



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos

**PROPUESTA DE TINCIÓN DE LOROCO (*Fernaldia pandurata*) CON COLORANTE
ARTIFICIAL Y NATURAL A ESCALA DE LABORATORIO, PARA MEJORAR LA CALIDAD
EN PRODUCTO TERMINADO**

Licda. Consuelo Alejandra Acajabon Cabrera

Asesorado por la Mtra. Licda. Aleyda Lissette Serrano Vela

Guatemala, noviembre de 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE TINCIÓN DE LOROCO (*Fernaldia pandurata*) CON COLORANTE
ARTIFICIAL Y NATURAL A ESCALA DE LABORATORIO, PARA MEJORAR LA CALIDAD
EN PRODUCTO TERMINADO**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA POR

LICDA. CONSUELO ALEJANDRA ACAJABON CABRERA
ASESORADO POR LA MTRA. LICDA. ALEYDA LISSETTE SERRANO VELA

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

MAESTRA EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA DE LOS ALIMENTOS

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2021

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
VOCAL I	Ing. José Francisco Gómez Rivera
VOCAL II	Ing. Mario Renato Escobedo Martínez
VOCAL III	Ing. José Milton De León Bran
VOCAL IV	Br. Kevin Vladimir Armando Cruz Lorente
VOCAL V	Br. Fernando José Paz González
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANA	Inga. Aurelia Anabela Cordova Estrada
DIRECTOR	Ing. Edgar Darío Álvarez Cotí
EXAMINADORA	Licda. Blanca Azucena Méndez Cerna
EXAMINADOR	Ing. Vladimir Iván Pérez Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA DE TINCIÓN DE LOROCO (*Fernaldia pandurata*) CON COLORANTE ARTIFICIAL Y NATURAL A ESCALA DE LABORATORIO, PARA MEJORAR LA CALIDAD EN PRODUCTO TERMINADO

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Estudios de Postgrado, con fecha 03 de agosto de 2020

Licda. Consuelo Alejandra Acajabon Cabrera

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por ser siempre bueno, misericordioso y fiel en cada etapa de mi vida. Por darme sabiduría, inteligencia y fuerza para alcanzar mis metas.

Mis padres

Orlando Acajabon y Consuelo de Acajabon. Por todo su amor, esfuerzo, apoyo y cariño. Que me han brindado toda la vida. Gracias por creer y apoyarme en todo.

Ever Acajabon

Por demostrarme su apoyo, cariño y siempre estar ahí en cada paso. Gracias por ser como eres conmigo.

Mis hermanos

Por el cariño, apoyo, compañía y amor que siempre me han dado. Gracias por los buenos y malos momentos que hemos pasado juntos.

Mi tía

Yadira Cabrera por ser una persona especial en mi vida y su apoyo incondicional.

Mi familia

Abuelitos, tíos y primos por estar en todo momento conmigo apoyándome en cada aspecto de mi vida.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala

Por ser mi *alma mater*, por ser el lugar de preparación académica y profesional.

Facultad de Ingeniería

Por brindarme las herramientas necesarias para poder culminar la Maestría.

Mi asesora

Mtra. Aleyda Serrano, gracias por su amistad y cariño demostrados en todos estos años. Por su soporte y apoyo durante la elaboración del trabajo de graduación.

Mis amigos maestría

Por todos los momentos que convivimos durante estos dos años de estudio y todo lo aprendido de cada uno.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	III
LISTA DE SÍMBOLOS	V
GLOSARIO	VII
RESUMEN.....	IX
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	XI
OBJETIVOS.....	XV
RESUMEN MARCO TEÓRICO	XVII
INTRODUCCIÓN	XIX
1. ANTECEDENTES	1
2. MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Loroco.....	5
2.1.1. Aspectos botánicos.....	5
2.1.2. Requerimientos climáticos y edáficos	7
2.1.2.1. Precipitación.....	7
2.1.2.2. Temperatura.....	7
2.1.2.3. Humedad relativa	7
2.2. Aditivos alimentarios	9
2.3. Colorantes alimentarios	9
2.3.1. Colorante artificial	10
2.3.1.1. Colorantes artificiales azoicos	11
2.3.1.2. Colorantes artificiales no azoicos	12
2.3.2. Colorante natural.....	13

2.3.2.1.	Colorantes naturales liposolubles	13
2.3.2.2.	Colorantes hidrosolubles.....	14
2.4.	Legislación de los colorantes.....	14
2.4.1.	Colorantes sujetos a certificación	15
2.4.2.	Colorantes exentos de certificación	15
2.4.3.	Ingesta Diaria Admisible (IDA).....	16
2.5.	Extracción de clorofila	16
3.	DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN.....	19
3.1.	Fases de la investigación	19
4.	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.....	21
5.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	29
	CONCLUSIONES.....	33
	RECOMENDACIONES	35
	REFERENCIAS	37
	APÉNDICE	41

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Extracción de clorofila a partir de espinaca.....	19
2.	Estabilidad del colorante natural a través de la cocción del loroco.....	24
3.	Porcentaje de desperdicio de loroco en industria de alimentos.....	25
4.	Porcentaje del ahorro en la implementación del loroco.....	26
5.	Evaluación sensorial del sabor.....	26
6.	Evaluación de la diferencia de la muestra original.....	27

TABLAS

I.	Operacionalización de variables.....	XVIII
II.	Obtención de clorofila a partir de hojas de espinaca.....	21
III.	Tinción de loroco a partir de color clorofila.....	22
IV.	Tinción de loroco a partir de color artificial	22
V.	Análisis microbiológico de producto terminado	23
VI.	Estabilidad del colorante natural a través de la cocción del loroco.....	24

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
g	Gramos
pH	Potencial de hidrógeno
%	Porcentaje

GLOSARIO

Aditivo alimentario

Es una sustancia que no se consume normalmente como alimento por sí misma ni se usa normalmente como ingrediente típico del alimento, tenga o no valor nutritivo, cuya adición intencional al alimento para un fin tecnológico.

Bellotas de loroco

Es la parte útil del cultivo de loroco, se colecta en un estado de botón aún cerrado.

Calidad alimentaria

Es el conjunto de características de un producto que influyen en su aceptabilidad por parte de los consumidores en tanto que calidad de un alimento es el conjunto de características de este que son requeridas por los consumidores, explícita o implícitamente.

Consumidor insatisfecho

Es una persona que está en desacuerdo con el producto que ha comprado porque no cumple con sus expectativas.

FD&C

Food, drug and cosmetic

Inocuidad alimentaria

Es la garantía que el consumo de un alimento no causará ninguna enfermedad o daño al consumidor.

Solvente

Se refiere a sustancias orgánicas en estado líquido, utilizadas para disolver sólidos o gases u otros líquidos.

UFC

Unidades formadoras de colonias

RESUMEN

Se propusieron tres tinciones diferentes para la coloración de loroco blanco (bellotas de loroco), dos tinciones con colorantes naturales: color clorofila en polvo y clorofila a partir de la extracción con un solvente orgánico de hojas de espinaca y con un colorante artificial el cual consistía en la mezcla de azul No. 1 y amarillo No. 5 para formar un color verde. Se realizó únicamente la tinción con colorante clorofila en polvo en gran escala en la última etapa del proceso del loroco, en el cual se mezcló el colorante con ácido ascórbico con un tiempo de exposición de 10 min para, luego, pasar por un secador, se empacó al vacío, se pasó por un *blast freezer* y se almacenó de 4 a 8°C.

Se realizó análisis microbiológico de coliformes totales y fecales, recuento aeróbico total, *Escherichia. coli*, mohos y levaduras, *Salmonella spp* y *Listeria monocytogenes* para evaluar el cumplimiento de parámetros de la norma RTCA 67.04.50:17. Se evaluó la estabilidad del colorante clorofila en polvo con el 10 % y 15 % del loroco teñido en el producto terminado de loroco por medio de la cocción. Se determinó el porcentaje de ahorro para la implementación de la tinción. Además, se realizó una evaluación sensorial con los parámetros de apariencia y sabor.

Los resultados obtenidos a escala de laboratorio mostraron que el colorante clorofila en polvo fue el único que tuvo adhesión con el loroco, cumple con la norma RTCA 67.04.50:17. Es estable ya que no se desprendió luego de la cocción y tiene un porcentaje significativo en el ahorro cuando se agrega el 10 % de loroco teñido en el producto terminado.

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA Y FORMULACIÓN DE PREGUNTAS ORIENTADORAS

- Contexto general

El agua es un elemento imprescindible. Es esencial para la producción agrícola y seguridad alimentaria. Al tratarse de un recurso natural, el cambio climático y nuestros hábitos de vida están haciendo que las reservas de agua estén disminuyendo a un ritmo alarmante (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019).

Se necesitan entre 2000 y 5000 litros de agua para producir los alimentos consumidos por una persona en un día, tomando en cuenta que la población mundial alcanzará los diez mil millones de personas en 2050. Se espera que la demanda de alimentos aumente un 50 % con el consiguiente incremento de necesidad de agua (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2019). Por lo que se deben buscar una solución en la temporada de sequía.

- Descripción general del problema

El loroco es una planta endémica en el cual se localiza a una altura sobre el nivel del mar de igual o menor de 900 metros, distribuyéndose en los departamentos de Izabal, Zacapa, Chiquimula, El Progreso y Jutiapa, encontrándose ampliamente distribuido en la zona semiárida del oriente, la cual puede encontrarse en forma silvestre en la parte sur. El mejor rango de humedad relativa oscila entre 70 a 77 % promedio anual por lo que se necesita el riego de

suelo y es de vital importancia el agua para que el loroco no pierda el color (Álvarez, 2018). Este problema afecta a los proveedores de loroco ya que en la industria se rechaza la materia prima que no cumpla con la especificación del color.

- Delimitación del problema

Se realizó este estudio en una industria exportadora de frutas y vegetales congelados, el cual recibe la materia prima del Departamento de El Progreso y Jalapa, Guatemala. Se realizó el proceso de selección hasta producto terminado y el almacenamiento. Se tuvo relación directa con proveedores, supervisores de proceso, gerente de aseguramiento de calidad, gerente de operaciones y operarios durante julio a noviembre 2020.

- Formulación del problema

El estudio planteado se orientó hacia la búsqueda de respuestas a las siguientes preguntas:

- Pregunta principal

¿Cuáles son las propuestas para la tinción de loroco (*Fernaldia pandurata*) con colorante artificial y natural a escala de laboratorio para mejorar la calidad en el producto terminado?

- Preguntas auxiliares

- ¿Cómo obtener clorofila a partir de hojas de espinaca por medio de un solvente orgánico para la tinción de loroco como colorante natural?

- ¿Cómo realizar la tinción de loroco a partir de color clorofila como colorante natural?
- ¿Cómo realizar la tinción de loroco a partir de colores artificiales?
- ¿Cuál es la inocuidad del loroco luego de la tinción de colorante artificial y natural?
- ¿Cuál es la estabilidad del colorante natural y del colorante artificial?
- ¿Cuál es el costo de implementación de la tinción en la industria de alimentos utilizando los dos tipos de colorantes?

OBJETIVOS

General

Proponer una tinción para el loroco (*Fernaldia pandurata*) con colorante artificial y natural a escala de laboratorio para mejorar la calidad del producto terminado.

Específicos

- Obtener clorofila a partir de hojas de espinaca por medio de un solvente orgánico para la tinción de loroco como colorante natural.
- Realizar la tinción de loroco a partir de un color clorofila como colorante natural.
- Realizar la tinción de loroco a partir de colorantes artificiales.
- Evaluar la inocuidad del loroco luego de la tinción de colorante natural y artificial por análisis microbiológico.
- Evaluar la estabilidad del colorante artificial y natural a través de la cocción del loroco.
- Determinar el costo de implementación de la tinción de los tres tipos de colorantes en la industria de alimentos.

RESUMEN MARCO TEÓRICO

El estudio tuvo un diseño no experimental en la recolección de información sobre el análisis microbiológico, estabilidad del colorante y la determinación del costo de implementación de la tinción de loroco.

Se clasificó como transversal descriptivo, ya que los análisis se realizaron en un momento específico y evaluando el comportamiento de variables de operación. El enfoque de esta investigación fue Mixto.

Cuantitativa. Se determinó por medio del conteo de bacterias en los análisis microbiológicos teniendo como dimensionales UFC/g y ahorro de implementación de la tinción. Cualitativa, se determinó por medio de una cartilla de colores la adhesión de los colorantes y la estabilidad durante la cocción.

Se realizó la propuesta con tres colorantes diferentes, dos con colorantes naturales y una con colorantes artificiales, se realizó análisis microbiológicos en el laboratorio de la empresa en dónde se realizó la propuesta y en el laboratorio FQB, evaluando *E.coli*, Recuento aeróbico total, Mohos y Levaduras, Coliformes totales, *Salmonella* spp y *Listeria monocytogenes*, se evaluó la estabilidad de la adhesión del colorante luego de la cocción, se realizó un panel sensorial para evaluar la apariencia que contenía un 10 % y 15 % del peso neto del producto terminado. Finalmente, se determinó el costo de la implementación de la tinción.

Tabla I. Operacionalización de variables

Nombre de la variable	Definición conceptual	Definición operacional	Indicador
Obtención de clorofila	Es un pigmento verde de las plantas que por sus características se extrae y se utiliza en alimentos, farmacia y cosméticos (Ruíz et al, 2019).	Evaluar la separación del pigmento	Forma visual por cartilla de colores (verde)
Tinción de loroco	La tinción es utilizada para recuperar el color perdido tras un procesado industrial, para acentuar el color original o para darle un color más atractivo (Sánchez, 2013).	Adición de colorantes: artificial (amarillo No. 5 y azul No 1) y natural (clorofila).	Forma visual por cartilla de colores (verde) de cada uno de los colorantes
Inocuidad	Es la ausencia, o niveles seguros y aceptables, de peligro en los alimentos que pueden dañar la salud de los consumidores (FAO,2019)	Análisis microbiológico	<i>Escherichia coli</i> : <10 UFC/g <i>Salmonella</i> ssp/25g: Ausencia <i>Listeria monocytogene</i> s/25g: Ausencia
Estabilidad del colorante	Es la propiedad de un material para conservar su color durante un período de tiempo y en un ambiente específico (López, 2003).	Coloración verde con agua	Forma visual por cartilla de colores (verde)
Costos de colorantes	La Contabilidad de Costos permite conocer el valor de todos los elementos del costo de producción de un bien y/o servicio, por tanto, calcular el costo unitario del mismo con miras a fijar el precio de venta y el manejo de las utilidades empresariales (Vallejos y Chiliquinga, 2017).	Realizar presupuesto de acuerdo de gastos.	Precio de colorantes en quetzales. Gastos por bandeja producida en quetzales.

Fuente: elaboración propia.

INTRODUCCIÓN

Este trabajo brinda una perspectiva de innovación del proceso de loroco congelado, utilizando colorantes naturales y artificial para mejorar el color durante la temporada de sequía, ya que la pérdida del color afecta tanto la calidad del producto final como la productividad en la industria exportadora de frutas y vegetales congelados.

El loroco es una planta endémica que se distribuye en los departamentos de Izabal, Zacapa, Chiquimula, El Progreso y Jutiapa. El mejor rango de humedad relativa oscila entre 70 a 77 % promedio anual por lo que se necesita el riego de suelo y es de vital importancia el agua para que el loroco no pierda el color (Álvarez, 2018). Este problema afecta a los proveedores de loroco ya que en la industria se rechaza la materia prima que no cumple con la especificación del color y esto afecta la productividad de la industria.

Se realizaron tres tinciones para la coloración de loroco. Un colorante natural a partir de la extracción de espinaca con un solvente orgánico el cual se utilizó alcohol al 70 % y 96 %, otro colorante natural que fue clorofila en polvo y un colorante artificial que fue la mezcla de amarillo No.5 y azul No.1.

Entre los resultados se demostró que el más efectivo para la tinción de loroco es el colorante natural clorofila en polvo, ya que tuvo una mejor adherencia, estabilidad luego de la cocción y es factible para la implementación en la empresa en dónde se realizó el estudio también cumpliendo con la norma RTCA 67.04.50:17.

1. ANTECEDENTES

El color es una característica sensorial muy importante en todo tipo de alimento, existen dos tipos de colorantes, “naturales si son extraídos de una sustancia vegetal, animal o mineral o sintéticos si son productos modificados química o físicamente” (Sánchez, 2013, p.236). Por lo que se han realizado diversas investigaciones que tienen como objetivo la obtención de colorantes natural y artificial.

Cuesta (2018), realizó el proyecto de investigación que tiene como objetivo principal obtener colorantes vegetales a partir de espinaca, berro y brócoli para uso alimenticio, por medio de tres métodos de secado (liofilización, atomización, bandejas), por lo que concluyó que el mejor método es el de bandejas por su diseño, eficiencia, y conservación de clorofila en el colorante. Esta investigación obtuvo como resultado que se puede obtener clorofila a partir de espinaca para utilizarlo como colorante natural.

Sánchez (2013) publicó un ensayo centrado en los colorantes, un tipo actual de aditivos alimentarios. En él discute sus principales características y efectos secundarios, analiza los principales colorantes, tanto naturales como sintéticos y la legislación. Es importante, en este estudio la ingesta diaria aceptable (I.D.A), “el cual es el valor que indica la dosis diaria tolerable de una determinada sustancia, la cantidad que una persona puede ingerir diariamente sin perjudicar la salud” (p.236). El objetivo es que, al utilizar los colorantes sintéticos, no causen enfermedad al consumidor. Por ello, concluyó que hay mayor posibilidad de

contener aditivos entre más coloreado sea el producto o elaborado. Siendo de aporte a esta investigación la legislación con respecto a la ingesta diaria aceptable, ya que el producto terminado será exportado.

Belmonte, Arroyo, Vázquez, Cruz y Peña (2016) realizaron una descripción de los 10 colorantes sintéticos utilizados en alimentos. Entre ellos el colorante tartracina que se encuentra en el grupo de colorantes azoicos (amarillo 5) y el colorante azul Brillante (azul 1) que también pertenece al grupo de colorantes azoicos. Este artículo aporta la información necesaria ya que estos colorantes artificiales al mezclarse darán un color verde, el cual se utilizará para comparar la tinción del loroco con un colorante natural.

Ruiz, Ruiz, Hernández, García y Valadez (2019), realizaron una investigación que tiene como objetivo determinar “a través del método espectrofotometría la concentración de tres tipos de clorofila a, b y total en diez hierbas comestibles típicas del estado de Tabasco” (p.891). Seleccionaron las hierbas más comestibles y con una coloración verde intenso, para extraer la clorofila utilizaron 5 ml de acetona al 80 % separando el sobrenadante en el cual es donde se encuentran los pigmentos. Concluyeron que la mayor cuantificación de clorofila alfa y beta fue del chipilín. La metodología para la tinción de loroco con colorantes naturales se realizará por medio de solventes orgánicos como el alcohol al 70 %, por lo cual esta investigación realizada es de importancia para este trabajo.

Martin y Castañeda (2016) publicaron un artículo como resultado de una investigación cuyo objetivo principal es la utilización de espectrofotometría ultravioleta visible “para analizar la clorofila extraída de la *Spinacia oleracea*, logrando interpretar y relacionar los conceptos de espectro de luz, absorbancia y pigmentos, mediante la elaboración y análisis de curvas de absorbancia” (p.99).

Se utilizó la metodología de alcohol etílico y agua para la extracción de clorofila, por lo que se observó que el método por extracción con alcohol etílico presenta una mayor afinidad química con la molécula de clorofila ya que es un solvente apolar en comparación con la extracción con agua. Por esa razón, este artículo atribuye a esta investigación con respecto al solvente que se utilizó, que será el mismo que se utilizará para la extracción de clorofila en espinaca para la obtención del colorante natural.

Toledo (2015) aborda la inocuidad de los colorantes naturales. Indica que tienen limitaciones específicas, ya que son menores que las que afectan al producto y a la salud con respecto a los colorantes artificiales. Por ello, aporta a este estudio ya que se comparará la eficiencia de colorantes naturales y artificiales.

Díaz (2019) realizó un estudio de extracción de colorantes naturales del mango, mandarina y piña para utilizarlos en la industria de alimentos determinando parámetros fisicoquímicos y evaluando la calidad microbiológica de los colorantes obtenidos. Luego de los análisis para *Escherichia coli*, coliformes, mohos y levaduras determinó que los colorantes eran inocuos. De esta forma, aporta a los parámetros que se pueden realizar en este estudio.

Rosas (2015) realizó una investigación para determinar los microorganismos presentes en colorantes naturales *Dactylopius coccus* (Cochinilla) utilizados en la industria de alimentos. Su objetivo fue identificar bacterias aerobias mesófilas y hongos en carmín procesado. Concluyó que se identificaron bacterias aerobias mesófilas *Staphylococcus*, *Bacillus* y *Enterobacter* y crecimiento de 2 géneros de hongos filamentosos *Rhizopus* y *Penicillium*. Contribuye con este estudio, desde el punto de inocuidad de los

colorantes y géneros de bacterias que posiblemente se pueden encontrar en los colorantes naturales.

Rincón (2006) realizó un estudio cuyo propósito fue aclarar el sentido de dirección de la empresa en materia de calidad, productividad y costos. Tomó como referencia las relaciones entre estos tres conceptos. Se refiere que una de las relaciones viene dada por: a mayor calidad, mayor productividad y menores costos. Aporta a este estudio sobre la importancia de la calidad del producto terminado para que la industria de alimentos tenga buenos resultados y así mejorar en costos.

Esta investigación brinda una perspectiva en la innovación y mejoramiento del proceso de loroco congelado ya que mejorará su color por medio de colorantes a partir de la información obtenida en los estudios anteriores.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Loroco

El loroco (*Fernaldia pandurata*) es un cultivo considerado como nostálgico por lo cual se comercializa a países como Estados Unidos, Canadá y Europa donde viven centroamericanos. Se exporta en forma fresca, congelado o procesado. Anteriormente, no se contaba con técnicas adecuadas para manejo del cultivo, no se conocía su valor nutritivo y comercial.

La producción de loroco se da en un 90 % durante la época de lluvia y solo en un 10 % en época seca, aunque se cuente con un sistema de riego, ya que es un tipo de cultivo que responde a la luz solar (Álvarez, 2018).

2.1.1. Aspectos botánicos

Entre los aspectos botánicos podemos observar las partes que constituyen al loroco entre ellos la raíz y como se constituye el tallo.

2.1.1.1. Raíz

Álvarez (2018) afirma: “La raíz de loroco es fibrosa y profunda, por lo que soporta las canículas que se presentan en el país. Contiene sustancias con ciertas características alcaloides conocidas como locina y loroquina, principios activos que influyen en la presión arterial” (p.7).

2.1.1.2. Tallo

El tallo según Álvarez (2018) es:

Una enredadera delgada (tipo liana) débil, pubescente de color café, con fisuras y muchas lenticelas, la base es leñosa con ramas que mueren después que termina su floración en condiciones silvestres o cuando no existe riego; permanece verde en su interior en época seca, si se le aplica riego. (p.7)

2.1.1.3. Hojas

Las hojas del loroco según Álvarez (2018) son:

Son oblongas, elípticas, opuestas, bastante acuminadas, con los bordes externos un poco ondulados. Con dimensiones de 4 a 22 centímetros de largo y de 1.5 a 12 centímetros de ancho. El haz por lo general es liso y el envés puede ser pubescente. Existen diferentes formas de hojas dependiendo de la variedad. (p.7)

2.1.1.4. Fruto

El fruto según Álvarez (2018):

Es la parte aprovechable en la alimentación humana. La inflorescencia se da en racimos y cada uno de ellos posee de 10 a 32 flores, dando un promedio de 25 por racimo. Se pueden coleccionar de 30 a 40 racimos por planta cada 3 días en su época de mayor floración. Cada racimo pesa aproximadamente un gramo. (p.8)

2.1.2. Requerimientos climáticos y edáficos

Para que el loroco se desarrolle en buenas condiciones necesita de requerimientos climáticos y edáficos, los cuales se describen a continuación.

2.1.2.1. Precipitación

Álvarez (2018) afirma: “El cultivo del loroco se desarrolla mejor con una precipitación anual que oscila entre 1200 a 1800 mm” (p.9).

2.1.2.2. Temperatura

Álvarez (2018) indica que “la temperatura promedio a la que se desarrolla el cultivo oscila entre 20 a 32°C; temperaturas mayores o menores a estos rangos provocan estrés a la planta, lo cual afecta la producción de flores” (p.9).

2.1.2.3. Humedad relativa

Con respecto a la humedad, Álvarez (2018) menciona que “el mejor rango de humedad relativa oscila entre 70 a 77 %” (p.9).

2.1.2.4. Suelo

Según Álvarez (2018):

El loroco se desarrolla en diversos tipos de suelos, desde francos a francos-arcillosos. En suelos con problemas de drenaje, el desarrollo fisiológico de la planta se ve afectado por la falta de oxígeno en el suelo, lo que favorece las condiciones para el desarrollo de enfermedades radiculares, ocasionando el amarillamiento y caída de las hojas. (p.9)

Es importante conocer el tipo de suelo en que el loroco se desarrolla para determinar los problemas asociados con la falta de color.

2.1.2.5. Estrés hídrico

Según Moreno (2009):

El agua es un elemento significativo en el proceso de desarrollo de todas las plantas, la ausencia de este establece una de las importantes fuentes de estrés, por lo que desarrollan respuestas permitiendo la tolerancia de diferentes niveles de pérdida de agua. Las respuestas al estrés hídrico son modificaciones en el crecimiento, el desarrollo del metabolismo C4 y CAM, cierre de estomas y cambios en la expresión de genes. (p.179)

2.1.2.6. Clorosis

Según Schuster (2020):

La clorosis es la pérdida de color verde por falta de clorofila en un órgano vegetal, esto puede ser causado por el déficit de nutrientes principales para el crecimiento de las plantas como hierro, manganeso, magnesio, zinc y nitrógeno, por el estrés hídrico o por insectos, bacterias, hongos y virus. También es posible que los nutrientes no puedan absorberse porque las raíces de las plantas están dañadas o poco desarrolladas. El agua se absorbe especialmente por las raíces del suelo y se distribuye a los órganos de las plantas, transportando nutrientes y hormonas. Por lo cual el riego y el movimiento de agua de las raíces son de vital importancia para que las plantas no pierdan su color. (p.1)

2.2. Aditivos alimentarios

La industria de los alimentos ha mejorado sus productos empleando aditivos para hacerlos más atractivos y duraderos. Normalmente, son utilizados para alargar la vida de útil, tener una imagen deseada, facilitar la elaboración y para desarrollo de nuevos productos alimenticios. Existen diferentes tipos de aditivos entre ellos los aditivos conservantes y oxidantes que se utilizan para incrementar la vida de anaquel del alimento, por el contrario, los colorantes, edulcorantes y potenciadores del sabor su objetivo es mejorar características organolépticas y sensoriales en los alimentos. Al utilizar estos aditivos de debe verificar que se cumplan con los límites estipulados y que sean aprobados por los entes reguladores entre ellos el Reglamento Técnico Centroamericano (RTCA) y Food and Drug Administration (FDA).

2.3. Colorantes alimentarios

Según RTCA (2010) “Los colorantes son aditivos alimentarios que dan o restituyen color a un alimento” (p.7). El color es importante cuando se eligen o consumen alimentos ya que el ser humano evalúa las características sensoriales del producto influyendo en la decisión del consumidor sobre cuál de ellos comprar. Uno de los factores más importante en el proceso de selección es la apariencia ya que el éxito de las industrias depende de brindar a los consumidores una forma atractiva y segura de los alimentos.

El objetivo de colorear los alimentos es resaltar el color natural, brindar un color uniforme al corregir las variaciones de color que suceden por factores climáticos, distintas estaciones y durante la cosecha, recuperar el color perdido por los diversos tratamientos que sufre el alimento por algún proceso tecnológico o su almacenaje, e intensificar el color propio cuando es débil para hacerlo más

atractivo. Para conseguir esto se utilizan sustancias colorantes que refuerzan el color, ya sea colorantes extraídos de plantas, minerales o colorantes artificiales que son los que se utilizan con mayor frecuencia y que son sintetizados químicamente.

Los colorantes se dividen en dos categorías: Colorantes artificiales y naturales. Los colorantes naturales son de origen natural mientras que los artificiales son colorantes elaborados con cationes de aluminio o han sido modificados por la mezcla de dos o más colorantes.

2.3.1. Colorante artificial

Los colorantes artificiales tienen excelentes propiedades ya que resisten a tratamientos de procesos de fabricación, térmicos y pH extremos también son más baratos que los naturales ya que se han extendido en la industria de alimentos. “Son solubles en agua ya que posee grupos de ácido sulfónico, y por lo tanto son fáciles de utilizar” (Sánchez, 2013, p. 239).

Las ventajas de los colorantes sintéticos frente a los naturales según Sánchez (2013) son:

Proporcionan una mayor intensidad de coloración, por lo que se requiere menor cantidad para obtener el mismo efecto. Suministran una mayor gama de colores, son más estables a la luz, al pH y a la temperatura. Es más fácil lograr la reproducibilidad de obtención del color deseado, ya que los pigmentos vegetales pueden estar menos definidos y pueden variar según la cosecha o según el método de extracción empelado. Presenta la menor probabilidad de interactuar con otros aditivos. (p. 236)

2.3.1.1. Colorantes artificiales azoicos

Se les llama colorantes azoicos porque tienen un “grupo azo $-N=N-$ conjugado con anillos aromáticos por ambos extremos” (Sánchez, 2013, p.238).

La tartracina es un colorante artificial. La FDA la designa como Amarillo No. 5. La tartracina puede ser encontrada en diferentes productos de repostería, helados, dulces, cereales de desayuno, gelatinas y bebidas tanto gaseosas como alcohólicas, energéticas e isotónicas (Belmonte, Arroyo, Vázquez, Cruz y Peña, 2016, p.31).

El azul brillante FCF11 es un colorante que se produce en dos grados: grado reactivo y grado alimenticio. El grado alimenticio tiene varios usos, entre los que se encuentran: pasteles, confitería, comida para perros, bebidas, fármacos, repostería y helados. Desde que el azul brillante FCF ha sido utilizado como colorante en comida, se han reportado muchos estudios de su toxicidad. Todos los estudios indican que el colorante tiene una baja toxicidad crónica. FDA lo incluyó como colorante permitido en comida, fármacos y cosméticos (Belmonte et al., 2016, p.27).

El amarillo crepúsculo o amarillo ocaso es un colorante sintético que FDA lo designa como amarillo 6. Este colorante es utilizado en bebidas, cereales, postres, dulces, gelatinas y en cosméticos y medicinas (Belmonte et al., 2016, p.26).

El negro brillante se utiliza para ennegrecer productos como la mermelada y en el sucedáneo del caviar. El uso de este colorante ha sido prohibido en Estados Unidos y Japón. Su uso está permitido en gran parte de la Unión Europea (Belmonte et al., 2016, p.34).

Rojo alura se le conoce también como Rojo 17 y Rojo 40. Este colorante es generalmente usado en bebidas no alcohólicas aromatizadas, bebidas carbonatadas, vinos, suplementos alimenticios líquidos, yogures, flanes, algodones de azúcar, salsas, emulsiones aceite/agua, productos cárnicos, golosinas, mermeladas y pastelería (Belmonte et al., 2016, p.26).

2.3.1.2. Colorantes artificiales no azoicos

El colorante verde también conocido como Verde No. 3, es encontrado en dos formas en polvo y cristales estos son solubles en diferentes sustancias como propilenglicol, agua y glicerina, también se observa que su estabilidad es afectada por factores como: el potencial de hidrogeno (pH), luz y temperatura. Se utiliza en productos lácteos, postres basados en grasas, mermeladas basadas en frutas, dulces de frutas, preparaciones de fruta incluyendo pulpas, leches de coco, purés, revestimientos de frutas, cereales, repostería, pastas y salsas emulsionadas como: mayonesa y cremas para ensaladas (Belmonte et al., 2016, p.28).

Al colorante amaranto también se le conoce como colorante rojo 2, rojo 9, rojo naftol S, rojo azo, bordeaux S, rojo rápido y rojo 27. Es soluble en agua (aproximadamente 70 g por litro a temperatura ambiente), es

insoluble en aceites vegetales, se puede encontrar en polvo o gránulos color rojo a café oscuro (Belmonte et al., 2016, p.30).

El colorante eritrocina también es conocido como Rojo 3, es un colorante que comúnmente es utilizado en productos lácteos con sabor a fresa, mermeladas, carnes, caramelos, gomas de mascar, polvos para preparar bebidas, pasteles, helados, botanas y suplementos alimenticios (Belmonte et al., 2016, p.29).

El colorante indigotina B2 o carmín de índigo se utiliza en la industria en gomas de mascar, decoraciones y recubrimientos alimentarios, bebidas con aroma excepto leches de chocolate, y algunos vinos tintos (Belmonte et al., 2016, p.28).

2.3.2. Colorante natural

Los colorantes pueden ser naturales, si son extraídos de una sustancia vegetal, animal o mineral, o sintéticos, si son productos modificados química o físicamente (Sánchez, 2013, p.238).

2.3.2.1. Colorantes naturales liposolubles

La clorofila (E140 y 141) “es un color verde que se extrae químicamente de las plantas verdes y se considera inocuo” (Sánchez, 2013, p.241).

Carotenoide (E160) es de color naranja amarillento obtenido a partir de extractos vegetales como la zanahoria y algas o sintetizado con microorganismos alterados genéticamente. Se encuentra en mantequillas, margarinas, queso, mayonesa, helados, postres, mazapán (Sánchez, 2013, p.241).

Xantofila (E161) es de color naranja procedente de la xantofila de ortigas, alfalfa, aceite de palma o yema de huevo. Se usa en salsas, condimentos, golosinas, pasteles, galletas, pienso para aves y se considera inocuo (Sánchez, 2013, p.241).

2.3.2.2. Colorantes hidrosolubles

Curcumina (E100) es de color naranja amarillento, extraído de la raíz de la cúrcuma se encuentra en refrescos, mermeladas, mantequillas, quesos, productos de pastelería y panadería, curry, té, salchichas y platos preparados a base de arroz (Sánchez, 2013, p. 240).

Riboflavina (E101) es de color amarillo tirando a fluorescente, con un ligero olor. Es la vitamina B2. Se obtiene de la levadura de cerveza generalmente sintética. Se encuentra en el hígado, verduras, sopas, salsas, pasta, productos lácteos y también es producida por la flora intestinal y se considera inocuo (Sánchez, 2013, p.240).

Caramelo (E150) es de color marrón. Existen distintos tipos obtenidos por calentamiento de azúcar o almidón, algunos en presencia de amoníaco o sulfito amónico. Se encuentran en golosinas, cola, cerveza, bebidas alcohólicas, bollería, pan, cereales, chocolate (Sánchez, 2013, p. 240).

2.4. Legislación de los colorantes

Para utilizar los colorantes artificiales se necesita de una certificación en donde se describen las especificaciones que estos deben cumplir. Las certificaciones son generadas por entidades gubernamentales y expertos. Se analizan los datos antes de aprobar los aditivos de los efectos al consumir el colorante.

Los aditivos de color están sujetos a un estricto sistema de aprobación bajo la ley de los Estados Unidos (Ley Federal de Alimentos, Medicamentos y Cosméticos, Ley FD&C) (Food & Drug Administration, 2019).

La Sección 721 (c) de la Ley FD&C [21 USC 379e (c)] y las regulaciones sobre aditivos de color [21 CFR Partes 70 y 80] se dividen en dos categorías los aditivos de color que son aprobados en: sujetos a certificación (a veces llamados "certificables") y aquellos exentos de certificación (Food & Drug Administration, 2019).

2.4.1. Colorantes sujetos a certificación

Estos aditivos de color mayormente provienen del petróleo y también se los conoce como "tintes de alquitrán de hulla" o colores "orgánicos sintéticos" (Food & Drug Administration, 2019). Los colores certificados generalmente tienen nombres de tres partes. Los nombres incluyen un prefijo FD&C, D&C o External D&C; un color; y un número. Un ejemplo es "FD&C Yellow No. 5". Los colores certificados también pueden identificarse en las declaraciones de ingredientes cosméticos solo por color y número, sin un prefijo (como "Amarillo 5") (Food & Drug Administration, 2019).

2.4.2. Colorantes exentos de certificación

Según FDA (2019): Estos aditivos de color mayormente provienen de fuentes animales, minerales y vegetales. No están sujetos a los requisitos de certificación de lotes. Sin embargo, todavía se consideran colores artificiales, y cuando se usan en cosméticos u otros productos regulados por la FDA, deben cumplir con los requisitos de identidad, especificaciones, usos, restricciones y etiquetado establecidos en las regulaciones.

2.4.3. Ingesta Diaria Admisible (IDA)

Según Sánchez (2013):

La ingesta diaria admisible se entiende que es la dosis diaria tolerable de una determinada sustancia, es decir, la cantidad que una persona puede tomar diariamente durante toda su vida sin que ello le suponga un perjuicio para su salud, se expresa en miligramos por kilogramo de peso corporal. (p.236)

2.5. Extracción de clorofila

“La clorofila es un pigmento verde existente en las plantas, algunas algas y bacterias llevan a cabo el proceso de fotosíntesis, que es la conversión de energía luminosa en energía química” (Mathews, Van, Appling y Spencer, 2013, p. 891).

Ruiz *et al.* (2019) indica: que la clorofila consta de diferentes tipos entre ellos: la clorofila A que se encuentra presente en la mayoría de los vegetales y es la encargada de absorber la luz durante la fotosíntesis, la clorofila B se encuentra presente en los cloroplastos, se encarga de absorber la luz de otra longitud y transfiere la energía a la clorofila A, la clorofila C está presente en los cloroplastos de las algas pardas, las diatomeas y, por último, la D se halla únicamente en las algas rojas. (p.891)

Ruiz *et al.* (2019) reportan: que la espinaca (*Spinacia oleracea*) es uno de los vegetales utilizados para la extracción industrial de clorofila, de 16 µg/g en promedio seguido del chipilín que presenta tan solo 3.2 µg/g menos que

la espinaca, por lo que esta hoja puede ser considerada como una alternativa para su utilización industrial en la extracción de clorofila. (p.895)

La extracción se realizará utilizando el método espectrofotométrico descrito por Hiscox e Israelstam, “consiste en cortar finamente la muestra (hoja) en tiras de 0.5 cm², pesar 0.5 g de muestra para macerarlo en un mortero adicionando 5 ml de solución de alcohol al 70 %, hasta extraer todo el colorante de la muestra” (Ruiz *et al.*, 2019, p.892).

La muestra se colocará en un tubo para centrifuga y centrifugar a 2000 rpm por 10 minutos, separar el sobrenadante que contiene los pigmentos, ajustar cada tubo a 6ml con alcohol al 70 %, se toman 0.5 ml del sobrenadante de cada uno de los extractos y se diluye hasta 5 ml con alcohol al 70 %. “Se mide en un espectrofotómetro a longitudes de onda de 645 y 663 nm utilizando una muestra de alcohol al 70 % como blanco” (Ruiz *et al.*, 2019, p.892).

Con esta información obtenida de diversas fuentes bibliográfica se engloba lo necesario para realizar esta investigación y así obtener los resultados esperados y contribuir a la industria alimentaria.

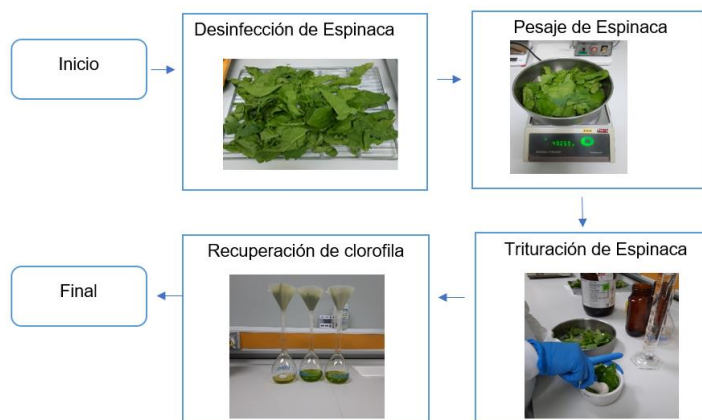
3. DESARROLLO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Fases de la investigación

El proceso para cumplir con los objetivos del diseño de investigación se llevó a cabo de la siguiente forma:

- Fase 1: responde a la revisión documental para realizar la investigación de antecedentes del problema y marco teórico relacionado al problema planteado (20 días).
- Fase 2: se obtuvo clorofila a partir de hojas de espinaca por lo que se utilizó alcohol etílico al 70 % y al 96 % como solvente orgánico para la extracción y así poder realizar la tinción del loroco, la clorofila sirvió como colorante natural (20 días) (Anexo 3).

Figura 1. Extracción de clorofila a partir de espinaca



Fuente. elaboración propia.

- Fase 3: se realizó la tinción de loroco a partir de la clorofila obtenida de la fase 2, se utilizó un recipiente con agua en donde se agregó la clorofila extraída de espinaca, un recipiente con el color clorofila y otro recipiente con el colorante artificial (verde obtenido de la mezcla de Amarillo No.5 y Azul No.1) y se dejó reposar 10 minutos, ya que se observó que en este tiempo se adhirió mejor el colorante. (20 días) (Anexo 4).
- Fase 4: se evaluó la inocuidad del producto luego de la tinción con el color natural, se tomaron 10 g del producto y 90 ml de diluyente para obtener un factor de dilución de 1.10, los resultados se obtuvieron por medio de análisis microbiológico que establece el Reglamento Técnico Centroamericano Criterios microbiológicos Recuento aeróbico total, Coliformes totales y *Escherichia coli*, Mohos y Levaduras, análisis de *Salmonella* spp. y *Listeria monocytogenes* (15 días) (Anexo 5).
- Fase 5: se evaluó la estabilidad del colorante natural que fue el único que se adhirió por medio de pruebas de cocción con agua hirviendo, para analizar si el colorante se lavaba con el agua (30 días) (Anexo 6).
- Fase 6: se determinó el costo de implementación de la tinción del colorante de clorofila en polvo para la industria de alimentos por medio de un presupuesto de costos con el fin de evaluar la factibilidad de implementar el proceso (15 días).

4. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

A continuación, se presentan los resultados obtenidos según las fases de la investigación en base a los objetivos planteados.

Obtención de clorofila a partir de hojas de espinaca por medio de un solvente orgánico para la tinción de loroco como colorante natural.

Tabla II. **Obtención de clorofila a partir de hojas de espinaca con solvente orgánico**

Tipo de extracción	Porcentaje de alcohol (%)	Concentración de solución	Número de Pantone
Extracción con maceración	70	10 % m/m	376 U
Extracción con maceración	96	10 % m/m	362 U
Extracción sin maceración	70	10 % m/m	376 U
Extracción sin maceración	96	10 % m/m	3561 U

Fuente: elaboración propia.

En la tabla II, se observa que se realizaron dos tipos de extracción, una con maceración el cuál se dejó reposar por 24 horas y sin maceración la cual se trituró luego del pesado, se utilizaron dos diferentes porcentajes de alcohol con el fin de determinar el rendimiento de la clorofila y con la misma concentración peso de espinaca/peso de solvente y el color se determinó por una cartilla de colores.

Realización de la tinción de loroco a partir de un color clorofila como colorante natural.

Tabla III. **Tinción de loroco a partir de color clorofila en polvo**

Gramos de color clorofila a escala de laboratorio	Gramos de color clorofila en planta piloto	Mililitros de agua	Tiempo de exposición	Número de Pantone
0.5	---	300	10 minutos	347 U
1	---	100	10 minutos	349U
1	---	300	10 minutos	2422 U
---	150	84,000	10 minutos	2300 U

Fuente: elaboración propia.

En la tabla III, se observa las pruebas realizadas para teñir el loroco a partir de un colorante natural siendo esta clorofila en polvo. Los primeros tres resultados son a escala de laboratorio para luego hacer la prueba en mayor escala cambiando los gramos y los mililitros de agua, se estableció que el tiempo que se obtenía mayor coloración era de 10 minutos. Ver anexo 5.

Tabla IV. **Tinción de loroco con colorante artificial con una dilución 1:10 de Amarillo No. 5 y una dilución de 1:10 de Azul No. 1**

Cantidad de Amarillo No. 5	Cantidad de Azul No. 1	Mililitros de agua	Tiempo de exposición	Número de Pantone
14 mL	2 gotas	90	10 minutos	355 U
14 mL	3 gotas	90	10 minutos	356 U
7 mL	1 gota	300	10 minutos	354 U
5 mL	1 gota	300	10 minutos	7481 U

Fuente: elaboración propia.

En la tabla IV, se observa la mezcla que se realizó de colores artificiales para llegar a un color verde, con el cuál se agregaron diferentes cantidades de Amarillo No. 5 y Azul No. 1, con un tiempo de exposición de 10 min.

Evaluación la inocuidad del loroco luego de la tinción de colorante natural y artificial por análisis microbiológico.

Tabla V. **Análisis microbiológico de producto terminado al 10 % de loroco teñido**

Análisis microbiológico	Resultados	Límites	Metodología utilizada
Recuento aeróbico total (UFC/g)	270,000	<1,000,000	AOAC Official Method 990.12
Coliformes totales (UFC/g)	4,500	<10,000	AOAC Official Method 991.14
<i>Escherichia coli</i> (UFC/g)	<10	10	AOAC Official Method 991.14
Mohos y Levaduras (UFC/g)	<100	<10,000	AOAC Official Method 997.02
<i>Salmonella</i> spp. /25g	Ausencia	Ausencia	Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, capítulo 36
<i>Listeria monocytogenes</i> /25g	Ausencia	Ausencia	Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods, capítulo 35

Fuente: elaboración propia.

En la tabla V, se observa los resultados de los indicadores microbiológicos que se le realizaron al producto terminado que contiene el 10 % con loroco teñido y en la cual se observa que todos se encuentran dentro del límite establecido.

Evaluación de la estabilidad del colorante artificial y natural a través de la cocción del loroco.

Tabla VI. **Estabilidad del colorante natural a través de la cocción del loroco**

Taza de loroco	Porcentaje de tinción del loroco	Taza de agua	Tiempo de cocción	Número de Pantone
$\frac{3}{4}$	Original	$1\frac{1}{2}$	5 min.	2260 U
$\frac{3}{4}$	10 %	$1\frac{1}{2}$	5 min.	2260 U
$\frac{3}{4}$	15 %	$1\frac{1}{2}$	5 min.	2260 U

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VI, se observa el porcentaje de loroco teñido del peso neto del producto terminado, en el cuál no se observa diferencia con el original durante la cocción en el desprendimiento del colorante, la temperatura de cocción fue de 97.8 °C. Ver anexo 5.

Figura 2. **Estabilidad del colorante natural a través de la cocción del loroco**

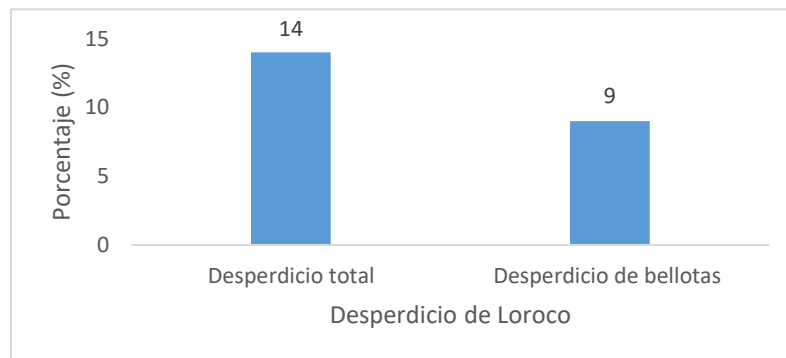


Fuente: elaboración propia.

En la figura 2, se observa la estabilidad del loroco por medio del desprendimiento del colorante en el agua durante la cocción.

Determinación el costo de implementación de la tinción de los tres tipos de colorantes en la industria de alimentos.

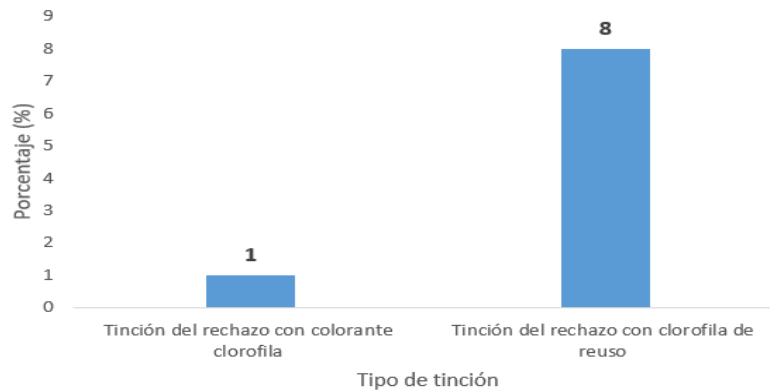
Figura 3. Porcentaje de desperdicio de loroco en industria de alimentos



Fuente: elaboración propia.

En la figura 3, se observa que el total de desperdicio en quintales del año es del 14 %, con lo que el 9 % son bellotas del loroco, las cuáles se teñirán con el colorante natural.

Figura 4. **Ahorro en la implementación de la tinción del loroco**

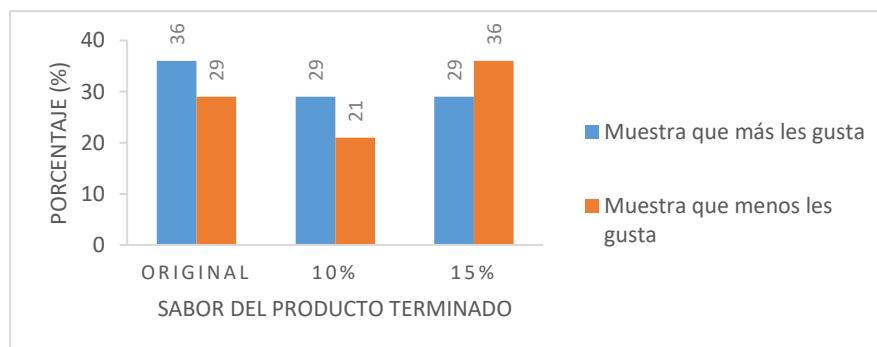


Fuente: elaboración propia.

En la figura 4, se observa el ahorro que tendría la industria de alimentos en la implementación de la tinción del loroco al agregar el 10 % del loroco teñido al producto final. El ahorro es del 1 % lo que equivale a Q45, 206 al utilizar solamente una vez el colorante por bandeja producida y el 8 % equivalente a Q354, 286.48 si se utiliza el mismo colorante por cada 12.6 quintales.

Figura 5. **Evaluación sensorial del sabor del producto terminado.**

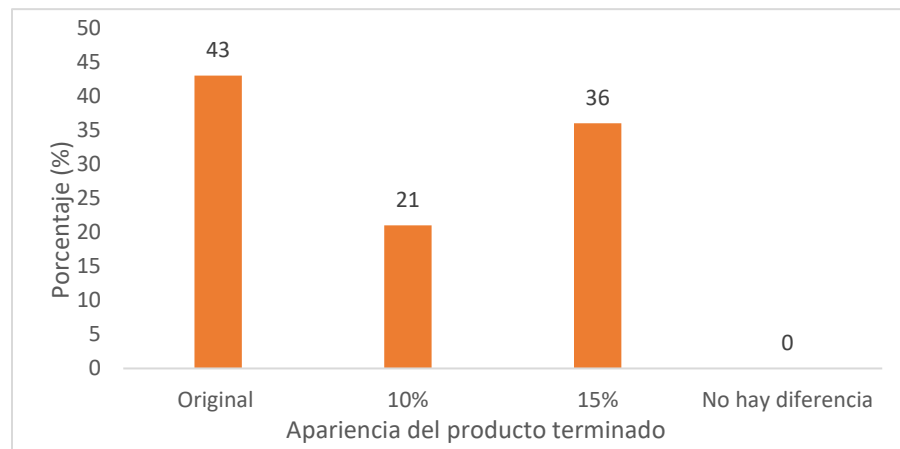
n=13



Fuente: elaboración propia.

En la figura 5, se observa el porcentaje de las personas del panel sensorial que indican que a un 36 % les gustó más el loroco original y un 29 % que les gustó el loroco que llevaba el 10 % y 15 % de loroco teñido y el que menos les gustó es el loroco del 15 % seguido del original y de último el de 10 %.

Figura 6. Evaluación de la diferencia de la muestra original contra muestra que contienen el 10 % y 15 % de loroco teñido del producto terminado. n=13



Fuente: elaboración propia.

En la figura 6, se observa que el 43 % de las personas que evaluaron los productos identificaron el producto original, el 21 % indica que el que contenía 10 % de loroco teñido era el original y el 35 % indica que el que contenía el 15 % era el original.

5. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Se propusieron tres diferentes tipos de colorantes para la tinción de loroco blanco, dos colorantes naturales y uno artificial y en el cual se determinó que el 9 % del desperdicio son bellotas siendo éstas el enfoque de la tinción ya que el porcentaje restante es desperdicio por picado.

Como se indica en la tabla II, la primera propuesta fue la extracción de clorofila a partir de hojas de espinaca debido que contiene alta concentración de esta. Se realizó con dos metodologías diferentes, con maceración y sin maceración y con dos diferentes concentraciones de solvente orgánico 96 y 70 %, con el fin de obtener una mayor recuperación.

Se obtuvo un resultado similar al de Martín y Castañeda (2016), al utilizar la metodología de alcohol etílico para la extracción de clorofila, ya que se observó que el método por extracción con alcohol etílico presenta una mayor afinidad química con la molécula de clorofila obteniendo la recuperación de esta.

Sin embargo, se observó en el laboratorio que la clorofila extraída ocasionó un daño en la bellota del loroco dando como resultado un color oscuro y marchito ocasionado por el alcohol que se adicionó en el proceso (Ver Anexo 8). Por lo cual se determinó que no era beneficioso para la planta y por tal razón no se continuó evaluando para los criterios microbiológicos, estabilidad y costos de la tinción.

La segunda propuesta fue la tinción por medio de otro colorante natural, clorofila en polvo, en el cual se observó una buena adherencia del loroco en el laboratorio por medio de capilaridad siendo un proceso físico que permite al colorante con el agua ascender por el tallo de la flor por vasos muy finos y por lo cual se realizó una prueba a nivel industrial en la planta piloto con un tiempo de exposición de 10 min, se debe de mezclar el agua con el colorante y dejar remojar pero agitando, ya que se observó que si no se agita el agua con el colorante precipita manchado el loroco (Ver Anexo 9).

Toledo (2015), indica sobre la inocuidad de los colorantes naturales y que tienen limitaciones específicas, ya que son menores que las que afectan al producto y a la salud con respecto a los colorantes artificiales, por lo que se observó en la investigación que está fue la única tinción de las tres en el que el colorante se adhirió y no afectó al producto y por lo tanto fue al único que se le dio seguimiento con el análisis microbiológico, costos y estabilidad.

La tercera propuesta fue con una mezcla de colorantes artificiales para tener un color verde, los cuales fueron amarillo no. 5 y azul no. 1 estos dos aprobados por la FDA, se realizaron la mezcla con diferentes volúmenes de los colorantes y con el mismo tiempo de exposición que las otras dos tinciones.

Sin embargo, no se tuvieron resultados satisfactorios con respecto a la adhesión del colorante, ya que se observó durante la tinción que el colorante se resbalaba de la pared del loroco, se elimina la posibilidad de grasas, ya que anteriormente el proceso conlleva un lavado con detergente y cloro para eliminar grasas y suciedad que pueden intervenir durante la tinción, por lo que se llega a la conclusión que no hubo fijación entre el colorante y la fibra loroco (Ver Anexo 10).

La tabla V indica los resultados de los análisis microbiológicos evidenciando que cumplen con la norma 67.04.50:17, ya que se encuentran de los límites establecidos. Los análisis realizados fueron recuento aeróbico total, coliformes totales, *E.coli*, mohos y levaduras, *Salmonella* spp y *Listeria monocytogenes*, demostrando que el proceso realizado es inocuo. El crecimiento en el análisis de recuento aeróbico total indica una cantidad de bacterias que pueden estar involucradas desde la materia prima o bien por la manipulación del loroco al igual que los coliformes totales, sin embargo, se encuentran dentro del límite establecido ya que luego pasa por un proceso de cocción.

Luego de tener los resultados y el comportamiento de los colorantes durante el proceso de loroco, se determinó que la mejor tinción fue la de color clorofila, por lo que se realizó una prueba industrial con mayor cantidad del colorante. Se determinó que el porcentaje de desperdicio total es de un 14 %, por lo cual se procedió a sacar el 10 % del peso neto del producto terminado y añadir el 10 % del loroco teñido, de la misma forma con el 15 %. Al original, el que contiene el 10 % y el 15 % se le realizaron las pruebas de estabilidad durante la cocción y un panel sensorial.

La estabilidad del colorante en el loroco luego de la cocción fue de importancia para el estudio, ya que, si hubiera un desprendimiento del colorante, el consumidor no lo compraría. Como se observa en la figura 2, no se observa un desprendimiento notorio, siendo una coloración leve en el agua.

En la figura 3 indica el porcentaje del desperdicio total durante la temporada de loroco siendo un 14 % como se mencionó anteriormente, y el desperdicio de bellotas del 9 %, siendo éstas las que se colorean debido que el resto del desperdicio se debe por tener una flor marchita o manchada y en la

figura 4 se observa el porcentaje de ahorro en la implementación de la tinción del loroco. Si se realiza la tinción cada vez por bandeja el ahorro solo es del 1 %, y si se utiliza la misma tinción por cada 12.6 quintales el ahorro es del 8 % siendo significativo para la empresa. Ya que el colorante es estable y no se degrada se puede reutilizar, cuidando siempre la inocuidad durante el proceso.

En la figura 5, muestra la evaluación sensorial en el cual participaron 13 personas, esta evaluación se realizó fuera del objetivo de esta investigación y se incluyeron en los resultados porque es de vital importancia con el mercado para poder aprobar el proceso de la tinción del loroco. Se realizó una prueba discriminatoria para detectar las diferencias de las muestras que más les gusta a las personas, muestra original, el 10 % y el 15 %, luego se realizó el mismo análisis, pero de la muestra que menos les gusta de la muestra original, el 10 % y el 15 % teniendo como resultado que la original fue la que más les gustó y teniendo el mismo resultado del 10 y 15 %.

El resultado de la muestra que menos les gustó fue la del 15 %, siendo está la que más cantidad de loroco teñido tenía, seguida por el original y de último el 10 %, por lo que se evidencia que no encuentran diferencia significativa entre la original y el producto que contiene el 10 % de loroco teñido para poder comercializar el loroco y tener un ahorro.

En la figura 6, se muestra la evaluación de la apariencia del producto, si encuentran la diferencia entre el producto original y el que contiene el 10 y 15 % del producto teñido. Teniendo como resultado el 43 % que identifico el producto original, el 21 % indico que el que contenía el 10 % del producto teñido era el original y el 35 % indico que el que contenía el 15 % era el original. Por lo que menos del 50 % reconoció el original.

CONCLUSIONES

1. Se obtuvo clorofila a partir de hojas de espinaca por medio de alcohol al 70 % y 96 % para la tinción de loroco como colorante natural.
2. La tinción de loroco a partir de un color clorofila como colorante natural fue el único que tuvo resultado satisfactorio en la adhesión al loroco.
3. En la tinción de loroco a partir de colorantes artificiales no se obtuvieron resultados satisfactorios ya que no hubo una adhesión con el loroco.
4. El loroco teñido con el colorante natural clorofila en polvo cumple con la norma RTCA 67.04.50:17, al estar entre los parámetros establecidos de los análisis realizados.
5. El loroco teñido al 10 % y 15 % con el colorante natural clorofila cumplieron con la evaluación de la estabilidad por medio de la cocción del loroco.
6. El ahorro de implementación de la tinción del colorante natural clorofila en polvo en la industria de alimentos corresponde al 8 % en dinero si se reutiliza el colorante y del 1 % si solo se ocupa una vez durante la cosecha de loroco.

RECOMENDACIONES

1. Realizar estudio de vida útil del producto terminado con el 10 % del loroco teñido del peso neto.
2. Realizar panel sensorial con un número mayor de personas entre 25 a 50 panelistas para obtener datos más significativos.
3. Mantener en movimiento la mezcla del colorante, agua y loroco durante el proceso de la tinción porque puede provocar manchas no deseadas del colorante en el tallo y fruto del loroco y pasarlo rápidamente por un *spinner* (secador) para quitar el exceso del colorante.
4. Evaluar la degradación del colorante con el tiempo y realizar análisis microbiológicos del agua del colorante de reúso y así determinar la cantidad de quintales que se pueden utilizar para la tinción.
5. Realizar estudios de capilaridad con el colorante natural clorofila en polvo *in situ* de la cosecha de loroco para llevarlo teñido a la industria de alimentos y así reducir tiempos de espera y que el colorante sea uniforme.

REFERENCIAS

1. Belmonte, J., Arroyo, I., Vázquez, M., Cruz, D., y Peña, E. (agosto, 2016). Colorantes artificiales en alimentos. *Naturaleza y Tecnología*, 1(10), 24-38. Recuperado de: <http://quimica.ugto.mx/index.php/nyt/article/viewFile/204/pdf>
2. Cuesta, W. (2018). *Obtención de colorantes naturales a partir de espinaca, berro y brócoli para uso alimenticio*. (Tesis de pregrado). Escuela superior politécnica de Chimborazo, Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10431>
3. Díaz, M. (2019). *Extracción de colorantes naturales del mango (Manguifera Indica L), Mandarina (Citrus reticulata), Piña (Ananas comosus), para el uso de en la industria de alimentos*. (Tesis de pregrado). Escuela superior politécnica de Chimborazo, Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/10571>
4. Food & Drug Administration. (2019). *Aditivos de color y cosméticos: hoja de datos*. Washington: Autor.
5. Herrera, M. (2018). Evaluación de tres concentraciones de Giberelina como estimulante de floración en dos variedades de loroco (*Fernaldia pandurata*) en Salamá, Baja Verapaz. (Tesis de Pregrado). Universidad Rafael Landívar, Guatemala. Recuperado de: <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrCD/2018/06/14/Herrera-Martha.pdf>

6. Martin, J., y Castañeda, J. (diciembre, 2016). Análisis de la clorofila de *spinacia oleracea* y cuantificación de albumina de espagueti utilizando espectrofotometría. *UGCiencia*, 22(1), 99-109. Recuperado de: <https://revistas.ugca.edu.co/index.php/ugciencia/article/download/391/1066/+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=gt>
7. Mathews, K., Van, K., Appling, D. y Spencer J. (2013). *Bioquímica*. Madrid, España: Editorial Pearson Educación.
8. Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2018). *Cultivo de loroco*. El Salvador: Autor.
9. Moreno, P. (julio, 2009). Respuesta de las plantas al estrés por déficit hídrico. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 27(2), 179-191. Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/img/revistas/agc/v27n2/v27n2a06.pdf>
10. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2020). *Inocuidad y calidad de los alimentos*. New York: Autor.
11. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2003). *Manual Para la Preparación y Venta de Frutas y Hortalizas*. Argentina: INTA E.E.A. Balcarce.
12. Reglamento Técnico Centroamericano. (2017). *Alimentos y Bebidas Procesadas. Aditivos Alimentarios*. Guatemala: Autor.
13. Rincón, H. (2006). Calidad, productividad y costos. Análisis de relaciones entre estos conceptos. *Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales*, 10(5), 46-65. Recuperado de:

http://revistas.unipamplona.edu.co/ojs_viceinves/index.php/FACE/article/download/1923/948

14. Rosas, S. (2015). *Determinación de Microorganismos presentes en colorantes naturales -Dactylopius coccus (Cochinilla) empleados en la industria de alimentos, diciembre 2014 - febrero 2015*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional San Agustín de Arequipa, Perú. Recuperado de: <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3258494>

15. Ruiz, F., Ruiz, J., Hernández, J., García, R., y Valadez, A. (2019). Extracción y cuantificación de clorofila en hojas comestibles del estado de Tabasco. *Investigación y Desarrollo en Ciencia y Tecnología de Alimentos*, 4(1), 891-896. Recuperado de: <http://www.fcb.uanl.mx/IDCyTA/files/volume4/4/10/126.pdf>

16. Sánchez, R. (diciembre, 2013). La Química del color en los alimentos. *Química Viva*, 12(3) Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86329278005.pdf>

17. Schuster, J., (2020). *Enfoque: Plantas y enfermedades*. Recuperado de: https://web.extension.illinois.edu/focus_sp/chlorosis.cfm

18. Toledo, J. (2015). *Estudio del arte de los colorantes naturales*. (Tesis de pregrado). Escuela de Formación Profesional de Ingeniería en Industrias Alimentarias, Perú. Recuperado de: https://repositorio.unapiquitos.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12737/3594/Luis_Tesis_Titulo_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y

19. Vallejos, H., y Chilibingua, M. (2017). *Costos Modalidad Órdenes de Producción*. Ibarra, Ecuador: UTN. Recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7077/1/LIBRO%20Costos.pdf>

APÉNDICE

Apéndice 1. **Recolección de datos obtenidos de la extracción de clorofila**

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Instrucciones generales. La siguiente boleta se llenará con los resultados obtenidos a partir de la extracción de clorofila.

Cantidad en gramos de espinaca	mL de alcohol etílico al 70 %	mL de clorofila obtenida	Código de cartilla de color (Pantone)

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. **Recolección de datos obtenidos durante el proceso de tinción**

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Instrucciones generales. La siguiente boleta se llenará con los datos obtenidos durante el proceso de tinción.

mL de agua por bandeja	Cantidad de colorante (natural o artificial)	Cantidad de loroco	Tiempo en contacto con el colorante

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. Recolección de resultados para análisis microbiológicos

Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Instrucciones generales. La siguiente boleta se llenará con los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos.

Análisis de *E.coli*

Conteo inicial (Loroco)	Conteo posterior a la tinción de colorante natural	Conteo posterior a la tinción de colorante artificial

Análisis de *Salmonella*

Presencia/Ausencia (Loroco)	Presencia/Ausencia posterior a la tinción de colorante natural	Presencia/Ausencia posterior a la tinción de colorante artificial

Análisis de *Listeria monocytogenes*

Presencia/Ausencia (Loroco)	Presencia/Ausencia posterior a la tinción de colorante natural	Presencia/Ausencia posterior a la tinción de colorante artificial

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Recolección de datos obtenidos de la estabilidad de la tinción**




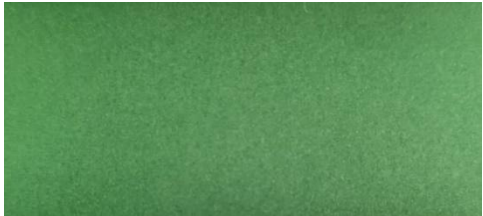
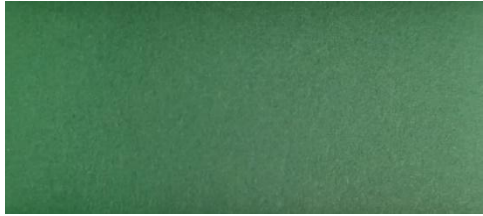
Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Estudios de Postgrado
Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos

Instrucciones generales. La siguiente boleta se llenará con los datos obtenidos durante el proceso de verificación de la estabilidad de la tinción.





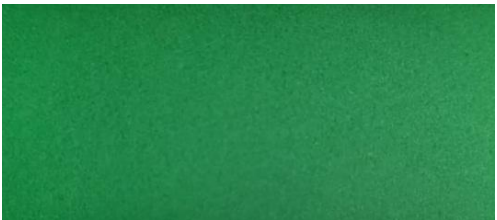
mL de agua en olla.	Tipo de colorante (artificial o natural)	Temperatura del agua	Tiempo de cocción

Fuente: elaboración propia.


Apéndice 5. **Número de pantone utilizados durante la tinción de loroco**

No. PANTONE	IMAGEN
362 U	
376 U	
3561 U	
2422 U	
347 U	

Continuación Apéndice 5.

No. PANTONE	IMAGEN
349 U	
2300 U	
355 U	
356 U	
354 U	

Continuación apéndice 5.

No. PANTONE	IMAGEN
7481 U	

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. **Resultados de laboratorio de Conservas y Congelados**
Ya Está para los análisis de indicadores

	INFORME DE ANÁLISIS MICROBIOLÓGICO	F03.PR04.AC.MPO.04
---	---	--------------------

Fecha de muestreo:	27/08/2020
Fecha de recepción:	27/08/2020
Fecha de proceso:	27/08/2020
Fecha de reporte:	29/08/2020
Método de muestreo:	Puntual
Sitio de muestreo:	Congelados
Análisis Realizado por:	Alexander Palacios

MUESTRA	No. Interno de Laboratorio	Recuento Total (UFC/g)	Coliformes totales (UFC/g en Producto) (UFC/mano en manos) (UFC/50cm ² en superficies)	E. coli (UFC/g en Producto) (UFC/mano en manos) (UFC/50cm ² en superficies)	Mohos y levaduras (UFC/g)	Determinación presuntiva de <i>Listeria spp.</i> (Prueba rápida InSite)
Nombre: Loroco Rio sin marca, 1 lb. Lote: L-T239/BC/2/100-034 Producción: 26/08/2020 Vencimiento: 26/08/2022 Pasteurización: --- Muestra compuesta: ---	Pr-204	270,000	4,500	<10	<1,000	---
Metodología utilizada		AOAC Official Method 990.12	AOAC Official Method 991.14	AOAC Official Method 991.14	AOAC Official Method 997.02	AOAC 040501 PPX-LIB

Gram: _____
 Confirmación: _____

Tipo de análisis	Especificaciones Microbiológicas para Materia Prima			
	Frutas y vegetales		Hojas de plátano y mashán	
	Antes de lavado	Después de lavado	Antes de lavado	Después de lavado
Aerobios totales (UFC)	<1,000,000	<1,000,000	---	---
Coliformes totales (UFC)	---	<10,000	<10,000	<1,000
E. coli (UFC)	---	10	10	10

Tipo de análisis	Especificaciones Microbiológicas para producto terminado y superficies							
	<u>Alimentos sin pasteurizar o ingredientes principales no sujetos a tratamiento térmico</u>	<u>Alimentos pasteurizados sin manipulación posterior</u>	<u>Alimentos pasteurizados con manipulación posterior</u>	<u>Frutas y Vegetales frescos listos para consumo o congelados</u>	<u>Superficies Hojas de plátano y mashán</u>	<u>Conservas</u>	<u>Manos</u>	<u>Superficies sanitizadas Equipos</u>
Aerobios Totales (UFC)	<1,000,000	<10,000	<250,000	<1,000,000	---	---	---	---
Coliformes Totales (UFC)	<10,000	<100	<1,000	<10,000	1,000	---	<100	<100
E. coli (UFC)	10	<10	<10	10	10	---	<1	<1
Mohos y levaduras (UFC)	<10,000	<100	<1,000	<10,000	---	---	---	---
<i>Listeria spp.</i> (prueba rápida InSite)	---	---	---	---	---	---	---	Negativo
Aerobios mesófilos previa incubación por 10 días (UFC)	---	---	---	---	---	<10	---	---


 Monitor de Calidad
 Conservas y Congelados Ya Está, S. A.

Página 1 de 1

microbiológicos

Fuente: Laboratorio Microbiológico Ya Está.

Apéndice 7. Tinción de loroco con clorofila extraída de hojas de espinaca



Fuente: [Fotografía de Consuelo Acajabon]. (Conservas y Congelados zona 2 de Mixco, 2020).
Archivo propio. Guatemala, Guatemala.

Apéndice 8. Tinción de loroco con colorante natural clorofila en polvo



Fuente: [Fotografía de Consuelo Acajabon]. (Conservas y Congelados zona 2 de Mixco, 2020).
Archivo propio. Guatemala, Guatemala.

Apéndice 9. **Tinción de loroco con colorante artificial**



Fuente: [Fotografía de Consuelo Acajabon]. (Conservas y Congelados zona 2 de Mixco, 2020).
Archivo propio. Guatemala, Guatemala.

Apéndice 10. Panel sensorial de fábrica



Fuente: [Fotografía de Consuelo Acajalon]. (Conservas y Congelados zona 2 de Mixco, 2020).
Archivo propio. Guatemala, Guatemala.

Apéndice 11. **Producto final con el 10 % del loroco teñido**



Fuente: [Fotografía de Consuelo Acajabon]. (Conservas y Congelados zona 2 de Mixco, 2020).
Archivo propio. Guatemala, Guatemala.

Apéndice 12. **Producto final con el 10 % del loroco teñido**



Fuente: [Fotografía de Consuelo Acajalon]. (Conservas y Congelados zona 2 de Mixco, 2020).

Archivo propio. Guatemala, Guatemala.