún problema; sin embargo, el tiempo y la temperatura son factores a considerar y por eso el método más eficaz es la extracción sólido-líquido aplicado por ¹Nayhua (2017) ya que este método no requiere de un largo tiempo antes de la extracción y se puede realizar a una temperatura ambiente, en comparación con los otros métodos que requieren de cierto tiempo para el acondicionamiento de la materia prima antes de la extracción y una temperatura específica.

3.3.1. Análisis de metales y microbiológicos de la betalaína

La tabla 5-3, muestra los resultados obtenidos por los autores que realizaron el análisis y microbiológico, adicional también se hace el análisis de metales del tipo de colorante que finalmente extrajeron.

Tabla 5-3: Análisis de metales y microbiológicas de la betalaína

REFERENCIA	TIPO DE EXTRACTO	UNIDAD	DETERMINACIÓN	RESULTADOS
Chadan (2016)	Líquido		Aerobios mesófilos	<10
		ufc/ml	Coliformes totales	<10
		upc/ml	Mohos y levaduras	<10
Alarcón y Quinzo (2018)	Acuoso		Arsénico	0,0004
		mg/kg	Plomo	0,004
		upc/ml	Mohos y levaduras	40
Coba et al. (2019)	En polvo		Arsénico	< 0,01
		mg/kg	Plomo	6,1
			Zinc	3,6
		upc/ml	Mohos y levaduras	Ausencia
Orellana (2015)	En polvo		Aerobios mesófilos	<10
		ufc/ml	Escherichia coli	Ausencia
		upc/ml	Staphylococcus aureus	Ausencia
		upc/ml	Mohos y levaduras	≤ 1000

Fuente: ¹Chadan E, (2016), ²Alarcón & Quinzo, (2018), ³Coba et al., (2019), ⁴Orellana L, (2015).

Realizado por: Chimbolema Tixi Walter, 2020

Los resultados microbiológicos del extracto líquido que realizó ¹Chadan, (2016) en el recuento tanto de aerobios mesófilos, coliformes totales, y de mohos y levaduras es menor a 10 unidades

formadoras de colonias, resultados que se encuentran dentro del rango permitido; de acuerdo con ²Alarcón y Quinzo, (2018) que obtuvieron un extracto acuoso realizan un conteo de metales tales como el arsénico y el plomo obtenido 0,0004 y 0,004 mg/kg respectivamente adicional realiza un conteo de mohos y levaduras obteniendo una cantidad de 40 upc/ml, de la misma manera ³Coba et al., (2019) a más de realizar el análisis microbiológico del colorante en polvo, donde obtiene una ausencia tanto como para mohos y levaduras.

Sin embargo también realiza un análisis de metales, obteniendo un recuento para arsénico menor a 0,01 miligramos, para plomo y zinc los resultados son de 6,1 y 3,6 miligramos respectivamente; resultados que de acuerdo a la norma mexicana nom-119-ssal-(1994) los rangos permitidos para metales como arsénico es de <1 mg/kg, plomo <10 mg/kg, y para zinc <100 mg, en cuanto se refiere en mohos y levaduras el máximo debe ser de 100 unidades propagadoras de colonias (upc), los resultados obtenidos por ⁴Orellana, (2015) de su extracto en polvo una ausencia total en *Staphylococcus aureus* y *Escherichia coli*; mientras que tanto en aerobios mesófilos como en mohos y levaduras obtiene un recuento de <10 y ≤ 1000 upc/ml respectivamente, en cuanto al último resultado que corresponde a mohos y levaduras no cumple con lo establecido en la norma, ya que este excede los límites máximos, esto se puede deber a una mala manipulación durante el análisis microbiológico.

Cabe recalcar que los extractos en polvo obtenidos por ³Coba et al., (2019) y de ⁴Orellana, (2015) fueron con el fin de aplicarlos en la industria cosmética.

3.4. Resultados sobre la aplicación de colorantes naturales en el yogurt

Una de las características que es importante en la elaboración de productos es su aceptabilidad, y esta es determinada por los consumidores, ya que a estos va dirigido el producto, los resultados del análisis sensorial del yogurt elaborado con la adición del colorante natural que realizaron varios autores, se muestra en la tabla 6-3.

Tabla 6-3: Análisis sensorial del yogurt con la adición del colorante natural

REFERENCIA	TIPO DE EXTRATO	PRODUCTO	CARACTERÍSTICAS OERGANOLÉPTICAS				ACEPTABILIDAD			
			COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA	COLOR	OLOR	SABOR	TEXTURA
Amán (2010)			Rosa	Característico	Característico	Característico	Me gusta	Me gusta	Me gusta	Me gusta
Paltan y Ruchi (2013)	LÍQUIDO	YOGURT	Rojo pálido	Característico	Característico	Característico	Me gusta	Me gusta	Me gusta	Me gusta
Chadan (2016)			Rosa	Característico	Característico	Característico	Me gusta	Me gusta	Me gusta	Me gusta
Nayhua (2017)			Rojizo	Característico	Tuna	Homogéneo	Me gusta	Me gusta	Me gusta	Me gusta

Fuente: ¹Amán C, (2010), ²Paltan G & Ruchi G, (2013), ³Chadan E, (2016), ⁴Nayhua C, (2017).

Realizado por: Chimbolema Tixi Walter, 2020

De acuerdo con ¹Amán, (2010) para la elaboración del yogurt utilizo el 1% de colorante natural, obteniendo buenos resultados en la aceptabilidad, teniendo una vida de anaquel de 30 días en condiciones de almacenamiento favorables, en lo que respecta a la rentabilidad, menciona que adicionando dicho porcentaje da los mejores beneficios. Por otro lado ²Paltan y Ruchi, (2013) en su producto obtienen un color rojo pálido porque adicionaron el 1,2% de colorante, del total de los panelistas el 70,58% aceptan el color, y se muestran buenos resultados en la aceptación del producto por parte de los catadores, teniendo el producto una vida útil de 25 días en refrigeración, sin embargo el método de la obtención del colorante natural es uno de los puntos más débiles ya que el costo de la obtención del colorante natural supera en comparación al colorante sintético rojo 40.

En la investigación de ³Chadan, (2016) denominado “COLORANDES UTC” en la cual aplica el 1% de colorante natural en el yogurt, obteniendo un color rosa, teniendo el 33% de aceptabilidad por debajo del 47% de la muestra, y las demás características organolépticas, características propias del yogurt, teniendo de igual manera la aceptabilidad por parte de los panelistas, en cuanto a los beneficios económicos resulta menos costoso en comparación con el colorante natural carmín de cochinilla. Los resultados obtenidos por parte de ⁴Nayhua, (2017) son aceptables, teniendo un color rojizo debido a que se aplicó el 10% de colorante natural, y no se añadió ningún saborizante, por lo que el sabor a tuna predominó y sin embargo el producto fue aceptado por parte de los panelistas, durante 11 días se tomaron muestras para determinar la vida de anaquel y durante esos días no presentaron cambios en ninguna de sus características organolépticas.

CONCLUSIONES

De acuerdo con las varias revisiones bibliográficas relacionados con la extracción y aplicación de colorantes tenemos las siguientes conclusiones:

- La betalaína es un pigmento natural que puede ser aplicado en diversos productos alimenticios que requieren de una coloración rojiza, en especial en el yogurt, ya que al ser añadido en este producto no se altera el pigmento debido a que las características físicas y químicas del yogurt brindan un adecuado medio y permiten la estabilidad del pigmento.
- El yogurt no presenta variedad en cuanto a la composición fisicoquímica al agregar la betalaína, y de acuerdo con el análisis microbiológico el producto cumple con los requisitos dispuestos por la norma que regula para la elaboración de yogurt, siendo inocuo y apto para su consumo.
- La técnica más adecuada para la obtención de colorante natural (betalaína) es la extracción solido-liquido, utilizando etanol como solvente a una concentración del 75% debido a que este método no requiere de una temperatura específica al momento de la extracción, y el tiempo es corto, teniendo el 83% de rendimiento en la extracción del colorante.
- De acuerdo a diferentes investigaciones los resultados de las pruebas organolépticas indican que el colorante natural puede ser aplicado en el yogurt sin ningún problema ya que la adición de este pigmento no altera las características sensoriales.

RECOMENDACIONES

Concluido la revisión bibliográfica acerca la extracción y aplicación de la betalaína se recomienda lo siguiente:

- Realizar investigaciones acerca de la tuna roja, debido a que esta fruta es una buena fuente de betalaína que se puede industrializar e incentivar a los agricultores a cultivar el nopal a gran escala ya que en el Ecuador se produce a baja escala solo para consumirla como fruta.
- Al colorante extraído microencapsularlo para garantizar la estabilidad del colorante tanto para su conservación como también en la aplicación de productos alimenticios.
- Sustituir pigmentos naturales por los colorantes sintéticos para evitar complicaciones en la salud que a largo plazo conllevan el consumo de colorantes artificiales.

BIBLIOGRAFÍA

ADITIVOS ALIMENTARIOS. Amarillo Ocaso E 110. [En línea]. (Investigación). 2016. [Consulta: 2020-09-24]. Disponible en: <https://www.aditivos-alimentarios.com/2016/01/E110.html>.

ALARCÓN LAYEDRA, Marco Vinicio & QUINZO GUEVARA, Jessica Ivette. Formulación de un proceso para la obtención de colorante orgánico a partir de las flores de sangorache (*amaranthus quitensis*), para ser usado como aditivo en la producción de yogurt y salchichas. [En línea]. (Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencia, Escuela de Ingeniería Química. Riobamba-Ecuador. 2018. pp. 39-42 [Consulta: 2020-12-22]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/10513/1/96T00507.pdf>.

ALFARO GUTIERREZ, Milagros Rocio, et al. Evaluación del efecto de la pasteurización y concentración sobre la calidad microbiológica, organoléptica y contenido de betalaínas de un jugo de vegetales fresco. [En línea]. (Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad San Ignacio de Loyola, Facultad de Ingeniería, Carrera de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Lima-Perú. 2019. pp. 77-85. [Consulta: 2020-12-22]. Disponible en: http://repositorio.usil.edu.pe/bitstream/USIL/9766/1/2019_Alfaro-Gutierrez.pdf.

AMÁN SILVA, Carmen Maribel. Utilización del extracto de remolacha beta vulgaris, como colorante natural en la elaboración del yogurt de fresa. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencia Pecuarias, Escuela de Ingeniería en Industrias Pecuarias. Riobamba-Ecuador. 2010. pp. 32-82. [Consulta: 2020-09-25]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/813/1/27T0162.pdf>

ARANCETA, J & SERRA, LI. *Leche, lácteos y salud.* [En línea]. Buenos Aires-Argentina: Médica Panamericana, 2004. [Consulta: 2020-10-12]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=RnR9M8HTOngC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

BADUI, S. *Química de los alimentos.* [En línea]. Cuarta edición. Ciudad de México-México : Pearson Educacion, 2006. [Consulta: 2020-09-19]. Disponible en: http://depa.fquim.unam.mx/amyd/archivero/Libro-Badui2006_26571.pdf

BADUI, S. *Química de los alimentos.* [En línea]. Segunda edición. Ciudad de México-México: Alhambra Mexicana S. A. De C. V., 1990. [Consulta: 2020-09-19]. Disponible en: <https://deymerg.files.wordpress.com/2013/07/quc3admicadelosalimentossalvadorbaduidergal.pdf>

BELLO, J. *Ciencia bromatológica*: [En línea]. Madrid-España : Ediciones Diaz de Santos, S. A., 2008. [Consulta: 2020-10-14]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=94BiLLKBJ6UC&printsec=frontcover&hl=es&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

BENAVIDES, Adalberto; et al. *Tratado de botánica economicamente moderna*. [En línea]. Guadalajara-México : Saltillo, 2010. [Consulta: 2020-11-05]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/303989976_Tratado_de_Botanica_Economica_Moder_na/link/576200d208ae5c6f86da8316/download

BENITES QUILCA, Helen Paulina. Comparación de los solventes agua y etanol en la extracción de betalainas a partir de las brácteas de buganvilla (*Bougainvillea Glabra* Ch.). [En línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias. Huancayo-Perú. 2015. pp. 21-26. [Consulta: 2020-09-28]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1225/BENITES%20QUILCA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

CALVO DOMPER, Marta. 2018. Colorantes alimentarios. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Farmacia. Madrid-España. 2018. p.18. [Consulta: 2020-12-18]. Disponible en: <http://147.96.70.122/Web/TFG/TFG/Memoria/MARTA%20CALVO%20DOMPER.pdf>.

CALVO, M. *Bioquímica de los alimentos*. [En línea]. Zaragoza-España: Aepla, D.L., 1994. [Consulta: 2020-10-19]. Disponible en: <http://milksci.unizar.es/bioquimica/uso.html>

CAMPOS Salazar, Carmen. Guía de dosis de uso de los principales colorantes, conservantes y antioxidantes alimentarios. [En línea]. (Investigación). 2008. [Consulta: 2020-10-24]. Disponible en: https://www.academia.edu/28875836/GUIA_DE_DOSIS_DE_USO_DE_LOS_PRINCIPALES_COLORANTES_CONSERVANTES_Y_ANTIOXIDANTES_ALIMENTARIOS.

CARRERA, Rodrigo. *Estancia Industrial y de Investigación*. [blog]. 2013-04-21. [Consulta: 2020-09-28]. Disponible en: <http://estanciaindustrialydeinvestigacion.blogspot.com/2013/04/calculos-en-mi-estancia-de-de.html?view=flipcard>.

CHADAN ANALUISA, Edwin Anibal. Colorantes etc. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica de Cotopaxi, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Latacunga-Ecuador. 2016. pp. 25-51. [Consulta: 2020-09-28]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/3596/1/T-UTC-00833.pdf>

COBA, Raquel; et al. "Obtención del colorante natural de tuna *Opuntia ficus-indica*". Ciencia Digital. [En línea]. 2019, (Ecuador), 3(3.2), pp.232-240. [Consulta: 4 Diciembre 2020]. ISSN: 2602-8085. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/334807476_Obtencion_del_colorante_natural_de_tuna_Opuntia_ficus-indica_Obtaining_natural_colorants_tuna_Opuntia_ficus-indica/references.

KRASER, R. & HERNÁNDEZ, S. "Colorantes alimentarios y su relación con la salud ".Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias [En línea], 2019, (Argentina) 17(1), pp. 3-5. [Consulta: 27 Diciembre 2020]. ISSN 1697-011X. Disponible en: <https://revistas.uca.es/index.php/eureka/article/view/5222/5735>

CUMBIA MIX. ¿Qué es la Tartrazina y cómo afecta tu salud?. [En línea]. (Investigación). 2018. [Consulta: 2020-09-25]. Disponible en: <http://radiocumbiamix.com/tips-salud-hogar/tartrazina-el-enemigo-silencioso-de-nuestra-salud>.

ESCALANTE, Jose. Yogur de vaca: propiedades, beneficios y valor nutricional. [En línea]. (Investigación). 2018. p.13 [Consulta: 2020-09-23]. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/comer/materia-prima/20181113/452820048965/yogur-vaca-propiedades-beneficios-valor-nutricional-alimentos.html>.

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). Programa conjunto de la fao/oms sobre normas alimentarias. [En línea]. (Investigación). 2012 p.8. [Consulta: 2020-09-23]. Disponible en: http://www.fao.org/tempref/codex/Meetings/CCFA/CCFA44/fa44_02s.pdf

FindLaw. Datos sobre el color de los alimentos. [En línea]. (Investigación). 2008 [Consulta: 2020/09/03]. Disponible en: <https://corporate.findlaw.com/law-library/food-color-facts.html>.

FISCHER, G. *Manual para el cultivo de frutales en el tropico*. [En línea]. Bogota-Colombia: Impresión y Encuadernación Produmedios. [Consulta: 2020-11-19]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/257972716_Introduccion_Manual_para_el_cultivo_de_frutales_en_el_tropico

Flores, Martha. 2020. Efecto de la adición de extracto de betabel (*betavulgaris*) liofilizado sobre las características fisicoquímicas, actividad antioxidante, contenido y estabilidad de betalainas y polifenoles en yogurt batido. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Autónoma de Chihuahua, Facultad de Zootécnica y Ecología, Secretaria de Investigación y Postgrado. Chihuahua, México. 2020 pp.49-58. [Consulta: 2020-12-27]. Disponible en: <http://repositorio.uach.mx/280/1/TESIS.pdf>.

GALARZA MEDINA, Carolina Hipatia. obtención de un colorante a partir de las flores de ataco o sangorache (*Amaranthus sp.*). [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencia e Ingeniería en Alimentos, Carrera Ingeniería Bioquímica. Ambato-Ecuador. 2013. pp.31-32. [Consulta: 2020-12-14]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/6635/1/BQ%2044.pdf>

GARCIA, Francisco; et al. La combinación de ciertos pigmentos vegetales genera en las flores patrones de fluorescencia que podrían operar a modo de señal para los polinizadores. [En línea]. (Investigación). 2011. p.52. [Consulta: 2020-09-26]. Disponible en: <https://www.investigacionyciencia.es/files/2981.pdf>.

GARCÍA CASTILLEJOS, Paloma. Seis tipos de tunas: desde la blanca hasta el garambullo. [En línea]. (Investigación). 2019. p.3. [Consulta: 2020-09-28]. Disponible en: <https://www.animalgourmet.com/2019/02/05/tuna-tipos/>

GONZÁLEZ, Mónica. Antocianinas. [En línea]. (Investigación). 2011. p.1. [Consulta: 2020-09-26]. Disponible en: <https://quimica.laguia2000.com/elementos-quimicos/antocianinas>.

GUTIERREZ, Teresa; et al. "Compuestos bioactivos y capacidad antioxidante en frutos de xoco tuna, tuna y xoconostle (*Opuntia spp.*)". Scielo. [En línea]. 2017, (México), 33(3), pp. 265-271. [Consulta: 27 Septiembre 2020.]. ISSN: 0719-3890. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/chjaasc/v33n3/0719-3890-chjaasc-00704.pdf>.

HENRIETTE, Azeredo. "Betalains: properties, sources, applications, and stability". International Journal of Food Science and Technology. [En línea]. 2009, (Brasil), 44(12), pp.2365-2376 [Consulta: 2020-09-27]. ISSN: 6051-1110. Disponible en: <https://ifst.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/j.1365-2621.2007.01668.x.b>

HERNANDEZ, Silvia. Un poco más sobre los colorantes artificiales. [En línea]. (Investigación). 2018. [Consulta: 2020-09-26]. disponible en: <https://www.alimentacionasaludable.es/noticias/noticia.asp?id=349>

LICATA, Marcela. Ventajas del consumo del yogurt. [En línea]. (Investigación). 2006. pp.8-12. [Consulta: 2020-09-24]. Disponible en: <https://www.zonadiet.com/alimentacion/lactobacilos.htm>

LIÉTOR GALLEGO, José. *Ingesta Diaria Admisible, un timo con mayúsculas.* [Blog]. 2019. [Consulta: 26 Septiembre 2020.]. Disponible en: <https://geoinnova.org/blog-territorio/ingesta-diaria-admisible-un-timo-con-mayusculas/>

Lucía, Orellana. 2015. Extracción y caracterización de los pigmentos naturales presentes en beta vulgaris (remolacha) para la propuesta de una formulación cosmética y evaluación de su estabilidad fisicoquímica y microbiológica. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería)

Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia. Guatemala. 2015. pp. 66-71. [Consulta 2020-12-18]. Disponible en: http://www.repositorio.usac.edu.gt/889/1/06_3717.pdf

MARCANO, Deanna. *Introducción a la Química de los Colorantes.* [En línea]. Caracas-Venezuela: Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales, 2018. [Consulta: 2020-09-27]. Disponible en: <http://saber.ucv.ve/bitstream/10872/19390/1/colorantes%20listo%20%20bisbn.pdf>

MELÉNDEZ, Antonio; et al. Pigmentos carotenoides: consideraciones estructurales. [En línea] 2007, (España) 57(2), pp.109-114 [Consulta: 27 Septiembre 2020.]. ISSN 4101-4723. Disponible en: https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/26236/file_1.pdf?sequence=1

MENDOZA ROMERO, Lázaro Mario. Proceso de elaboración de yogur batido. [En línea] (Trabajo de titulación). (Licenciatura) Instituto Tecnológico Superior de Comalcalco, Comalcalco-México. 2007. pp.15-17. [Consulta: 2020-09-24]. Disponible en: <https://www.textoscientificos.com/alimentos/yogur>

MORENO-ARRIBAS, Maria Victoria. Importancia del color en los alimentos. [En línea]. (Investigación). 2017. pp.6-7 [Consulta: 2020-09-26]. Disponible en: https://www.revistaalimentaria.es/fotos_noticias/PDF4752.pdf

NAYHUA YANA, Candelaria Milagros. Obtención de colorante natural a partir de la cáscara de tuna púrpura (*Opuntia ficus-indica*) por el método de extracción sólido-líquido para su aplicación en la industria de alimentos, fruto proveniente del distrito de san cristóbal-moquegua. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Química, Escuela Profesional de Ingeniería Química, Puno-Perú. 2017. pp.47-66. [Consulta: 2020-12-04]. Disponible en: http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/6391/Nayhua_Yana_Candelaria_Milagros.pdf?sequence=1

NOM-119-SSA1-1994. *Norma Oficial Mexicana. Especificaciones sanitarias de materias primas para alimentos, productos de perfumería y belleza, y colorantes orgánicos naturales.*

NSO 67.01.10:06. *Norma salvadoreña. Productos lacteos yogurt. Especificaciones.*

NTE INEN 9:2012. *Norma técnica ecuatoriana . Leche cruda. Requisitos.*

NTE INEN 2395:2011. *Norma técnica ecuatoriana. Leches fermentadas. Requisitos.*

OCHOA, C & GUERRERO, J. "La tuna: una perspectiva de su producción, propiedades y métodos de conservación". Temas selectos de ingeniería de alimentos. [En línea] 2010, (México)

4(1). pp.50-52. [Consulta: 27 Septiembre 2020.]. ISSN: 4283-2734. Disponible en: [https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-1/TSIA-4\(1\)-Ochoa-Velasco-et-al2010.pdf](https://www.udlap.mx/WP/tsia/files/No4-Vol-1/TSIA-4(1)-Ochoa-Velasco-et-al2010.pdf)

OPAZO, Paola. 2014. Amarillo de quinoleína o E-104: Colorante sintético peligroso para la población infantil. [En línea]. (Investigación) 2014. p.6 [Consulta: 2020-09-26]. Disponible en: <https://momentofit.com/e-104-amarillo-de-quinoleina/>

PALTÁN BONIFAZ, Gabriela Alejandra & RUCHI YUNGÁN, Guido Oswaldo. Obtención del pigmento rojo (betacianina) a partir de la remolacha (*Betavulgaris*) y su aplicación en la elaboración de un refresco en la ciudad de riobamba chimborazo. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Agroindustrial. Riobamba-Ecuador. 2013. pp.45-51. [Consulta: 2020-09-27]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/411/1/UNACH-EC-IAGRO-2013-0001.pdf>

PAUCARA CONDORI, Carla Maribel. Caracterización física y química de la tuna (opuntia ficus indica) en el municipio de luribay provincia loayza del departamento de la paz. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Mayor de San Andrés, Facultad de Agronomía, Carrera de Ingeniería Agronómica, La Paz, Bolivia. 2017. pp. 2-81. [Consulta: 2020-12-23]. Disponible en: [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3474/EFEECTO%20DE%20TRES%20CONCENTRACIONES%20DE%20MUC%20C3%84DLAGO%20DE%20TUNA%20\(Opuntia%20ficus-indica%20\(L.\)%20Miller\)%20Y%20DE%20SAN%20PE.pdf?sequence=1](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/3474/EFEECTO%20DE%20TRES%20CONCENTRACIONES%20DE%20MUC%20C3%84DLAGO%20DE%20TUNA%20(Opuntia%20ficus-indica%20(L.)%20Miller)%20Y%20DE%20SAN%20PE.pdf?sequence=1).

PENELO, Lidia. Tuna: beneficios, propiedades y valor nutricional. [En línea]. (Investigación). 2018. p.2-3. [Consulta: 2020-09-27]. Disponible en: <https://www.lavanguardia.com/comer/frutas/20180920/451861792373/tuna-fruta-nopal-beneficios-propiedades-valor-nutricional.html>

PORTILLA RODAS, Roberto Carlos. Utilización de diferentes niveles de okara en la elaboración de yogurt tipo i. [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Extensión Morona Santiago, Facultad de Ciencias Pecuarias, Escuela de Ingeniería en Industrias Agropecuarias, Morona-Ecuador. 2015. pp.17-18. [Consulta: 2020-11-14]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/6073/1/27T0310.pdf>

RAMOS, Francisco. Proyecto de norma oficial mexicana proy-nom-181-scfi-2010, yogur. [En línea]. (Investigación). 2010. p12. [Consulta: 2020-09-14]. Disponible en: <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/scfi/scfi181p-10.pdf>

REARTES, Luis. Productos Químicos para los Alimentos. [En línea]. (Investigación). 2001. p.28. [Consulta: 2020-09-26]. Disponible en: <https://www.monografias.com/trabajos13/aditi/aditi.shtml>

ROJAS IPARRAGUIRRE, Frank Daniel. Formulación y evaluación de la estabilidad de betalainas y vitamina c en almacenamiento de bebida a base de tumbo (*passiflora mollisima*) y tuna (*opuntia sp.*) edulcorada con stevia. [En línea]. (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional del Centrpo del Perú, Facultad de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Huancayo, Perú. 2015. pp. 54-59. [Consulta: 2020-12-16]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/UNCP/1256/ROJAS%20IPARRAGUIRRE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

ROSSI, Sebastian. Propiedades del yogurt. [En línea]. (Investigación). 2011. p.4. [Consulta: 2020-09-23]. Disponible en: <https://www.vix.com/es/imj/salud/2011/01/13/propiedades-del-yogurt>

SÁNCHEZ GONZÁLEZ, Noé. Etracción y caracterización de los principales pigmentos del *Opuntia joconoste c. v. (xonostle)*. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Instituto Politécnico Nacional, Ciudad de México- México. 2006. pp.15-85. [Consulta: 2020-12-04]. Disponible en: https://repositoriodigital.ipn.mx/bitstream/123456789/10716/1/PTA_M_20061219_001.PDF

SÁNCHEZ JUAN, R. "la química del color en los alimentos". *Química viva* [En línea] 2013. (Argentina) 12(3), pp.240-241. [Consulta: 2020-09-24]. ISSN 1666-7948. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278005.pdf>

SIERRA, Andres. Aunque me espine la mano: la tuna y sus generosos beneficios para la salud. [En línea]. (Investigación). 2013. p.5 [Consulta: 2020-09-27]. Disponible en: <https://ecoosfera.com/2013/09/aunque-me-espine-la-mano-la-tuna-y-sus-generosos-beneficios-para-la-salud/>

WONG, Wilson. Betalaínas: colorantes naturales con actividad antioxidante. [En línea]. (Investigación). 2012. p.5-6. [Consulta: 2020-09-26]. Disponible en: https://www.academia.edu/7758146/Betala%C3%ADnas_colorantes_naturales_con_actividad_antioxidante