



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Química

**ESTUDIO SOBRE LA APLICACIÓN DEL EXTRACTO COLORANTE DEL ACHIOTE
(*Bixa orellana* L.) EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS: QUESO, EMBUTIDOS Y YOGURT**

María José Ponce

Asesorado por la Inga. Telma Maricela Cano Morales e

Ing. Mario José Mérida Meré

Guatemala, septiembre de 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ESTUDIO SOBRE LA APLICACIÓN DEL EXTRACTO COLORANTE DEL ACHIOTE
(*Bixa orellana* L.) EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS: QUESO, EMBUTIDOS Y YOGURT**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

MARÍA JOSÉ PONCE

ASESORADO POR LA INGA. TELMA MARICELA CANO MORALES E
ING. MARIO JOSÉ MÉRIDA MERÉ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA QUÍMICA

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2018

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Oscar Humberto Galicia Nuñez
VOCAL V	Br. Carlos Enrique Gómez Donis
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADOR	Ing. Jorge Emilio Godínez Lemus
EXAMINADOR	Ing. Mario José Mérida Meré
EXAMINADOR	Ing. Jorge Mario Estrada Asturias
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

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:

**ESTUDIO SOBRE LA APLICACIÓN DEL EXTRACTO COLORANTE DEL ACHIOTE
(*Bixa orellana* L.) EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS: QUESO, EMBUTIDOS Y YOGURT**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Química, con fecha 27 de julio de 2015.

María José Ponce



Guatemala, 25 de agosto de 2017

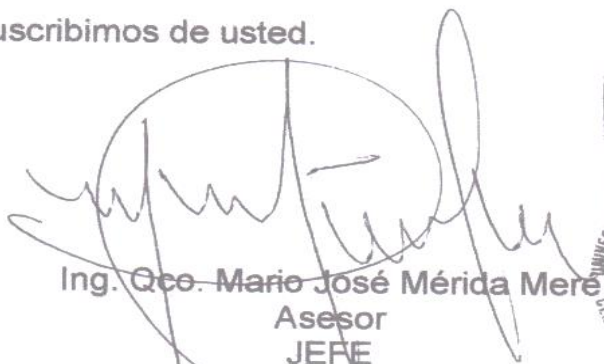
Ingeniero
Carlos Salvador Wong Davi
Director Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

Ingeniero Wong:

Por medio de la presente HACEMOS CONSTAR que hemos revisado y dado nuestra aprobación al informe final del trabajo de graduación titulado **“ESTUDIO SOBRE LA APLICACIÓN DEL EXTRACTO COLORANTE DEL ACHIOTE (*Bixa orellana* L.) EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS: QUESO, EMBUTIDOS Y YOGURT”**, de la estudiante de Ingeniería Química María José Ponce quien se identifica con el carné número 200819155 y código único de identificación (CUI) 1622805560101.

Sin otro particular nos suscribimos de usted.

Atentamente,



Ing. Qco. Mario José Mérida Meré
Asesor
JEFE



Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales **-LIEXVE-** Colegiado 1411
Sección Química Industrial
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC

INGENIERO QUÍMICO
Mario José Mérida Meré



Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales
Asesora
Profesora Investigadora Titular IX
Sección Química Industrial
Centro de Investigaciones de Ingeniería/USAC



INGENIERA QUÍMICA
Telma Maricela Cano M.
Colegiada 433



Guatemala, 05 de marzo de 2018.
Ref. EIQ.TG-IF.013.2018.

Ingeniero
Carlos Salvador Wong Davi
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Química
Facultad de Ingeniería

Estimado Ingeniero Wong:

Como consta en el registro de evaluación del informe final EIQ-PRO-REG-007 correlativo **035-2015** le informo que reunidos los Miembros de la Terna nombrada por la Escuela de Ingeniería Química, se practicó la revisión del:

INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADUACIÓN
-Modalidad Seminario de Investigación-

Solicitado por la estudiante universitaria: **María José Ponce**.
Identificada con número de carné: **1622 80556 0101**.
Identificada con registro académico: **2008-19155**.
Previo a optar al título de **INGENIERA QUÍMICA**.


Siguiendo los procedimientos de revisión interna de la Escuela de Ingeniería Química, los Miembros de la Terna han procedido a **APROBARLO** con el siguiente título:

ESTUDIO SOBRE LA APLICACIÓN DE EXTRACTO COLORANTE DEL ACHIOTE
(*Bixa orellana* L.) EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS: QUESO, EMBUTIDOS Y YOGURT

El Trabajo de Graduación ha sido asesorado por los Ingenieros Químicos: **Telma Maricela Cano Morales y Mario José Mérida Meré**.

Habiendo encontrado el referido informe final del trabajo de graduación **SATISFACTORIO**, se autoriza al estudiante, proceder con los trámites requeridos de acuerdo a las normas y procedimientos establecidos por la Facultad para su autorización e impresión.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Gerardo Ordoñez
COORDINADOR DE TERNA
Tribunal de Revisión
Trabajo de Graduación



C.c.: archivo





Ref.EIQ.TG.019.2018

El Director de la Escuela de Ingeniería Química de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor y de los Miembros del Tribunal nombrado por la Escuela de Ingeniería Química para revisar el Informe del Trabajo de Graduación de la estudiante, **MARÍA JOSÉ PONCE** titulado: **"ESTUDIO SOBRE LA APLICACIÓN DEL EXTRACTO COLORANTE DEL ACHIOTE (*Bixa Orellana* L.) EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS: QUESO, EMBUTIDOS Y YOGURT"**. Procede a la autorización del mismo, ya que reúne el rigor, la secuencia, la pertinencia y la coherencia metodológica requerida.

"Id y Enseñad a Todos"

Ing. Carlos Salvador Wong Davi
Director
Escuela de Ingeniería Química

Guatemala, agosto de 2018

FACULTAD DE INGENIERIA USAC
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA
DIRECTOR

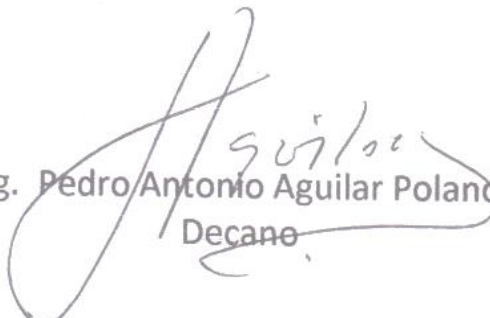
Cc: Archivo
CSWD/ale



DTG.287.2018

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Química, al Trabajo de Graduación titulado: **ESTUDIO SOBRE LA APLICACIÓN DEL EXTRACTO COLORANTE DEL ACHIOTE (Bixa Orellana L.) EN PRODUCTOS ALIMENTICIOS: QUESO, EMBUTIDOS Y YOGURT**, presentado por la estudiante universitaria: **María José Ponce**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, agosto de 2018

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, fortaleza y perseverancia para lograr mis objetivos; por su infinita bondad y amor.
- Mi mamá** Rebeca Ponce Rosales, por sus sacrificios, consejos, apoyo, paciencia, comprensión y sobre todo amor en todo momento.
- Mi novio** Vincent López Mendizábal, por su apoyo, motivación, complicidad, ocurrencias y más; Gracias por tu amor incondicional y estar a mi lado.
- Mis tíos** Verónica Ponce Rosales, Jessica Ponce Rosales, Francisco Ponce Rosales, Héctor Ponce Rosales, José Luis Ponce Rosales, Jorge Ponce Rosales, Luis Alberto Ponce Rosales, Sonia del Cid de Ponce y Rita Hermida Ponce, por ser una importante influencia en mi vida, por su apoyo incondicional, ayuda, protección, motivación y amor.

Mis abuelos

José Luis Ponce Altamirano (q.e.p.d.) y Zoila Esperanza Rosales de Ponce (q.e.p.d.), por su guía, su cariño, su tiempo, sus consejos, su amor y los recuerdos que dejaron en mi corazón.

Mis primos

Luis Eduardo Ponce del Cid, José David Ponce del Cid, Lucía Ponce del Cid, Marco Alexander Estrada Ponce, José Fernando Estrada Ponce, por contagiarme su alegría, entusiasmo y su energía siempre y por todo su cariño.

AGRADECIMIENTOS A:

Universidad de San Carlos de Guatemala	Por ser mi casa de estudios, que me brindó la oportunidad de aumentar mis conocimientos para alcanzar mis metas profesionales.
Facultad de Ingeniería	Por ser mi segunda casa y darme la oportunidad de adquirir los conocimientos necesarios de mi carrera profesional.
Siegwerk Centroamérica S.A.	Por abrirme las puertas de la empresa para la realización de diferentes pruebas experimentales importantes para el desarrollo del estudio de tesis.
Mis asesores	Inga. Telma Maricela Cano Morales e Ing. Mario José Mérida Meré, por darme la oportunidad de trabajar con ellos, por sus consejos, enseñanzas y su apoyo de muchas maneras.

	2.1.6.1.	Estructura y propiedades de los carotenoides.....	12
	2.1.6.2.	Bixina.....	13
2.2.		El achiote	15
	2.2.1.	Aspectos históricos del achiote	16
	2.2.2.	Taxonomía y etimología del achiote.....	17
	2.2.3.	Descripción botánica del achiote.....	17
	2.2.3.1.	Planta	17
	2.2.3.2.	Tronco y ramas	18
	2.2.3.3.	Corteza.....	18
	2.2.3.4.	Raíz.....	18
	2.2.3.5.	Hojas	19
	2.2.3.6.	Flores	19
	2.2.3.7.	Fruto o cápsula.....	20
	2.2.3.8.	Semilla.....	21
	2.2.4.	Características fisicoquímicas de la semilla del achiote.....	22
	2.2.5.	Requerimientos climáticos para la siembra de achiote.....	22
	2.2.6.	Valor nutricional del achiote	23
	2.2.7.	Aplicaciones del achiote	23
	2.2.8.	Aplicación industrial.....	24
	2.2.9.	Aplicación medicinal.....	24
	2.2.10.	Aplicación alimentaria	24
2.3.		Colorimetría.....	24
	2.3.1.	Teoría del color	25
	2.3.2.	Modelos de color	26
	2.3.2.1.	Sistema Munsell.....	26
	2.3.2.2.	Modelo CIE 1976 (L*a*b*)	28

	2.3.2.3.	Modelo L*C*h*	28
2.4.		Embutidos.....	30
	2.4.1.	Aspectos históricos de los embutidos.....	30
	2.4.2.	Tipos de embutidos	31
		2.4.2.1. Escaldados	31
		2.4.2.2. Cocidos.....	31
		2.4.2.3. Crudos	32
	2.4.3.	Aditivos alimentarios en embutidos	32
	2.4.4.	Definición de aditivo alimentario	33
	2.4.5.	Condimentos.....	34
	2.4.6.	Envoltura de embutidos	34
	2.4.7.	Control microbiológico	35
		2.4.7.1. Contaminación biológica.....	36
		2.4.7.2. Contaminación física	36
		2.4.7.3. Contaminación química	36
	2.4.8.	Detección de microorganismos en los alimentos....	36
	2.4.9.	Control de calidad de embutidos	37
	2.4.10.	Higiene en embutidos	37
	2.4.11.	Normas en la elaboración de embutidos	38
	2.4.12.	Descripción general del proceso de elaboración de .embutidos	38
	2.4.13.	Chorizos y longanizas.....	39
		2.4.13.1. Chorizo	39
		2.4.13.2. Longaniza	39
		2.4.13.2.1. Características generales de los chorizos y longanizas ...	39
	2.4.14.	Ingredientes de los embutidos	40
		2.4.14.1. Carne.....	40

	2.4.14.2.	Grasa.....	40
	2.4.14.3.	Sal y azúcares.....	41
	2.4.14.4.	Nitratos y nitritos	41
	2.4.14.5.	Espicias y condimentos.....	42
2.5.		Quesos.....	42
	2.5.1.	Tipos de quesos	43
		2.5.1.1. Queso sometido a maduración.....	43
		2.5.1.2. Queso madurado.....	43
		2.5.1.3. Queso sin madurar	44
	2.5.2.	Factores de composición y calidad de quesos	44
		2.5.2.1. Materias primas.....	44
		2.5.2.2. Contenido de grasa en el queso.....	45
	2.5.3.	Higiene en fabricación de quesos	45
		2.5.3.1. Normativa de calidad para la elaboración de quesos	46
	2.5.4.	Descripción general del proceso de elaboración de queso fresco.....	46
2.6.		Yogurt.....	46
	2.6.1.	Materia prima para elaboración de yogurt.....	46
		2.6.1.1. Leche fermentada	47
	2.6.2.	Higiene en la elaboración de yogurt	48
	2.6.3.	Descripción general del proceso de fabricación	48
3.		MARCO METODOLÓGICO	49
	3.1.	Alcance	49
	3.2.	Variables	50
		3.2.1. Tipos de variables	50
		3.2.1.1. Variables independientes	50
		3.2.1.2. Variables dependientes	50

3.2.2.	Variables independientes	51
3.2.3.	Variables dependientes	52
3.2.4.	Variables de respuesta	54
3.3.	Delimitación del campo de estudio	54
3.3.1.	Obtención de la materia prima.....	54
3.4.	Recursos humanos disponibles.....	55
3.5.	Recursos materiales disponibles	55
3.5.1.	Instrumentos, equipo y cristalería general y de medición para la elaboración de embutidos	55
3.5.1.1.	Equipo principal para la elaboración de embutidos	56
3.5.2.	Instrumentos, equipo y cristalería general y de medición para la elaboración de queso	59
3.5.2.1.	Equipo principal para la elaboración de queso.....	60
3.5.3.	Instrumentos, equipo y cristalería general y de medición para la elaboración de yogurt	64
3.5.3.1.	Equipo principal para la elaboración de yogurt.....	65
3.5.4.	Recursos generales.....	68
3.5.5.	Otros equipos utilizados	70
3.5.6.	Técnica cualitativa	72
3.5.6.1.	Materia prima, ingredientes y formulación de alimentos.....	74
3.5.6.2.	Procedimiento de elaboración de los alimentos	76
3.5.6.2.1.	Embutidos.....	76
3.5.6.2.2.	Lácteos.....	77

3.5.6.3.	Procedimiento de análisis físicoquímicos.....	78
3.5.6.3.1.	Prueba de acidez para yogurt.....	78
3.5.6.3.2.	Prueba de viscosidad del yogurt.....	79
3.5.6.3.3.	Prueba de acidez del queso fresco.....	79
3.5.6.3.4.	Prueba de acidez de embutidos.....	80
3.5.6.4.	Procedimiento de análisis colorimétricos.....	80
3.5.6.5.	Procedimiento para la realización del panel sensorial.....	81
3.6.	Recolección y ordenamiento de la información.....	81
3.6.1.	Técnica de muestreo.....	81
3.6.2.	Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información.....	82
3.5	Análisis estadístico.....	93
3.5.1	Método estadístico ANOVA.....	93
3.5.1.1	Media aritmética.....	94
3.5.1.2	Varianza.....	95
3.5.1.3	Datos de ANOVA.....	95
3.5.1.4	Resumen del análisis estadístico desarrollado.....	96
4.	RESULTADOS.....	99
4.1.	Análisis microbiológicos.....	99
4.2.	Prueba sensorial (prueba hedónica de 5 puntos).....	101

4.3.	Análisis colorimétricos	106
4.4.	Análisis fisicoquímicos	111
4.5.	Análisis estadístico ANOVA.....	112
5.	INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	115
5.1.	Elaboración de los productos alimenticios.....	115
5.2.	Análisis desarrollados sobre las muestras.....	117
5.2.1.	Análisis microbiológico	117
5.2.2.	Análisis sensorial	119
5.2.3.	Análisis colorimétrico	121
5.2.4.	Análisis fisicoquímicos	125
5.2.5.	Análisis de varianza (ANOVA)	127
	CONCLUSIONES	129
	RECOMENDACIONES	131
	BIBLIOGRAFÍA	133
	APÉNDICE.....	139
	ANEXOS	149

INDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Estructura base de los carotenoides, licopeno.....	13
2.	Representación gráfica de las estructuras de bixina.....	14
3.	Achiote (<i>Bixa orellana L.</i>).....	15
4.	Planta del achiote	18
5.	Hoja del achiote	19
6.	Flor del achiote	20
7.	Fruto del achiote	21
8.	Valor nutricional del achiote	23
9.	Representación gráfica del sistema Munsell para la medición de color	27
10.	Ejemplo del método de Munsell para la medición del color	28
11.	Modelo L*C*h*	29
12.	Tripas naturales de acuerdo a los embutidos a fabricarse.....	35
13.	Composición de diferentes productos derivados de leche fermentada	47
14.	Molino de discos para carne	57
15.	Embutidora.....	58
16.	Enfriador	58
17.	Máquina desnatadora	61
18.	Cernidor	61
19.	Enfriador	62
20.	Marmita de calentamiento.....	63
21.	Tanque mezclador y homogeneizador.....	63
22.	Máquina desnatadora	66
23.	Marmita de calentamiento.....	67

24.	Potenciómetro Hanna	70
25.	Viscosímetro de Saybolt.	71
26.	Espectrofotómetro de reflectancia	71
27.	Diagrama del procedimiento para la aplicación de colorante natural de achiote y pruebas realizadas en el mismo.	73
28.	Resultados gráficos de las pruebas sensoriales sobre las muestras de chorizo.....	101
29.	Resultados gráficos de las pruebas sensoriales sobre las muestras de longaniza.....	102
30.	Resultados gráficos de las pruebas sensoriales sobre las muestras de queso fresco.....	103
31.	Resultados gráficos de las pruebas sensoriales sobre las muestras de yogurt	104
32.	Aceptación de la coloración natural del producto alimenticio elaborado. con base en la prueba sensorial desarrollada.....	105

TABLAS

I.	Identificación del tipo de queso según su cantidad de grasa	45
II.	Variables independientes para el proceso de formulación de los embutidos.....	51
III.	Variables independientes para el proceso de formulación de queso	51
IV.	Variables independientes para el proceso de formulación de yogurt	51
V.	Variables dependientes para el proceso de formulación de los embutidos.....	52
VI.	Variables dependientes para el proceso de formulación de queso.....	53
VII.	Variables dependientes para el proceso de formulación de yogurt.....	53
VIII.	Instrumentos de medición e instrumentos generales para la elaboración de embutidos.....	56

IX.	Instrumentos de medición e instrumentos generales para la elaboración de queso	59
X.	Instrumentos de medición e instrumentos generales para la elaboración de queso	64
XI.	Recursos generales adicionales utilizados para la elaboración de los embutidos, queso y yogurt.....	68
XII.	Materia prima, ingredientes y formulación de los alimentos elaborados.....	74
XIII.	Resultados del análisis microbiológico del colorante natural de achiote previo a su aplicación en los productos alimenticios	83
XIV.	Resultados del análisis microbiológico de los chorizos elaborados aplicando el colorante natural de achiote	85
XV.	Resultados del análisis microbiológico de las longanizas elaboradas aplicando el colorante natural de achiote	86
XVI.	Resultados del análisis microbiológico de los quesos frescos elaborados aplicando el colorante natural de achiote.....	87
XVII.	Resultados del análisis microbiológico de los yogurts elaborados aplicando el colorante natural de achiote	88
XVIII.	Datos necesarios para determinar el poder colorífico del colorante natural de achiote previo a su aplicación.....	89
XIX.	Datos necesarios para determinar el poder colorífico del colorante natural de achiote aplicado sobre el queso fresco.....	90
XX.	Datos necesarios para determinar el poder colorífico del colorante natural de achiote aplicado sobre el chorizo	91
XXI.	Datos necesarios para determinar el poder colorífico del colorante natural de achiote aplicado sobre la longaniza.....	92
XXII.	Ejemplo de tabulación de resultados obtenidos a partir del método estadístico ANOVA.....	95

XXIII.	Resumen del análisis ANOVA desarrollado sobre los resultados de las pruebas sensoriales	96
XXIV.	Resumen del análisis ANOVA desarrollado sobre los resultados del análisis colorimétrico realizado a los productos alimenticios elaborados	97
XXV.	Resumen de resultados del análisis microbiológico elaborado a embutidos en comparación con los límites respecto al <i>Reglamento técnico centroamericano</i>	99
XXVI.	Resumen de resultados del análisis microbiológico elaborado a queso fresco y yogurt en comparación con los límites respecto al <i>Reglamento técnico centroamericano</i>	100
XXVII.	Resultados de las pruebas sensoriales sobre las muestras de chorizo.....	101
XXVIII.	Resultados de las pruebas sensoriales sobre las muestras de longaniza	102
XXIX.	Resultados de las pruebas sensoriales sobre las muestras de queso fresco	103
XXX.	Resultados de las pruebas sensoriales sobre las muestras de yogurt.....	104
XXXI.	Resultados del análisis de intensidad de coloración para las muestra de colorante natural antes de su aplicación.....	106
XXXII.	Resultados del análisis de intensidad de coloración y nivel de diferencia de color para las muestras de chorizo elaboradas	108
XXXIII.	Resultados del análisis de intensidad de coloración y nivel de diferencia de color para las muestras de longaniza elaboradas	109
XXXIV.	Resultados del análisis de intensidad de coloración y nivel de diferencia de color para las muestras de queso fresco elaboradas ..	110
XXXV.	Resumen de resultados de los análisis fisicoquímicos de los alimentos	111

XXXVI.	Análisis de varianza (ANOVA) realizado para los resultados obtenidos con base en la prueba sensorial	113
XXXVII.	Análisis de varianza (ANOVA) realizado para los resultados obtenidos con base en el análisis colorimétrico realizado sobre los alimentos elaborados.....	113

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
a	Ubicación del color dentro del rango de rojo a verde
b	Ubicación del color dentro del rango amarillo a azul
cm	Centímetro
°C	Grados centígrados
E*	Diferencia de color
F	Distribución estadística
g	Gramo
Km	Kilómetro
L	Litro
m	Metro
mL	Mililitro
mg	Miligramo
nm	Nanómetro
NMP	Número más probable
%	Porcentaje
pH	Potencial de hidrógeno
s	Segundos
UFC	Unidades de colonias bacterianas

GLOSARIO

Arilo	Cobertura carnosa de ciertas semillas conocido comúnmente como falso fruto.
Colorante	Sustancia que es capaz de fijarse en otras sustancias y las dota de color de manera estable ante factores fisicoquímicos.
Espectrofotómetro	Instrumento de medición utilizado en la física óptica, para determinar en función de la longitud de onda, la relación entre los valores de una misma magnitud fotométrica.
Extracción	Procedimiento de separación de una sustancia que puede disolverse en dos disolventes no miscibles entre sí con distinto grado de solubilidad y que estén en contacto a través de una interfase.
Extracto	Sustancia obtenida por extracción de una parte de una materia prima, a menudo usando un disolvente para ello.
Flavonoides	Metabolitos secundarios de las plantas.
GES	Medición del porcentaje de masa sobre el extracto seco total de los quesos.

Hidrosoluble	Cualquier sustancia que tenga afinidad con el agua y como consecuencia, se puede disolver en esta.
Insoluble	Que no puede disolverse ni diluirse.
Liposoluble	Sustancias solubles en grasas, aceites y otros solventes orgánicos no polares.
Longitud de onda	Distancia que recorre una onda en un determinado intervalo de tiempo.
Luminosidad	Grado en el cual el color exhibe o refleja mayor o menor cantidad de luz.
Pecíolo	Es el rabillo que une la lámina de una hoja a su base inferior llamada tallo.
Pigmento	Material que cambia el color de la luz que refleja como resultado de la absorción selectiva del color.
Pirimidinas	Compuesto orgánico con dos átomos de nitrógeno que sustituyen al carbono en las posiciones 1 y 3.
Quinonas	Tipo de ciclohexanodionas, isómero de la ortobenzoquinona.
Reflectancia	Capacidad que tiene un cuerpo de reflejar luz.

Tetrapirroles	Compuestos orgánicos que conforman diferentes estructuras biológicas como el grupo hemo de la hemoglobina.
Viscosidad	Oposición de un fluido a deformaciones tangenciales que puedan presentarse durante su trayectoria.
Viscosímetro de Saybolt	Instrumento de medición de viscosidad.
Xantonas	Compuesto carbonílico utilizada en la preparación de xantidrol, utilizado en la determinación de los niveles de urea en la sangre.

RESUMEN

El informe presentado a continuación, es un estudio sobre la aplicación de colorante natural extraído de la semilla del achiote (*Bixa orellana* L.), como aditivo alimentario en la elaboración de embutidos, queso y yogurt.

Se analizó la calidad de los productos elaborados con un análisis microbiológico regido por el *Reglamento técnico centroamericano* (RTCA) a las muestras de colorante y a los productos alimenticios elaborados para el estudio; se compararon los resultados obtenidos con los requerimientos establecidos en las normas CODEX Standard de la FAO y OMS; los resultados indicaron que la mayoría de las muestras de colorante y de los alimentos elaborados están dentro de los parámetros indicados en las normas establecidas.

Las variables de análisis estudiadas fueron las propiedades organolépticas de los alimentos, se analizaron sus características físicas: apariencia, textura, presentación y color, por medio de una prueba sensorial (prueba hedónica de 5 puntos); se observó que la coloración presentada en los alimentos fue aceptada por las personas que degustaron los productos alimenticios; fue de su agrado en todas las muestras presentadas.

Además, se determinó la intensidad del color del extracto colorante natural aplicado y su poder colorífico sobre los productos alimenticios elaborados, mediante un análisis colorimétrico especializado; se utilizó un espectrofotómetro de reflectancia. Los resultados a partir de este análisis mostraron que el colorante natural tiene valores intermedios de coloración en su estado sólido (en polvo) previo a su aplicación; mientras que cuando el mismo

fue aplicado a los productos alimenticios, sus índices de luminosidad indicaron que su coloración fue aceptable, al mostrar valores alejados del blanco, es decir, con una coloración notoria en los mismos.

Adicionalmente, se procedió a analizar dos características químicas de los productos alimenticios: acidez y viscosidad; los resultados en dichas pruebas fisicoquímicas mostraron valores estables y dentro de los parámetros normales para el consumo humano, por lo tanto, los resultados fisicoquímicos fueron satisfactorios.

Para obtener precisión en cuanto a los resultados obtenidos, se realizó un análisis estadístico de varianza (ANOVA) para comprobar la hipótesis de trabajo planteada; a partir de esto, luego del análisis de los resultados, se aceptó la hipótesis alternativa del trabajo y se rechazó la hipótesis nula.

Con todo esto, se concluyó que los resultados fueron satisfactorios, al indicar que el extracto colorante natural aplicado en los productos alimenticios tiene un poder colorífico bastante alto al ser muy notorio en los mismos; además, los productos alimenticios elaborados fueron muy aceptados por los consumidores a los que se les presentó y son aptos para el consumo humano debido a que los valores de los resultados obtenidos en los análisis microbiológicos y fisicoquímicos están dentro de los parámetros establecidos.

OBJETIVOS

General

Aplicar el extracto colorante obtenido de la semilla del achiote (*Bixa orellana* L.) como saborizante y colorante en productos alimenticios como embutidos, queso y yogurt.

Específicos

1. Realizar un análisis microbiológico de los alimentos elaborados y compararlo con el *Reglamento técnico centroamericano* (RTCA 67-04-54:10 para alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios) para determinar su cumplimiento.
2. Evaluar la calidad de los productos alimenticios elaborados de acuerdo al Manual del código de alimentos, Codex Standard 221-2001, 243-2003, Enmienda 2008 de la FAO y OMS y COGUANOR NGO 34125, para productos cárnicos.
3. Determinar qué tan alto es el grado de aceptabilidad de los productos finales de forma cualitativa, por medio de una prueba hedónica de 5 puntos que indica, el gusto o disgusto del producto final con base en la presentación, el sabor y la coloración de dos muestras de cada tipo de los productos alimenticios elaborados, variando la cantidad de colorante natural utilizada.

4. Determinar las características colorimétricas del colorante natural aplicado en los productos alimenticios elaborados a través del método L, a*, b* de índices de luminosidad y su intensidad colorimétrica medida a partir de un espectrofotómetro de reflectancia.

Hipótesis

Hipótesis de trabajo

La cantidad de extracto colorante del achiote (*Bixa orellana* L.) a utilizar como aditivo alimenticio en embutidos, queso y yogurt debe ser alrededor de 1 % y 3 % (sobre el peso o volumen, según el producto alimenticio a elaborarse) para cumplir con las propiedades químicas y organolépticas de cada producto y con los requerimientos de calidad y composición, establecidos por las normas señaladas en: CODEX STAN de la FAO y OMS, normativo COGUANOR y el reglamento RTCA.

Hipótesis estadística

Hipótesis nula

Ho₁: los productos finales con 3 % (sobre su peso) de colorante natural de achiote (*Bixa orellana* L.) en su composición no tienen mayor grado de aceptabilidad ni alto poder colorimétrico en comparación con los productos con 1 % (sobre su peso) de colorante natural de achiote.

Ho₂: los productos alimenticios elaborados no cumplen con los parámetros de control de calidad establecidos por el experimentador.

Ho₃: el análisis microbiológico de los productos alimenticios no cumple con los requerimientos establecidos por el *Reglamento técnico centroamericano*.

Hipótesis alternativa

Hi₁: los productos finales con 3 % (sobre su peso) de colorante natural de achiote (*Bixa orellana L.*) en su composición tienen un mayor grado de aceptabilidad y poder colorimétrico que los productos con 1 % (sobre su peso) de colorante natural de achiote.

Hi₂: los productos alimenticios elaborados cumplen con los parámetros de control de calidad establecidos por el experimentador.

Hi₃: el análisis microbiológico de los productos alimenticios cumple con los requerimientos establecidos por el *Reglamento técnico centroamericano*.

INTRODUCCIÓN

El achiote (*Bixa orellana* L.) conocido con diferentes nombres como achiote, bixa, bija entre muchos otros, pertenece a la familia Bixaceae, con ocho especies diferentes; su origen se remonta desde tiempos prehispánicos y se cultiva en países subtropicales, como Guatemala, Brasil, Perú, entre otros.

Las propiedades características del achiote, se encuentran en el arilo de la planta, en su semilla; del achiote no solo se aprovecha su coloración tan particular, también, sus propiedades saborizantes como condimento principal en diversos tipos de comidas típicas de Guatemala, como tamales, arroz y embutidos.

En el mundo, existe diversidad de colorantes y tintes tanto naturales como artificiales útiles en diferentes áreas. Actualmente, se ha incrementado el uso de colorantes y tintes naturales en diferentes productos debido a los efectos secundarios y negativos que producen los colorantes artificiales en la salud de las personas que los consumen.

Los colorantes naturales, además, de ser beneficiosos para la salud, poseen la ventaja de ser más económicos en su aplicación; beneficia, además, la economía de las diferentes industrias que hacen uso de ellos, debido a que llevan menos procesos en su preparación y, por lo tanto, las industrias ahorran en su síntesis y elaboración como es el caso de los colorantes y tintes artificiales.

Sin embargo, aun con los beneficios que los colorantes naturales tienen sobre los productos elaborados, sobre la salud de las personas y sobre las

propias empresas que los utilizan; estos aún son poco conocidos y usados por parte de las industrias a gran escala.

El estudio investigativo que se presenta a continuación se basa en el aprovechamiento de las propiedades naturales del achiote como aditivo alimenticio, como colorante y saborizante; la industria alimenticia es una de las principales al utilizar aditivos alimenticios naturales en sus diferentes procesos, al igual que la industria textil y farmacéutica.

El objetivo principal del presente informe es mostrar una de las diferentes formas de aprovechamiento de los colorantes naturales; en este caso, específicamente, sobre las propiedades saborizantes y colorantes naturales del achiote en embutidos, queso y yogurt; se muestra de esta forma las ventajas del su uso y favorece el incremento de su aplicación en la sociedad guatemalteca.

1. ANTECEDENTES

En el tema de los colorantes naturales, han existido diversos estudios aplicados en varios campos industriales como en textiles, alimentos, comparaciones entre colorantes naturales y sintéticos, entre otros, así como variedad de materias primas naturales utilizadas para la obtención de los mismos, sin embargo, el énfasis recae sobre los estudios y aplicaciones de colorantes naturales en la gastronomía, así como la aplicación de requerimientos y normas respectivas en los productos alimenticios finales.

Un importante estudio de tesis, en donde se presenta el proceso de elaboración de colorante a nivel laboratorio, es el presentado por el ingeniero químico Edy Boanerges Payes Aguirre, en el cual se presentó el proceso de obtención y caracterización fisicoquímica del extracto colorante de achiote (*Bixa orellana* L.) a nivel laboratorio, con el fin principal de analizar los resultados obtenidos con el mismo, para futuras investigaciones a mayor escala y mostrar el poder colorífico de la semilla de achiote y la facilidad que se tiene para su obtención.

Un estudio similar al que se presenta, es el estudio de tesis presentado por la ingeniera química Zoila Concepción Reyes Buenafe, realizado en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en el cual se extrajo y se evaluó el colorante natural de achiote (*Bixa orellana* L.) como sustituto del colorante E-102 amarillo No. 5 (Tartracina) en la elaboración de yogurt, para observar las variaciones de coloración así como los beneficios de utilizar dicho colorante natural en productos lácteos como el yogurt.

Uno de los principales estudios relacionado con el tema indicado es un valioso estudio realizado por la investigadora Diana Sofía Artieda Reyes, en Quito, Ecuador en 2010, realizado en la Universidad Tecnológica Equinoccial para la obtención del título de administrador gastronómico; dicho estudio se enfocó en el estudio del achiote (*Bixa orellana L.*) como cultivo y principalmente su uso y aplicación en la gastronomía como colorante natural y como condimento en diferentes recetas de platillos alimenticios, con el fin de adaptar el cultivo dentro de la gastronomía demostrando su versatilidad en la misma.

Otro importante estudio sobre colorante alimenticio se realizó en la Universidad de San Carlos de Guatemala en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, denominado *Extracción, cuantificación y estabilidad de colorantes naturales presentes en los frutos de Prunus capulí Cav. (Cereza), Rubus Urticaefolius Poir (Mora) y Sambucus Canadensis L. (Sauco) como alternativas naturales de consumo de los colorantes artificiales rojo No. 40, rojo No. 3 y rojo No. 2, en bebidas en el rango de pH: 3, 4 y 5*, estudio realizado por Walter Vinicio Fuentes Miranda en 2005, en donde se presentan diferentes extractos aplicados en bebidas saborizadas y las ventajas de los colorantes naturales sobre los colorantes sintéticos.

Así también otro estudio realizado en Guatemala, en la Universidad de San Carlos de Guatemala y en la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, en 2007, denominado *Caracterización, extracción y estabilidad de los colorantes naturales presentes en el cáliz de Hibiscus sabdariffa L. (rosa de Jamaica) como alternativa de consumo del colorante artificial rojo No. 40*, realizado por Irma Lucía Arriaga Tórtola; es otro ejemplo de la aplicación de colorantes naturales en alimentos y de sus beneficios en la alimentación humana diaria en contraste con los colorantes sintéticos.

Además en el tema de la extracción de colorantes naturales y su aplicación en diferentes industrias, pueden mencionarse estudios relevantes como, el estudio denominado *Extracción y caracterización fisicoquímica del tinte natural obtenido del exocarpo del coco (Cocos nucifera), como aprovechamiento del desecho de fuentes comerciales*, desarrollado por Mario José Mérida Meré para conferirse el título de ingeniero químico en la Universidad San Carlos de Guatemala en 2008; en el mismo, se presenta la extracción y caracterización fisicoquímica del extracto tintóreo del exocarpo del coco para evaluar la factibilidad de su uso como materia prima en la industria textil. En la misma universidad, Byron Alfredo Quiñonez Figueroa, realizó un estudio sobre la extracción del colorante del chile jalapeño a nivel laboratorio, utilizando tres solventes diferentes y analizando los rendimientos obtenidos.

Otros estudios relevantes de colorantes naturales son:

- *Evaluación del proceso de aplicación y capacidad de tinción del colorante natural obtenido de las hojas del añil (Indigófera guatemalensis), a partir de cuatro procedencias y mediante pruebas fisicoquímicas en fibras de lana y algodón a nivel laboratorio*, estudio realizado por Joan Alejandra López López en 2005, de la Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Química de la Universidad San Carlos de Guatemala; en la cual el fin primordial es extraer el colorante vegetal, compararlo según la procedencia de las hojas del añil y de esta forma analizar la calidad de la fijación que tiene el colorante en fibras de lana y de algodón.
- *Estudio tecnológico sobre la reactivación de la producción y uso del tinte natural obtenido del añil (Indigófera guatemalensis Moc.), utilizado por cooperativas de mujeres dedicadas a la elaboración de artesanías en el área del occidente de Guatemala*, fue un proyecto en conjunto por la Universidad

San Carlos de Guatemala, la Dirección General de Investigación (Digi) y el Programa Universitario de Investigación en Desarrollo Industrial (PUIDI), en el año 2010, realizado por un grupo de investigadores encabezados por la ingeniera química Telma Maricela Cano Morales; se plantea como fin primordial incursionar en una pequeña parte del campo creciente que poseen los colorantes naturales en el país como lo son las artesanías.

- *Extracción a nivel laboratorio del aceite esencial crudo del pericón (Tagetes lucida Cav), y utilización del desecho sólido para la extracción del colorante natural para su uso en el teñido de fibras naturales*, de la Facultad de Ingeniería específicamente de la Escuela de Ingeniería Química, realizado por Claudia Maribel Ac Santa Cruz en 2005; es un ejemplo de la versatilidad que pueden tener las materias primas, en este caso la cáscara rica en colorante natural; el objetivo primordial del estudio indicado, enfocado al colorante, fue determinar el rendimiento, caracterizarlo mediante pruebas fisicoquímicas y utilizarlo en fibras textiles guatemaltecas.
- Otro estudio relevante relacionado con colorantes naturales ha sido el estudio tecnológico sobre los tintes naturales extraídos de la corteza de tres especies forestales cultivadas en Guatemala, para teñir fibras naturales que cumplan con especificaciones de calidad exigidas por el mercado, realizado por un equipo de investigación liderado por la ingeniera química Telma Maricela Cano Morales, como un proyecto asociado de la Universidad de San Carlos de Guatemala, la DIGI y la Industria de Investigaciones Agronómicas y Ambientales IIA, 2007.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Colorante

Un colorante es cualquier producto químico (artificial) o bien natural con propiedades particulares que lo hacen útil para colorear productos alimenticios, de utilería, tejidos, entre otros.

Desde tiempos primitivos, los colorantes han sido utilizados por la humanidad, inicialmente como naturales; brinda coloración de origen vegetal en fuentes como semillas, diferentes plantas, hongos, raíces, hasta animales invertebrados como insectos; conforme fue evolucionando la humanidad, el hombre ha estudiado sus propiedades y cualidades y, desarrolló la manera de obtener colorantes artificiales.

2.1.1. Definición de colorante

De acuerdo con la FDA, “colorante es una sustancia obtenida por síntesis o artefacto similar o extraída, aislada y derivada con o sin intermediarios de cambio final de identidad, a partir de un vegetal, un animal o mineral u otra fuente que cuando es añadida o aplicada a alimentos, medicamentos, cosméticos, cuerpo humano o cualquier otra parte, por sí misma es capaz de impartir color”¹.

¹ DEL CID, Henry. *Extracción a nivel laboratorio, de los pigmentos colorantes del tipo flavonoides contenidos en la flor del Subín (Acacia farnesiana L. Wild) proveniente de un bosque silvestre guatemalteco.* p. 3.

2.1.2. Clasificación de colorantes

Los colorantes tienen diferentes clasificaciones, algunas de las más utilizadas son: por su origen, por su composición química y por su solubilidad.

2.1.2.1. Clasificación de colorantes según su origen

Según el origen del colorante pueden dividirse en:

- Colorantes naturales u orgánicos (proceden de animales y plantas)
- Colorantes minerales o inorgánicos
- Colorantes artificiales

2.1.2.2. Clasificación de colorantes según su composición química

Según su composición química se dividen en:

- Tetrapirroles (lineales y cíclicos)
- Carotenoides (tetraterpenoides)
- Flavonoides
- Xantonas
- Quinonas
- Derivados indigoides e índoles
- Piridimidias sustituidas

2.1.2.3. Clasificación de colorantes según su solubilidad

Según su solubilidad se dividen en:

- Hidrosolubles (solubles en agua)
- Liposolubles (solubles en la grasa)
- Insolubles

2.1.3. Colorantes naturales

El concepto de colorante natural tiene una larga serie de definiciones, englobando algunas, se define a los colorantes naturales como aquellos compuestos obtenidos a partir de partes específicas de plantas como hojas, raíces, frutos, semillas; también, pueden ser obtenidos de animales invertebrados como los insectos que emplean para ello métodos de extracción física o química, se produce de esta forma los componentes utilizados para la coloración de alimentos, cosméticos, textiles, entre otros.

Asimismo, los colorantes naturales pueden clasificarse de 3 formas según el área en que serán utilizados: pigmentos naturales, tintes naturales y colorantes naturales propiamente. “Los pigmentos naturales son compuestos utilizados principalmente en la industria farmacéutica, los tintes naturales utilizados para el teñido de telas, maderas, fibras y cuero, finalmente, los colorantes naturales utilizados principalmente en el área alimenticia”².

² DIGI. *Proyecto No. 6-52, estudio tecnológico sobre la reactivación de la producción y uso del tinte natural obtenido del añil (Indigofera guatemalensis Moc), utilizando por cooperativas de mujeres, dedicadas a la elaboración de artesanías, en el área del occidente de Guatemala.* p. 20.

2.1.4. Aspectos históricos de los colorantes naturales

Desde épocas antiguas, se han utilizado sustancias naturales para producir diferentes coloraciones; por ejemplo, puede observarse en innumerables obras y pinturas, murales y diversidad de figuras durante el florecimiento de las civilizaciones prehispánicas como los olmecas y mayas.

Las fuentes naturales de colorantes más utilizadas desde épocas antiguas han sido plantas, raíces, cortezas de árboles, insectos y moluscos; a continuación, se desglosan algunas tonalidades utilizadas y su fuente de obtención.

- Tonalidad morada: el colorante morado de origen animal, era obtenido de un molusco llamado *Purpura patula*, que se encontraba en las costas de Nicoya, Costa Rica y Nicaragua; de origen vegetal se obtenía a partir de la mora de campo para dar tonalidades más oscuras o bien el palo Brasil (*Haematoxylum brasiletto*).
- Tonalidad azul: para dar tonalidades azules se empleaba la sacatinta (*Fuchsia parviflora* zuco *onagraceae*) perteneciente a tierras cálidas y altas de Guatemala; además, si se quería una variación de tonalidad a azul índigo, se utilizaba la piedra de añil, proveniente de El Salvador.
- Tonalidad negra: se utilizaba el caracolito denominado jute, que se desarrolla en los ríos de la región sudeste de Guatemala; en las zonas de Petén y Belice, también se encontraba otra fuente de tinte, denominado palo de campeche o palo de tinte (*Haematoxylum campechianum*); además de la fruta del nasacolo (*Caesalpinia coriaria-caesapinaceae*) y la fruta del marañón (*Anacardium occidentale*).

- Tonalidad café: extraído de la cáscara de nance o bien de la corteza del árbol Aliso (*Alnus acuminata betulaceae*).
- Tonalidad amarilla: la tonalidad amarilla, se obtenía del camotillo (*Curcuma tinctoria zingiberaceae*), del achiote o del palo amarillo (*Chlorophora tinctoria*).
- Tonalidad roja: producida por la cochinilla (*Coccus cacti*).
- Tonalidad verde: extraída de hojas de tempate (*Jatropha curcas L. euphorbiaceae*) obteniendo colores con mejor solidez; además, era utilizada también la raíz cúrcuma mezclada con añil.

Las plantas y los métodos de coloración utilizados han sido registrados por diferentes historiadores del primer siglo después de Cristo. Plinio, El Viejo, refiere a sus escritos dos colorantes comunes utilizados por tribus gálicas: índigo y glasto. Por el otro lado, Dioscórides describe que en antigua Grecia se utilizaban colorantes como la rubia para el rojo, el azafrán (de los estigmas del *Crocus sativa*) y gualda (*Roseda luteola*) para amarillos y glasto para el azul, entre otros.

Durante la Edad Media (aproximadamente por el año 1250 d.C), los procedimientos de coloración eran actividades propias de monjes; las plantas eran utilizadas con dos fines principales: medicinalmente y para coloraciones.

Hasta mediados del siglo XIX, los colorantes naturales utilizados en actividades medicinales, alimenticias, cosméticas y textiles fueron materiales relativamente fáciles de obtener de fuentes animales, vegetales y minerales, hasta 1856, año en el cual, fue obtenido el primer colorante sintético mediante la síntesis de la quinina, produciéndose para ello la oxidación de sulfato de anilina

y dicromato potásico por parte del inglés William Perkin; seguidamente, se realizaron más estudios sobre los colorantes sintéticos, hasta que aproximadamente a finales del mismo siglo, los alemanes perfeccionaron la técnica, al sintetizar colorantes derivados de alquitrán, a tal punto que empresas de colorantes vegetales terminaron en banca rota.

Sin embargo, actualmente los colorantes naturales han regresado a su apogeo, debido a que no causan efectos adversos sobre la salud humana. La gran cantidad de enfermedades que se han descubierto producidas por el consumo de diferentes productos con colorantes sintéticos ha provocado un gran éxito nuevamente en la producción y distribución de colorantes naturales.

2.1.5. Clasificación de colorantes naturales

Los colorantes naturales tienen diferentes clasificaciones. De manera general, pueden dividirse en dos grandes categorías: según su origen y según su composición química.

Según su origen, pueden dividirse en animal y vegetal principalmente, aunque también existen colorantes de origen mineral. Entre los colorantes animales destaca la cochinilla, considerado como el mejor de los colorantes naturales. Tiene múltiples aplicaciones, desde productos alimenticios hasta productos de higiene personal; también, puede encontrarse en este grupo al kermés que produce ácido kermésico con características de coloración similares a la cochinilla.

Cuando se habla de colorantes de origen vegetal, son aún más conocidos y utilizados que los colorantes de origen animal; entre estos pueden mencionarse: el achiote, cúrcuma, caramelo, etc.

“El grupo de colorantes vegetales está formado principalmente por: antocianos (E-163), betaninas (E-162), caramelo (E-150), carotenoides (E-160), clorofinas (E-140), clorofilinas (E-141), curcumina (E-100), xantofilas (E-161) y el carbón vegetal (E-153)”³. En el anexo 1 se encuentran una tabla con diferentes variedades de colorantes naturales de origen vegetal.

“La siguiente categoría de clasificación de los colorantes naturales es por su composición química. Esta clasificación está integrada por: tetrapirroles, carotenoides, flavonoides, xantonas, quinonas, derivados indigoides e índoles, piridimidias sustituidas”⁴. En el anexo 2 se encuentra un listado con coloraciones acerca de los diferentes tipos de colorantes y su respectiva coloración.

2.1.6. Carotenoides

Carotenoides se le denomina al grupo de colorantes vegetales solubles en lípidos en 8 unidades de isopreno con una serie de dobles enlaces. Regularmente, se les consideran carotenos si solo están formados por átomos de carbono e hidrógeno (hidrocarburos), mientras que como xantofilas si contienen alguna función oxigenada.

Ambos, los carotenos y las xantofilas, son un grupo de pigmentos naturales ampliamente distribuidos; cumplen dos funciones principalmente: en la fotosíntesis y como materia colorante en las flores y los frutos en los que aparecen mayormente como colorantes amarillos los primeros, y naranja o rojizo

³ MÉRIDA, Mario. *Extracción y caracterización fisicoquímica del tinte natural obtenido del exocarpo del coco (Cocos nucifera), como aprovechamiento del desecho de fuentes comerciales.* p. 10.

⁴ AC SANTA CRUZ, Claudia. *Extracción a nivel laboratorio de aceite esencial crudo de pericón (Tagetes lucida Cav) y utilización del desecho sólido para la extracción del colorante natural, para su uso en el teñido de fibras naturales.* p. 26.

los segundos, aunque existen excepciones; en la categoría animal, se pueden encontrar en pájaros y peces.

Una de las industrias que utiliza en mayor cantidad los carotenos, es la industria alimenticia. Entre los carotenoides más utilizados, se encuentran:

- E-160 a alfa, beta y gamma caroteno
- E-160 b bixina, norbixina (Rocou, Annato)
- E-160 c capsantina, capsorrubina
- E-160 d licopeno
- E-160 e beta-apo-8'-carotenal
- E-160 f éster etílico del ácido beta-apo-8'-carotenóico

De los cuales, son mayormente utilizados la bixina y la norbixina, que se obtienen de extractos de semillas de la planta conocida como bija, roccou o annato (*Bixa orellana* L.).

2.1.6.1. Estructura y propiedades de los carotenoides

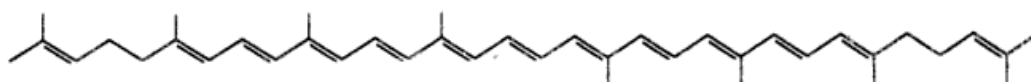
La estructura base de los carotenoides se denomina licopeno; “el licopeno consiste en una cadena larga de isopreno (8 unidades), formando un sistema de dobles enlaces, lo que produce un grupo cromóforo responsable del color”⁵.

Los carotenoides tienen la ventaja sobre otros colorantes que no son afectados por la presencia de ácido ascórbico, calentamientos o enfriamientos;

⁵ LOCK, Olga. *Colorantes naturales; carotenoides; colorantes naturales para alimentos*. p. 42.

pierden color fácilmente en productos deshidratados, pero a pesar de esto tienen una gran potencia de color y en alimentos regulares son utilizados por ello en niveles de partes por millón.

Figura 1. Estructura base de los carotenoides, licopeno



(I) licopeno (ψ,ψ -caroteno)
C.I. 75125

Fuente: LOCK, Olga. *Colorantes naturales; carotenoides; colorantes naturales para alimentos*. p. 42.

2.1.6.2. Bixina

“La bixina (éster monometílico del ácido 6,6'-diapo- ψ,ψ -carotenodioico), de fórmula molecular $C_{25}H_{30}O_4$, (PM 494.49); fue aislado por primera vez por Boussingault en 1825 y su fórmula molecular, determinada por Heiddushka y Panzer en 1914”⁶.

Es un carotenoide soluble en aceites, grasas, cloroformo, piridina, ácido acético glacial y propilenglicol. Se degrada por la acción de la luz y de las altas temperaturas, sin embargo, su estabilidad mejora en presencia de bajas concentraciones de oxígeno y por la adición de antioxidantes cuando el colorante se utiliza en productos alimenticios.

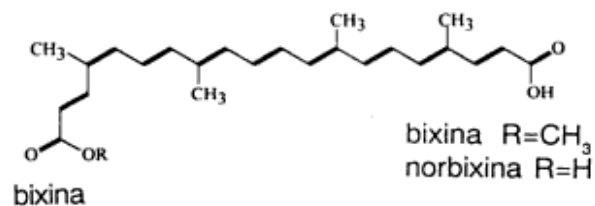
⁶ LOCK, Olga. *Colorantes naturales; carotenoides; colorantes naturales para alimentos*. p. 43.

Es resistente a cambios ácidos y álcalis, no es afectada por metales como el hierro, aluminio y zinc. Cuando está en contacto con vitamina C, previene cambios de sabor en alimentos y su estabilidad como colorante no se ve alterada.

La bixina se presenta como cristales romboédricos de color rojo, su punto de fusión se encuentra entre 192 y 198° C; según el proceso de extracción se pueden obtener diferentes tipos de bixina, soluble en agua, en aceite y emulsiones. Este tipo de compuestos son muy utilizados en industrias alimenticias y cosméticos.

Entre sus aplicaciones en el área alimenticia se encuentran: en la producción de mantequilla, para darle su coloración amarillenta; en los quesos, productos de harina, cereales, helados, dulces, entre otros.

Figura 2. Representación gráfica de las estructuras de bixina



Fuente: LOCK, Olga. *Colorantes naturales; carotenoides; colorantes naturales para alimentos*. p. 43.

2.2. El achiote

El achiote (*Bixa orellana* L.), conocido también con los nombres de achote, bixa, bija, urucú, annato, onoto, colorado y otros, es una especie originaria de América Tropical. La palabra achiote, se deriva del náhuatl *achiotl*, y el de bixa del taino *bixa* que los indígenas pronunciaban bisha. El nombre de la especie se otorgó en honor al descubridor del Amazonas, Francisco de Orellana.

Figura 3. Achiote (*Bixa orellana* L.)



Fuente: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. *Manual técnico del cultivo del achiote (Bixa orellana L.)*. p. 15.

El achiote es un arbusto que mide entre 2 y 7 metros de altura, pero puede alcanzar hasta los 10 metros o más, según las condiciones del suelo y del clima en que se encuentre; posee flores muy vistosas de color blanco o rosado, según como sea la variedad; su fruto es una cápsula (vaina) de color rojizo o amarillo verdoso con 30 a 45 semillas cubiertas por una delgada capa o arilo que por su contenido de bixina; es de color rojo o anaranjado, lo cual constituye la sustancia tintórea de la planta.

2.2.1. Aspectos históricos del achiote

Desde tiempos precolombinos, el achiote ha sido utilizado en diferentes actividades cotidianas. Los aborígenes americanos lo utilizaban para proteger su piel del sol, de picaduras de insectos, como cicatrizante y como pintura para de piel para batallas.

En Europa, Asia y Oceanía, aún no se conocía el achiote, sino hasta finales de la época precolombina; los españoles llevan a Asia y África (principalmente) la planta, para que luego la misma fuera dispersada por el continente europeo, asiático y Oceanía.

En 1775, un textilero inglés introdujo el achiote para utilizarlo en la tinción de seda, algodón y lana, pero al aplicarlo y observar que la coloración era muy inestable al estar en contacto con la luz solar, fue desechado rápidamente.

Conforme pasó el tiempo, la importancia económica del achiote fue aumentando debido al éxito que el mismo fue adquiriendo en el área alimenticia, en la coloración de sopas, quesos, margarinas y mantequillas principalmente. Con esto, en 1828, Holanda se une al mercado del achiote por orden de su gobierno, sembrando árboles de achiote y exportando las semillas al continente europeo.

Para la época de la Primera Guerra Mundial, como consecuencia de la aparición del colorante artificial derivado de la anilina (rojo Congo), el achiote sufrió un decrecimiento en ventas y en utilidad; sin embargo, para el año de 1954, se iniciaron las prohibiciones de colorantes artificiales por encontrar que los mismos son nocivos en la salud humana; adquirió de nuevo auge en muchos ámbitos industriales.

2.2.2. Taxonomía y etimología del achiote

- Reino: Plantae (vegetal).
- Subreino: Tracheobionta.
- División: Magnoliofita.
- Subdivisión: Angiosperma.
- Clase: Magnoliopsida (dicotiledónea).
- Orden: Violales (parietales).
- Familia: Bixaceae.
- Género: Bixa.
- Especie: Orellana Linneo, Upatensis Grosscurdy, Platicarpa, Urucurana, Shporrocarpa T, Azara R y P.

2.2.3. Descripción botánica del achiote

2.2.3.1. Planta

Según el *Manual técnico del achiote*, “el achiote es un árbol de rápido desarrollo, alcanza algunas que van desde los 3,0 metros hasta los 6,5 metros de altura, generalmente es ramificado desde su base, su tallo puede llegar a medir hasta 30 centímetros de diámetro y posee copa densa y globosa, follaje extendido de más de 10 metros de diámetro en árboles dejados a libre crecimiento”⁷

⁷ Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. *Manual técnico del cultivo del achiote (Bixa orellana L.)*. p. 13.

2.2.3.2. Tronco y ramas

Existen tipos de cultivo de achiote que pueden desarrollas de 2 a 6 ramas cuando se dejan a libre crecimiento; el tronco alcanza un diámetro que va desde 18 a 63 centímetros a una altura de 25 centímetros.

2.2.3.3. Corteza

La coloración de la corteza puede variar de pardo grisácea hasta anaranjado según la variedad de achiote.

2.2.3.4. Raíz

La raíz del achiote es pivoteante y bien desarrollada lo cual hace que se adapte a condiciones en suelos pobres.

Figura 4. **Planta del achiote**



Fuente: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. *Manual técnico del cultivo del achiote (Bixa orellana L.)*. p. 18.

2.2.3.5. Hojas

Las hojas son simples, alternas, con pecíolo corto, acorazonadas, enteras; son brillantes de color verde oscuro, variables de tamaño dependiendo del achiote cultivado. Tiernas, son de color cobrizo, cuando maduran el envés es de color plateado y se vuelven ásperas.

Cuando ha pasado la cosecha, el árbol tiende a botar la hoja madura e inmediatamente vuelve a brotar hoja nueva, por lo que tiene follaje en forma permanente; diferentes análisis muestran presencia de taninos, saponinas y torpenos.

Figura 5. **Hoja del achiote**



Fuente: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. *Manual técnico del cultivo del achiote (Bixa orellana L.)*. p. 14.

2.2.3.6. Flores

Las flores del árbol del achiote son compuestas, hermafroditas, actinomorfas; poseen cáliz de cinco pétalos libres, de prefloración imbricada y cinco sépalos; filamentos filiformes, de color blanco, amarillo y violeta.

Dependiendo de la coloración de la flor, las cápsulas son verdes, rojizas o amarillas, flores blancas, cápsulas verdes y flores rosadas, cápsulas rojizas.

Florece en la estación húmeda; en Centroamérica generalmente, hay plantas de achiote que inician su floración entre julio y septiembre con un máximo de floración en agosto; dura aproximadamente entre 3 y 4 meses y no es sincronizada.

Figura 6. **Flor del achiote**



Fuente: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. *Manual técnico del cultivo del achiote (Bixa orellana L.)*. p. 15.

2.2.3.7. Fruto o cápsula

El fruto del achiote es una cápsula; pueden ser de diferentes formas, redondas, acorazonadas, lancetadas y oblongas; está cubierto de apéndices y setas; pueden ser largos, medianos y cortos, aunque existen algunos cultivos que no tienen. La coloración de la cápsula varía según el tipo de achiote, hay verdes, rojas, ocre y amarillas. La cápsula está compuesta de dos segmentos, aunque existen unas con tres segmentos que contiene mayor número de semillas.

La cantidad de semillas que contienen las cápsulas puede variar, aproximadamente puede ser entre 20 y 55, lo cual parece estar ligado a la polinización por insectos. El fruto exterior posee unas protuberancias de forma triangular y en el interior posee una placenta donde se aloja la semilla. Las cápsulas varían en su época de maduración, pueden madurar de octubre a enero o bien de noviembre a marzo.

Figura 7. **Fruto del achiote**



Fuente: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. *Manual técnico del cultivo del achiote (Bixa orellana L.)*. p. 17.

2.2.3.8. Semilla

La semilla del achiote es de pequeño tamaño entre 3,5 y 5 milímetros de longitud y está situada dentro de la placenta del fruto; tiene forma piramidal y en su parte más gruesa tiene una mancha circular color negro. Posee una membrana porosa debajo de la cual se empiezan a formar los colorantes bixina y orellina.

2.2.4. Características fisicoquímicas de la semilla del achiote

El principal componente constituyente de la semilla del achiote es la bixina; representa más del 80 % de los pigmentos presentes; facilita su extracción. Los principales componentes de la semilla del achiote son: resina, orellina (materia colorante amarilla), bixina (materia colorante roja 80 %), aceite volátil y aceite graso.

2.2.5. Requerimientos climáticos para la siembra de achiote

Para que el cultivo del achiote crezca y se desarrolle de la forma adecuada, es necesario tomar en cuenta algunos requerimientos importantes en factores como el clima, la luminosidad y diferentes características en el suelo.

Referente al clima, el achiote puede crecer en condiciones climáticas extremas, como sequías, si el suelo donde se encuentra es fértil; altos vientos, abundantes lluvias y altas temperaturas también son propicios para el cultivo. El rango de temperatura ideal es de 20 °C a 38 °C, una precipitación total de 1, 700 a 200 milímetros anuales es aceptable y una humedad relativa entre 60 % y 80 %; requiere una buena luminosidad de forma uniforme aproximadamente 10 horas diarias de luz son las ideales.

En el caso del suelo, se necesitan suelos profundos (3 metros), fértiles y de buen drenaje interno y externo, sin compactación que afecte el crecimiento y desarrollo. En general, se adapta a cualquier clase de suelo si tiene las características previamente descritas y además franco arenoso, de textura liviana, sin arcilla y de pH de 5 a 7,5.

2.2.6. Valor nutricional del achiote

El achiote como colorante natural, brinda a los alimentos un agradable color, dándole una bonita presentación. Además, el aporte de nutrimentos es muy buena, por lo que es otra razón importante para su consumo. En la figura que se muestra a continuación se presenta el valor nutricional del achiote.

Figura 8. Valor nutricional del achiote

Cuadro 1. Composición química del achiote en 100 gramos de porción comestible.		
Componente	Achiote fresco	Achiote seco
valor energetico	54 calorías	334 calorías
Humedad	84,4 por ciento	5, 6 por ciento
Proteína	0,0	6,6 gramos
Grasa	0,3 gramos	4,6 gramos
Carbohidratos totales	14,3 gramos	78,2 gramos
Fibra	0,5 gramos	14,5 gramos
Ceniza	1,0 gramo	5,0 gramos
Calcio	7,0 miligramos	120,0 miligramos
Fósforo	10,0 miligramos	116,0 miligramos
Hierro	0,8 miligramos	5,6 miligramos
Vitamina A (actividad)	45 microgramos	185,0 microgramos
Tiamina	0,0	0,09 miligramos
Riboflavina	0,05 miligramos	0,19 miligramos
Niacina	0,3 miligramos	1,7 miligramos
Acido ascórbico	2,0 miligramos	7,0 miligramos

Fuente: Wu y Flores (1961)

Fuente: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. *Manual técnico del cultivo del achiote (Bixa orellana L.)*. p. 5.

2.2.7. Aplicaciones del achiote

El achiote es utilizado en diversas actividades por sus propiedades de tinción y por sus propiedades singulares y características para el área alimenticia.

2.2.8. Aplicación industrial

Industrialmente, el achiote es utilizado en la coloración de telas, pinturas y barnices.

2.2.9. Aplicación medicinal

En el área medicinal, el achiote ha sido utilizado desde épocas antiguas para curar diferentes enfermedades, como repelente contra insectos, para quemaduras, cicatrizante, etc.

2.2.10. Aplicación alimentaria

Existe gran variedad de productos alimenticios que utilizan de diferentes formas el achiote (la semilla del achiote), entre las principales formas utilizadas se encuentran dos: como colorante y como condimento. Con base en esto, el achiote se ha utilizado en dulces, helados, quesos y diferentes productos lácteos, coloración de carnes, embutidos, entre otras.

2.3. Colorimetría

De manera general, el color es definido como la sensación que se produce en el ojo en respuesta a una estimulación externa por cualquier tipo de energía luminosa a determinadas longitudes de onda, el cual está regido por tres elementos para que exista: un observador, un objeto determinado y una fuente de luz.

Al ser el color, por lo tanto, una respuesta humana a diferentes fenómenos de la luz. La luz está formada por ondas electromagnéticas que viajan a una

velocidad aproximada de 300, 000 km/s y como su forma no es en línea recta sino en forma ondulatoria, se conoce a esto como el carácter ondulatorio de la luz.

Cada una de las ondas electromagnéticas de la luz, poseen una longitud de onda diferente, lo cual produce los diferentes tipos de luz, entre los cuales se encuentra el espectro visible, que es la longitud de onda que se encuentra medida entre los 280 y 770 nanómetros, por lo tanto, el ojo humano es capaz de percibirla.

La colorimetría, por su parte, caracteriza numéricamente el color de un determinado objeto para de esta forma describir el color percibido.

2.3.1. Teoría del color

El ojo humano es considerado un sistema fotosensible donde el fotoreceptor es su retina, en donde se encuentran los conos y los bastones; los primeros responsables de la visión del color son 3 y cada uno de ellos es sensible a un tipo de luz distinta: roja, verde y azul.

Según la mezcla de colores que se realice, pueden ser de dos tipos: aditiva si se crean colores claros, se crea añadiendo colores al negro para crear nuevos colores más parecidos al blanco puro; la otra mezcla posible se conoce como mezcla sustractiva, la cual produce colores más oscuros; los colores primarios son sustraídos del blanco para formar nuevos colores y formar de esta forma un tono más oscuro acercándose lo más posible al negro.

2.3.2. Modelos de color

Los modelos del color, son representaciones abstractas que son descritos mediante modelos matemáticos y gráficos vectoriales; se utilizan para representar los colores de un objeto o sustancia de forma cuantitativa.

2.3.2.1. Sistema Munsell

En este modelo, la escala de tonos se organiza de manera circular, con cinco tonos principales equidistantes entre sí (rojo, amarillo, verde, azul y púrpura); los tonos intermedios están situados entre los tintes principales y son mezcla de los tintes principales. Además, se cuenta con una escala comprendida entre 1 y 10 para cada uno de los tintes en donde el valor de 5, representa el tinte central característico.

La nomenclatura utilizada para este método corresponde a los nombres en inglés de los colores utilizados:

- R – rojo
- RP – rojo y púrpura
- P- púrpura
- PB – púrpura y azul
- B – azul
- BG – azul y verde
- G – verde
- GY – verde y amarillo
- Y – amarillo
- YR – amarillo y rojo

El valor hace referencia a la luminosidad del color. Se establece una escala, llamada escala de neutros N, que corresponde a una secuencia de grises con valores desde el 0 (blanco) hasta el 10 (negro). Se aplica a cualquier color por comparación con el valor de gris correspondiente.

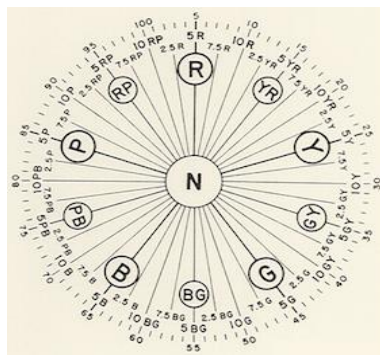
La cromaticidad o saturación se refiere al grado de pureza que tiene un color que pertenece a un mismo tinte y un mismo valor. La escala de cromaticidad varía desde el 0 que pertenece al color neutro y crece a medida que el color se acerca a la máxima pureza o intensidad para cada tinte.

La nomenclatura de los colores con el sistema Munsell es la siguiente:

$$\frac{\text{Tono} \times \text{Valor}}{\text{Cromaticidad}} \quad [\text{Ecuación 1}]$$

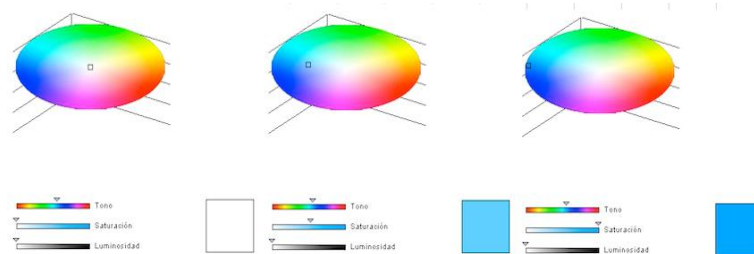
Por ejemplo, si se obtiene un resultado de 5R 5/16, esto equivale a un rojo intenso.

Figura 9. **Representación gráfica del sistema Munsell para la medición de color**



Fuente: *Curso de iluminación en línea*. https://grlum.dpe.upc.edu/manual/index.php_
Consulta: 15 de abril de 2017.

Figura 10. Ejemplo del método de Munsell para la medición del color



Fuente: *Curso de iluminación en línea*. https://grlum.dpe.upc.edu/manual/index.php_
Consulta: 15 de abril de 2017.

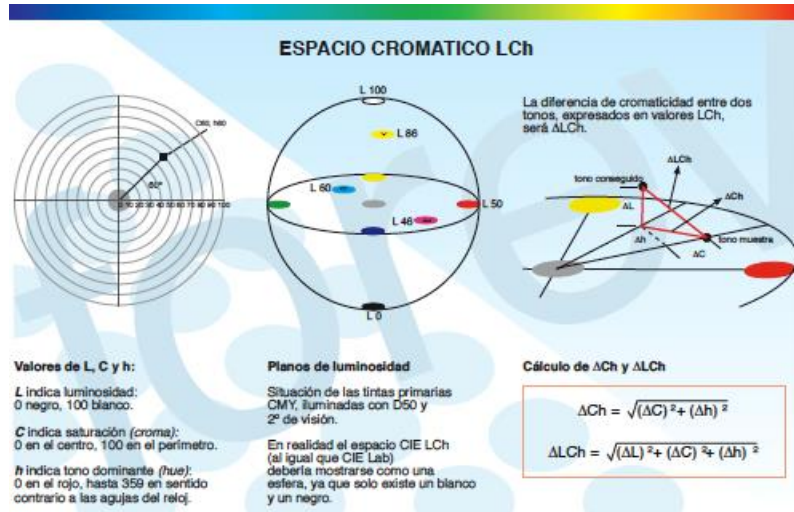
2.3.2.2. Modelo CIE 1976 ($L^*a^*b^*$)

Este modelo presenta los colores respectivos según su cromatismo e iluminancia.

2.3.2.3. Modelo $L^*C^*h^*$

Sistema de medición de color combinado, el cual incluye coordenadas rectangulares y polares; utiliza tres ejes de sistema CIELAB (sistema de coordenadas rectangulares $L^*a^*b^*$); L^* representa la luminosidad, variando de 0 representando al negro a 100 representando al blanco; a^* la tonalidad de rojo a verde y b^* la tonalidad de amarillo a azul. El sistema además consta de dos valores extra: C^* y h^* los cuales son el croma y el tono o matiz.

Figura 11. Modelo L*C*h*



Fuente: *Obtención de pruebas de color*. <http://sergiobalsalobre.blogspot.com/2014/05/uf-5-obtencion-de-pruebas-de-color.html>. Consulta: 23 de abril de 2017.

El espacio de color CIE Lab muestra los estímulos de color en un espacio tridimensional (x,y,z); los ejes de coordenadas del modelo son a y b, presenta en valores negativos verde y positivos rojo para el primero y para el segundo los negativos azul y los positivos amarillo; mientras que L (luminosidad) representa la escala acromática de blanco a negro (escala de grises), que se da en el caso que a=b=0.

El motivo principal de que este método sea muy utilizado en la industria de medición de color; es debido a que es posible con el medir todos los colores visibles; incluye RGB (rojo, verde, azul por sus siglas en inglés) y CMKY (cian, magenta, amarillo, negro, por sus siglas en inglés).

2.4. Embutidos

Se entiende por embutidos a los productos derivados cárnicos preparados a partir de una mezcla de carne picada, grasas, sal, condimentos, especias y aditivos e introducidos en tripas naturales o artificiales, con agregados o no de sustancias aglutinantes y/o agua o hielo, y sometida o no a uno o más de los procesos tecnológicos de curado, cocción, deshidratación o ahumado.

2.4.1. Aspectos históricos de los embutidos

Los embutidos no son un tipo de comida nueva, al contrario, se habla de embutidos desde épocas muy antiguas. Homero, en su obra *La Odisea*, por ejemplo, habla sobre la morcilla (embutido hecho con sangre de animal sacrificado) en la antigua Grecia, seguidamente, con Epítucharmus y Aristófanes, hablaban sobre las salchichas en sus diferentes obras escritas.

Griegos, romanos y diferentes civilizaciones agregadas han impulsado la elaboración de embutidos. “El uso de la sal sobre ellos está documentado en el año 2670 a.C. Lo cual coincide con la época donde se realizó el hallazgo de la primera salina, lo cual fue un punto de partida para iniciar la comercialización de carnes y pescados sazonados”⁸.

La conservación de carnes ha venido creciendo desde épocas del antiguo Egipto; los egipcios obtenían sal del desierto y colocaban la carne a salazón para almacenarlas y consumirlas luego.

⁸ SCHOENSTEDT, Lucrecia. *Propuesta de la norma higiénica en la elaboración artesanal de embutidos crudos*. p. 5.

Para la Edad Media, el auge de los embutidos fue en aumento, por ello es que muchos de los embutidos tienen nombre de los lugares donde se inició su producción; pero es en la revolución industrial en donde realmente cobra un continuo crecimiento el embutido, gracias a las variaciones de cocción inventadas y al uso del humo en el sabor de los mismos; además de las diferentes máquinas inventadas especialmente para este tipo de productos en países como Alemania, Suiza, Dinamarca y Holanda.

2.4.2. Tipos de embutidos

Existen diferentes tipos de embutidos, por sus características físicas, tipos de carne a utilizar, formas de realizarlos, entre otros; principalmente, los embutidos se diferencian por el tratamiento que se le da a la carne antes de embutirla, y con ello se pueden dividir en: escaldados, cocidos y crudos.

2.4.2.1. Escaldados

Los embutidos escaldados son aquellos en los que la carne fresca no completamente madura se escalda (se baña en agua hirviendo) para favorecer su conservación a través de la reducción de su contenido microbiológico, y le da consistencia a la masa para embutirla. Entre este tipo de embutidos se encuentran las mortadelas, salami cocido, salchichas Frankfurt, blanca, etc.

2.4.2.2. Cocidos

Los embutidos cocidos son el tipo de embutidos en los que la carne que se utilizará para su fabricación se somete a cocción, la carne debe ser fresca para evitar pérdidas de materia prima y para que tengan buen sabor. Entre estos

embutidos existe una subdivisión: los embutidos cocidos de sangre, de hígado y de gelatina.

2.4.2.3. Crudos

Los embutidos crudos son aquellos en la cual la carne o masa para embutir no lleva cocción en ninguna de las fases de su producción; según el grosor del grano del producto ya embutido pueden clasificarse en gruesos como la longaniza o finos como la pasta de jamón. Además, también pueden clasificarse según la duración de conservación, largo como salami madurado, chorizo ahumado, jamón ahumado etc. O bien corto como las salchichas de freír, longanizas y salchichones.

2.4.3. Aditivos alimentarios en embutidos

Para la elaboración de embutidos, son necesarios diferentes tipos de aditivos alimentarios y condimentos, para realzar el sabor natural de la carne utilizada para ellos, mejorar las características organolépticas, así como para mejorar su tiempo de conservación, regular el pH, entre otras.

Para utilizar los diferentes tipos de aditivos, es necesario seguir normas específicas según el tipo de alimento sobre el cual se está trabajando; de esta forma que los mismos sean idóneos para su consumo, manteniendo la calidad del producto.

Entre los aditivos más utilizados se encuentran: vitaminas (para el control de rancidez), fosfatos (para evitar la oxidación), nitrato y nitrito de potasio (como preservantes, específicamente contra el *Clostridium botulimun*, que es un tipo de

microorganismo infeccioso), tales como glutamato monosódico y eritorbato de sodio, agentes de humo natural, estabilizadores, colorantes y espesantes.

Los condimentos, por el otro lado, utilizados para mejorar el sabor de los alimentos específicamente, son un tipo de aditivos; también, existen variedad de condimentos que pueden ser utilizados de acuerdo al alimento a trabajar. Entre los más utilizados se encuentran los carbohidratos complejos como almidones, que actúan como emulsionantes estabilizadores y ligadores, haciendo que exista mayor facilidad al momento de embutir en el caso de los derivados cárnicos, por ejemplo.

Otros condimentos utilizados son los azúcares, que se utilizan para enmascarar sabores, como preservantes y para asegurar el proceso de fermentación respectivo; también se combinan sabores para ayudar al enmascaramiento de sabores, para ello se utilizan pimienta, clavo y flor de nuez moscada.

2.4.4. Definición de aditivo alimentario

Se define aditivo alimentario como "cualquier sustancia, que, normalmente, no se consume como alimento en sí, ni se use como ingrediente característico en la alimentación, independientemente de que tenga o no valor nutritivo, y cuya adición intencionada a los productos alimenticios, con un propósito tecnológico en la fase de su fabricación, transformación, preparación, tratamiento, envase, transporte o almacenamiento tenga, o pueda esperarse razonablemente que tenga, directa o indirectamente, como resultado que el

propio aditivo o sus subproductos se conviertan en un componente de dichos productos alimenticios”.⁹

Entre los aditivos alimentarios se encuentran los colorantes, antioxidantes, conservantes, entre otros, que le dan características especiales de presentación y conservación a los alimentos.

2.4.5. Condimentos

Condimento, es la palabra que se utiliza para nombrar a los diferentes tipos de sustancias que se adicionan a diferentes alimentos para realzar su sabor natural.

2.4.6. Envoltura de embutidos

Un factor muy importante en la elaboración de embutidos es su envoltura. Los embutidos están recubiertos por envolturas cilíndricas, que pueden ser de origen natural como los intestinos de los animales (cerdo, res u oveja) o bien sintético (a base de celulosa, pergamino, fibra, colágenas, celofán, fibra de papel, membranas y de poliamida)

Las envolturas de origen natural son las que más se utilizan para el recubrimiento de embutidos; acorde al tipo de embutido a realizarse, se utilizará una envoltura específica, por ejemplo, para embutidos escaldados y crudos, se utilizará como envoltura una tripa natural de esófago vacuno.

⁹ Ministerio de Salud y Asistencia Social. *Reglamento técnico centroamericano 67.04.54:10 para alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios.* p. 3.

En la figura que se presenta a continuación, se encuentran descritos los diferentes envoltorios naturales según el tipo de embutido que desee producirse.

Figura 12. Tripas naturales de acuerdo a los embutidos a fabricarse

Tripa natural	Tipo de embutido en que se utiliza
Esófago de vacuno	Embutidos escaldados y crudos
Estómago de cerdo	Queso de cabeza, lengua y sangre
Tripas delgadas de ovino y cerdo	Salchichas, salchichas de coctel, blancas de freir, chorizos, chorizillos, embutidos crudos
Vacuno	Embutidos crudos, cocidos y escaldados
Tripas gordas de cerdo y vacuno (colon)	Paté de hígado, morcilla, embutidos crudos, cocidos y escaldados
Ciego de cerdo	Morcilla de hígado y de sangre
Ciego de vacuno	Mortadela, queso de cabeza y especialidades
Recto de vacuno	Embutidos crudos, cocidos y escaldados
Recto de cerdo	Embutidos crudos, secados de primera calidad
Vejiga ternera y cerdo	Embutidos crudos, cocidos y escaldados
Vejiga de vacuno	Mortadela, salchichón cerveza

Fuente: SCHOENSTEDT, Lucrecia. *Propuesta de la norma higiénica en la elaboración artesanal de embutidos crudos*. p. 10.

2.4.7. Control microbiológico

Existen muchas causas y vehículos de contaminación que pueden perjudicar las características físicas y químicas de los alimentos. De manera general, existen tres tipos principales de contaminación de alimentos: biológica, física y química.

2.4.7.1. Contaminación biológica

La contaminación biológica se produce cuando la enfermedad del alimento es producida por una bacteria o una toxina, un virus o huevecillos de parásitos.

2.4.7.2. Contaminación física

Se habla de una contaminación física cuando en los alimentos se encuentran partículas ajenas al mismo como cabellos, metales, tierra, entre otros.

2.4.7.3. Contaminación química

Un alimento es contaminado químicamente, cuando a los alimentos llegan sustancias químicas como insecticidas, detergentes, preservantes químicos no deseados, entre otros.

2.4.8. Detección de microorganismos en los alimentos

Para evitar cualquier tipo de enfermedad causada por algún microorganismo patógeno presente en el alimento, es necesario realizar diferentes análisis para detectarlos; para lo cual existen variedad de métodos y pruebas, las cuales detectan, aíslan, identifican, caracterizan y enumeran los microorganismos.

En el caso de los embutidos específicamente, el análisis microbiológico se realizará con base en el *Reglamento técnico centroamericano (RTCA 67-04-54:10 para alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios)*.

2.4.9. Control de calidad de embutidos

Para el control de calidad de los embutidos, es necesario realizar diferentes análisis con base en sus características físicas (color, aroma, tamaño, peso) y su composición interna (cantidad de ingredientes utilizados, sabor, calidad de materia prima, entre otras).

El control de calidad del producto terminado se realiza con base en ciertas normas; la norma para el control de calidad de embutidos en vigencia a utilizar para el efecto es la Norma COGUANOR NGO 34125 para productos cárnicos.

2.4.10. Higiene en embutidos

En el caso de los contaminantes en embutidos, las tolerancias de residuos de pesticidas y otros productos; en materias primas, especias, aditivos y otros; no deberán de sobrepasar los límites permitidos en la legislación vigente, por ello es necesario mantener la higiene en su fabricación:

- Las materias primas que se utilizarán para la elaboración de embutidos deben proceder de animales que hayan sido sometidos a inspección veterinaria.
- Los condimentos, especias y aditivos deberán reunir las condiciones higiénico-sanitarias necesarias para evitar contaminaciones en el producto final.
- Las tripas naturales o artificiales estarán completamente limpias.

- El personal, máquinas y utensilios a utilizar deberán estar libres de cualquier tipo de contaminación.

2.4.11. Normas en la elaboración de embutidos

Las normas de calidad, que rigen los diferentes procesos y parámetros desde el inicio del proceso hasta el producto final de los embutidos, varían de acuerdo a la ubicación en donde se elaborarán; principalmente, se debe tomar en cuenta en este ámbito, la Norma COGUANOR NGO 34 125 para carne productos cárnicos.

El objetivo principal de la norma es definir las características de calidad, envasado y presentación que deben reunir los productos cárnicos elaborados para su adecuada comercialización.

2.4.12. Descripción general del proceso de elaboración de embutidos

Para la elaboración de embutidos, es necesario realizar una serie de pasos, desde la selección adecuada de materia prima hasta el empaque del producto final. Entre las principales fases de elaboración de embutidos, se encuentran: selección, troceado y picado de las carnes a utilizar, adición de condimentos, especias y aditivos, mezclado, amasado, premaduración de la pasta, embutido, atado, grapado y pichado, maduración y curado; ahumado (si fuera el caso), etiquetado y envasado y embalado.

2.4.13. Chorizos y longanizas

Chorizos y longanizas, son los nombres propios que se les da a unos de los principales embutidos consumidos a nivel mundial; sus características organolépticas son similares entre sí y puede variar su elaboración y composición según el país donde se prepare.

2.4.13.1. Chorizo

El chorizo es un embutido crudo, de origen español que difiere de la longaniza en cuanto a su composición; principalmente se elabora a partir de carne molida de cerdo, revuelta con sal, especias y nitrato de potasio. Se caracteriza por su coloración roja (exceptuando los chorizos blancos) por su olor y sabor característico.

2.4.13.2. Longaniza

La longaniza al igual que el chorizo, es un embutido crudo, de origen español, que principalmente se elabora a partir de carne picada de cerdo, revuelta con sal, especias y nitrato de potasio; usualmente se le adiciona un sabor picante lo cual es característico del alimento conjunto con su coloración rojiza.

2.4.13.2.1. Características generales de los chorizos y longanizas

Los chorizos y las longanizas deben tener una consistencia firme y compacta al tacto, de forma cilíndrica, más o menos regular, de longitud variable (más corta en el caso de las longanizas); el corte debe ser homogéneo, liso y bien ligado, sin coloraciones anormales y con una diferenciación de fragmentos

de carne y tocino o grasa. Su color y sabor característicos serán proporcionados por las especias, condimentos y aditivos específicos de cada uno, lo cual le dará la presentación propia a cada uno de ellos.

La diferenciación entre longaniza y chorizo en base al tamaño será: cuando el producto definido tenga un calibre igual o superior a 40 cm. Solo podrá denominarse chorizo, cuando sea menor a 40 cm, y mayor o igual a 22 cm. Se podrá llamar indistintamente chorizo o longaniza; mientras que si es menor de 22 cm, se denominará longaniza.

2.4.14. Ingredientes de los embutidos

Los ingredientes generales de los embutidos que lo caracterizan son carne (de cerdo o vacuno, según el caso), tocino, grasa de cerdo, condimentos, especias, aditivos, leche en polvo e hidratos de carbono.

2.4.14.1. Carne

La carne es considerada como el ingrediente principal para los embutidos, puede ser de cerdo, vacuno o ambos, según el tipo de embutido a preparar y según el sabor que quiera que tenga el mismo.

2.4.14.2. Grasa

La grasa puede formar parte de la masa del embutido integrada en los magros musculares, o bien ser añadida en forma de tocino. Es considerada como el segundo ingrediente principal de los embutidos, debido a que aporta características que influyen positivamente en la calidad y el sabor del embutido.

Para seleccionar el tipo de grasa adecuado, debe considerarse la cantidad de ácidos grasos insaturados, ya que estos aceleran el enranciamiento y con ello la presentación, el sabor y color del embutido.

2.4.14.3. Sal y azúcares

Los azúcares necesarios para la elaboración de embutidos son la sacarosa, la lactosa, la dextrosa, la glucosa, el jarabe de maíz, el almidón y el sorbitol, utilizados para dar sabor por sí mismos y para enmascarar el sabor de la sal, pero principalmente son utilizados por ser una fuente de energía para bacterias ácido-lácticas (BAL) que a partir de los azúcares producen ácido láctico, esencial para la elaboración de embutidos fermentados.

En el caso de la sal, esta debe ser adicionada a los embutidos aproximadamente en un 1 % al 5 %, recordando que los embutidos madurados deben contener más sal que los frescos; la sal desempeña funciones como dar sabor al producto, actuar como conservante, solubilizar proteínas y aumentar la capacidad de retención de agua de las proteínas, además de ser retardante para el crecimiento microbiano patógeno; sin embargo, también es un elemento indeseable por propiciar el enranciamiento del producto.

2.4.14.4. Nitratros y nitritos

Su principal función es intervenir en la aparición del color rosado característico en los embutidos, dándole sabor y aroma especial al producto; posee un efecto protector sobre determinados microorganismos como el *Clostridium botulinum*.

2.4.14.5. Especias y condimentos

Al adicionar especias y condimentos a los productos se realiza el sabor distintivo de los mismos, que da lugar a la mayor característica distintiva de los embutidos entre sí, además, algunos condimentos le dan propiedades antioxidantes como es el caso de la pimienta negra o el pimentón o bien coloraciones según el caso. Normalmente, se emplean mezclas de varias especias que se pueden adicionar enteras o no (no más del 1 %).

2.5. Quesos

El queso ha sido un alimento muy popular desde tiempos antiguos, por su sabor característico y sus diferentes propiedades nutricionales, gracias a sus componentes, en especial a su componente principal, la leche.

Según la normativa Codex Standard 283-1978, se entiende por queso al producto blando, semiduro, duro y extra duro, madurado o no madurado, y que puede estar recubierto, en el que la proporción entre las proteínas de suero y caseína no sea superior a la de la leche, obtenido mediante:

- Coagulación total o parcial de la proteína de la leche, leche descremada, leche parcialmente descremada, nata crema de suero o leche de mantequilla, o de cualquier combinación de estos materiales, por acción del cuajo u otros coagulantes idóneos, y por escurrimiento parcial del suero que se desprende como consecuencia de dicha coagulación.
- Técnicas de elaboración que compartan la coagulación de la proteína de la leche y/o de productos obtenidos de la leche que dan un producto final que

posee las mismas características físicas, químicas y organolépticas que el producto base.

2.5.1. Tipos de quesos

Los quesos pueden clasificarse según su contenido de material grasa, consistencia de la pasta, período de maduración, tipo de leche utilizada, tipo de elaboración, intensidad de sabor o gusto o bien por su tecnología de elaboración.

Para fines del presente informe, se utilizará la clasificación de quesos según el período de maduración. Según su maduración, los quesos pueden dividirse en:

2.5.1.1. Queso sometido a maduración

El queso sometido a maduración es el que no está listo para su consumo inmediatamente después de su fabricación, por lo tanto, debe mantenerse durante algún período de tiempo a una temperatura constante, hasta que se produzcan cambios en su consistencia y composición para que sea apto para su consumo.

2.5.1.2. Queso madurado

El queso madurado es un tipo de queso en el que la maduración se produce a consecuencia del desarrollo de mohos en su interior o bien en su superficie.

2.5.1.3. Queso sin madurar

El queso sin madurar es el tipo de queso que está listo para el consumo inmediatamente después de su fabricación. (A este grupo pertenece el queso fresco).

2.5.2. Factores de composición y calidad de quesos

Para la elaboración de quesos, es necesario que la calidad de la materia prima a utilizarse sea la mejor debido a que es un producto muy delicado por la descomposición microbiana que se lleva a cabo para su producción; factores como el contenido de grasa, los aditivos a utilizarse así como el control de calidad final hacen que el producto final sea de máxima calidad y de buena aceptación por el consumidor.

2.5.2.1. Materias primas

Para la elaboración de quesos. Las materias primas principales son: leche y/o productos lácteos derivados, cultivos de fermentos de bacterias inocuas, cuajo u otras enzimas, cloruro de sodio, agua potable, almidones, entre otros aditivos según el tipo de queso y el sabor característico que se deseado.

2.5.2.2. Contenido de grasa en el queso

El contenido de grasa de los quesos se expresa en porcentaje de grasa por masa sobre el extracto seco total (GES); a partir de ello, se tiene la clasificación que se detalla en la tabla a continuación.

Tabla I. **Identificación del tipo de queso según su cantidad de grasa**

%GES	Identificación
Mayor a 60	Extra graso
Entre 45 y 60	Graso
Entre 25 y 45	Semigraso
Entre 10 y 25	Bajo en grasa
Menor a 10	Desnatado

Fuente: elaboración propia.

2.5.3. Higiene en fabricación de quesos

Para la elaboración de queso, se recomienda mantener la mejor higiene posible en su fabricación; la normativa que rige la higiene en la producción de quesos es principalmente el código de prácticas de higiene del CODEX para la leche y productos lácteos (CAC/RCP 57-2004).

2.5.3.1. Normativa de calidad para la elaboración de quesos

La norma a la que se ajustan los quesos (específicamente quesos no madurados como el queso fresco), es la norma general del CODEX para queso, (CODEX Standard 221-2001, enmienda 2008 para queso no madurado).

2.5.4. Descripción general del proceso de elaboración de queso fresco

El queso fresco se elabora a partir de una serie de pasos que incluyen: cuajado de la leche, cortado de la cuajada a una temperatura óptima, eliminación de suero, adición de sal al queso, tiempo de maduración, adición de condimentos y aditivos adicionales (como saborizantes naturales, colorantes, condimentos, especias, entre otros).

2.6. Yogurt

El yogurt es un alimento popular por su diversidad de nutrimentos y por sus ventajas frente a consumidores intolerantes a la lactosa, debido a que no tiene los efectos secundarios que causa la leche en este tipo de consumidores.

2.6.1. Materia prima para elaboración de yogurt

Para la elaboración de yogurt, se utiliza como principal ingrediente leche fermentada, agua potable, además de aditivos y colorantes naturales hasta dar las características físicas y químicas deseadas.

2.6.1.1. Leche fermentada

Según la norma CODEX Standard 243-3003 para productos lácteos, la leche fermentada es un producto obtenido por medio de la fermentación de la leche que puede haber sido elaborado a partir de productos obtenidos de la leche con o sin modificaciones en la composición.

La aplicación de leche fermentada en diferentes productos se diferencia entre los mismos por el cultivo o cultivos utilizados en su fermentación; específicamente en el caso del yogurt, se utilizan cultivos simbióticos de *Streptococcus thermophiles* y *Lactobacillus bulgaricus*.

Figura 13. Composición de diferentes productos derivados de leche fermentada

	Leche fermentada	Yogur, yogur en base a cultivos alternativos y leche acidófila	Kefir	Kumys
Proteína láctea ^(a) (% w/w)	min. 2,7%	min. 2,7%	min. 2,7%	
Grasa láctea (% w/w)	menos del 10%	menos del 15%	menos del 10%	menos del 10%
Acidez valorable, expresada como % de ácido láctico (% w/w)	min. 0,3%	min. 0,6%	min. 0,6%	min. 0,7%
Etanol (% vol./w)				min. 0,5%
Suma de microorganismos que comprenden el cultivo definido en la sección 2.1 (ufc/g, en total)	min. 10 ⁷	min. 10 ⁷	min. 10 ⁷	min. 10 ⁷
Microorganismos etiquetados ^(b) (ufc/g, en total)	min. 10 ⁶	min. 10 ⁶		
Levaduras (ufc/g)			min. 10 ⁴	min. 10 ⁴

(a) El contenido en proteínas es 6,38 multiplicado por el nitrógeno Kjeldahl total determinado.

(b) Se aplica cuando en el etiquetado se realiza una declaración de contenido que se refiere a la presencia de un microorganismo específico (aparte de aquellos especificados en la sección 2.1 para el producto en cuestión) que ha sido agregado como complemento del cultivo específico.

Fuente: *Enciclopedia del queso*. <http://www.poncelet.es/enciclopedia-del-queso/nutricion.html>.

Consulta: 19 de abril de 2015.

2.6.2. Higiene en la elaboración de yogurt

Para la elaboración de yogurt (o cualquier producto elaborado a partir de leche fermentada), se recomienda seguir las disposiciones descritas principalmente en las normas CAC/RCP 1-1969, CAC/RCP 57-2004, CAC/GL 21-1997.

2.6.3. Descripción general del proceso de fabricación

Para la elaboración de yogurt, se deben seguir una serie de pasos (etapas): pasteurización de la leche, adición de azúcar, adición de microorganismos o bien de yogurt madre (según el procedimiento que se desee realizar), agitación suave y constante, enfriamiento de la mezcla, envasado.

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Alcance

La fase experimental del presente estudio, la aplicación del colorante natural de achiote y las pruebas microbiológicas realizadas al colorante antes y después de su aplicación, se realizó en las localidades que se enumeran a continuación:

- LAFYM: Laboratorio de Análisis Físicoquímicos y Microbiológicos de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala zona 1, capital de Guatemala.
- LAFIQ: Laboratorio de Análisis Físicoquímicos, campus central Universidad de San Carlos de Guatemala, edificio T-5.
- LIEXVE: Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales, campus central, Universidad de San Carlos de Guatemala, edificio T-5.
- Finca La Esperanza: productores de lácteos y embutidos nacionales, Tecpán, Chimaltenango.
- Siegwerk Centroamericana S.A: empresa encargada de producción y comercialización de empaques impresos para diferentes empresas nacionales e internacionales, San Cristóbal, Mixco.

3.2. Variables

Una variable es un símbolo que puede tomar un valor numérico en una expresión matemática general.

3.2.1. Tipos de variables

Para una mejor identificación sobre las variables que incluyen a un determinado experimento, estas pueden clasificarse como independientes o dependientes.

3.2.1.1. Variables independientes

Se define una variable independiente como una variable que puede cambiar su valor, sin que se vea afectado por alguna otra variable.

3.2.1.2. Variables dependientes

Se define como variable dependiente al tipo de variable, la cual depende del valor que tome la variable independiente de una función determinada.

3.2.2. Variables independientes

Tabla II. **Variables independientes para el proceso de formulación de los embutidos**

No.	Variable	Dimensional	Descripción
1	Aditivo alimenticio natural	g	El aditivo alimenticio a utilizar como colorante y saborizante
2	Tipo de embutidos	adimensional	Los embutidos a elaborar serán embutidos crudos:

Fuente: elaboración propia.

Tabla III. **Variables independientes para el proceso de formulación de queso**

Variable	Dimensional	Descripción
Aditivo alimenticio	g	El aditivo alimenticio a utilizar será el extracto del achiote.

Fuente: elaboración propia.

Tabla IV. **Variables independientes para el proceso de formulación de yogurt**

Variable	Dimensional	Descripción
Aditivo alimenticio	g	El aditivo alimenticio a utilizar será el extracto del achiote.

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Variables dependientes

Tabla V. **Variables dependientes para el proceso de formulación de los embutidos**

No.	Variable	Dimensional	Descripción
1	Color	adimensional	Depende del tipo de embutido a elaborarse.
2	Aroma	adimensional	Dependerá del tipo de embutido a elaborarse.
3	Sabor	adimensional	Dependerá del tipo de embutido a elaborarse.
4	pH	adimensional	Dependerá del tipo de embutido a elaborarse.
5	Recuento de microorganismos	UFC/g	Dependerá del embutido.

Fuente: elaboración propia.

Tabla VI. **Variables dependientes para el proceso de formulación de queso**

No.	Variable	Dimensional	Descripción
1	Textura	adimensional	Depende del tipo de queso a elaborarse.
2	Color	adimensional	Depende del tipo de queso y de los aditivos agregados.
3	Sabor	adimensional	Depende de la materia prima para la elaboración del queso.
4	pH	adimensional	Dependerá del tipo de queso.
5	Recuento de microorganismos	UFC/g	Dependerá del tipo de queso.

Fuente: elaboración propia.

Tabla VII. **Variables dependientes para el proceso de formulación de yogurt**

No.	Variable	Dimensional	Descripción
1	Apariencia	adimensional	Depende de la frescura de la materia prima para su elaboración.
4	Color	adimensional	Depende del tipo de yogurt y de los aditivos agregados.
5	Sabor	adimensional	Depende de la materia prima para la elaboración del yogurt.
6	pH	adimensional	Dependerá del tipo de yogurt.
7	Recuento de microorganismo	UFC/g	Dependerá del tipo de yogurt.

Fuente: elaboración propia

3.2.4. Variables de respuesta

En función de los lotes realizados de los productos alimenticios (queso, embutidos y yogurt), para la realización de la fase experimental, se determinó que las variables de respuesta para la aplicación del colorante natural de achiote fueron:

- Embutidos: color, aroma, sabor, pH, recuento de microorganismos.
- Queso: textura, color, sabor, cantidad de grasa, pH, recuento de microorganismos.
- Para el yogurt: apariencia, color, sabor, pH, recuento de microorganismos.

3.3. Delimitación del campo de estudio

El campo de estudio en un experimento o investigación específica puede ser muy extenso, por lo que es necesario delimitarlo para facilitar su comprensión, lograr cumplir los objetivos planteados en ellos y obtener resultados satisfactorios y verídicos de los mismos.

3.3.1. Obtención de la materia prima

El extracto de achiote a utilizar se obtuvo en el Laboratorio de Investigación de Extractos Vegetales (LIEEXVE) Sección de Química Industrial, perteneciente al Centro de Investigaciones de la Facultad de Ingeniería de la Universidad San Carlos de Guatemala, Ciudad Universitaria zona 12 capitalina; la materia prima del extracto es originaria del norte del país específicamente del departamento de Alta Verapaz.

3.4. Recursos humanos disponibles

- Investigadora: Br. María José Ponce
- Asesores: Inga. Qca. Telma Maricela Cano Morales e Ing. Qco. Mario José Mérida Meré

3.5. Recursos materiales disponibles

Los recursos materiales disponibles, son todos aquellos instrumentos, equipo, dispositivos y utensilios utilizados para la elaboración del producto requerido.

3.5.1. Instrumentos, equipo y cristalería general y de medición para la elaboración de embutidos

Los instrumentos, equipo y cristalería y de medición para la elaboración de embutidos, son de uso general para cualquier tipo de embutido, se utilizan principalmente, para el manejo y mediciones de materia prima para la elaboración de los productos finales.

Tabla VIII. **Instrumentos de medición e instrumentos generales para la elaboración de embutidos**

Instrumentos de medición	
Instrumento	Descripción
Balanza	Equipo para medición de cantidad de masa necesaria de materia prima (carne, sal, pimienta, colorante natural de achiote, entre otros) en gramos (g) o kilogramos (kg) para la elaboración de los embutidos.
Cronómetro	Instrumento para medición de tiempo en las diferentes etapas del proceso de elaboración de los embutidos en minutos (min).
Instrumentos generales	
Instrumento	Descripción
Amasadora de carne	Equipo para mezclar y darle uniformidad a las variedades de carne utilizadas para la elaboración de embutidos.
<i>Beackers</i>	Cristalería útil para realizar mediciones de cantidades de masa mayores de aditivos a adicionar para la elaboración de los embutidos.
Recipientes de acero inoxidable	Equipo necesario para colocar la materia prima para la elaboración de los embutidos.

Fuente: elaboración propia.

3.5.1.1. Equipo principal para la elaboración de embutidos

Para la elaboración de cualquier tipo de embutido, es necesario utilizar equipo especializado para moler, amasar, embutir y mantener la temperatura

ideal tanto de la materia prima como del producto final, estos son: molino de discos, embutidora y enfriador.

- Molino de discos

Equipo especializado para molienda de diferentes productos alimenticios, principalmente en la molienda de carne.

Figura 14. **Molino de discos para carne**



Fuente: *Equipamiento de cocinas Babani.*

<http://www.babani.com.mx/carrito.php?clasificacion=Molinos+de+Carne>. Consulta: 20 de abril de 2017.

- Embutidora

Equipo especializado para embutir algunas clases de alimentos en forma de pastas o trituradas.

Figura 15. **Embutidora**



Fuente: *Multimerka*. <http://www.multimerka.com/maquina-embudidora-3l-c2x15803424>.
Consulta: 20 de abril de 2017.

- Enfriador

Equipo de almacenamiento en frío; ya sea materia prima en general o el producto terminado.

Figura 16. **Enfriador**



Fuente: *Hostel clima Valladolid*. <http://www.hostelclimavalladolid.com/p2060550-enfriador-de-botellas-mrb-100i.html>. Consulta: 20 de abril de 2017.

3.5.2. Instrumentos, equipo y cristalería general y de medición para la elaboración de queso

Los instrumentos, equipo y cristalería y de medición para la elaboración de queso, son de uso general para cualquier tipo de queso, se utilizan principalmente, para el manejo y mediciones de materia prima para la elaboración de los productos finales.

Tabla IX. Instrumentos de medición e instrumentos generales para la elaboración de queso

Instrumentos de medición	
Instrumento	Descripción
Balanza	Equipo para medición de cantidad de masa necesaria de materia prima (leche, cuajo, aditivos como colorante natural) en gramos (g) o kilogramos (kg) para la elaboración del queso.
Cronómetro	Instrumento para medición de tiempo en las diferentes etapas del proceso de elaboración de queso en minutos (min).
Termómetro	Instrumento de medición de temperatura en la elaboración de queso (principalmente en la pasteurización) en grados centígrados (°C).

Continuación tabla IX.

Instrumentos generales	
Instrumento	Descripción
Probetas	Cristalería para medición de volúmenes de materia prima líquida necesaria para la elaboración de queso.
<i>Beackers</i>	Cristalería útil para realizar mediciones de cantidades de masa mayores de aditivos a adicionar para la elaboración de queso.
Recipientes de acero inoxidable	Equipo necesario para colocar la materia prima para la elaboración de queso.

Fuente: elaboración propia.

3.5.2.1. Equipo principal para la elaboración de queso

Para la elaboración de cualquier tipo de queso, es necesario utilizar equipo especializado para desnatar, amasar, tamizar y mantener la temperatura ideal tanto de la materia prima como del producto final, estos son: desnatadora, cernidor o tamizador, enfriador y marmita de calentamiento.

- Máquina desnatadora

Equipo especializado para homogenizar la cantidad de grasa en la leche según especificaciones para la elaboración del queso.

Figura 17. **Máquina desnatadora**



Fuente: *Grupo phi*. <http://www.grupophi.es/producto/13/centrifuga-desnatadora>. Consulta: 20 de abril de 2017.

- Cernidores (tamizadores)

Equipo para filtrar y eliminar impurezas y homogenizar la masa de queso que se está trabajando.

Figura 18. **Cernidor**



Fuente: *Bazar gastronómico*. <http://raulschell.com.ar/740-tamizadores>. Consulta: 20 de abril de 2017.

- Enfriador

Equipo de almacenamiento en frío; ya sea materia prima en general o el producto terminado.

Figura 19. **Enfriador**



Fuente: *Hostel clima Valladolid*. <http://www.hostelclimavalladolid.com/p2060550-enfriador-de-botellas-mrb-100i.html>. Consulta: 20 de abril de 2017.

- Marmita de calentamiento

Equipo especializado para eliminar impurezas en la pasteurización y llevar a temperatura óptima la leche para adicionar el cuajo para la elaboración del queso.

Figura 20. **Marmita de calentamiento**



Fuente: *Grupo phi*. <http://www.grupophi.es/producto/13/centrifuga-desnatadora>. Consulta: 20 de abril de 2017.

- Tanque/recipiente mezclador de acero inoxidable

Equipo encargado de homogenizar y darle uniformidad a la masa de queso.

Figura 21. **Tanque mezclador y homogeneizador.**



Fuente: *Jimei*. <http://beverages-machine.com/3-10-mixing-tank/176166>. Consulta: 20 de abril de 2017.

3.5.3. Instrumentos, equipo y cristalería general y de medición para la elaboración de yogurt

Los instrumentos, equipo y cristalería y de medición para la elaboración de yogurt, son de uso general para cualquier tipo de yogurt, se utilizan principalmente, para el manejo y mediciones de materia prima para la elaboración de los productos finales.

Tabla X. Instrumentos de medición e instrumentos generales para la elaboración de queso.

Instrumentos de medición	
Instrumento	Descripción
Balanza	Equipo para medición de cantidad de masa necesaria de materia prima (leche, cultivo, por ejemplo) en gramos (g) o kilogramos (kg).
Cronómetro	Instrumento para medición de tiempo en las diferentes etapas del proceso de elaboración de yogurt, en minutos (min).
Termómetro	Instrumento de medición de temperatura en la elaboración de yogurt (principalmente en la pasteurización) en grados centígrados (°C).

Continuación tabla X.

Instrumentos generales	
Instrumento	Descripción
Probetas	Cristalería para medición de volúmenes de materia prima líquida necesaria para la elaboración de yogurt.
Vidrios de reloj	Cristalería útil para realizar mediciones de cantidades de masa menores de aditivos a adicionar para la elaboración del yogurt.
<i>Beackers</i>	Cristalería útil para realizar mediciones de cantidades de masa mayores de aditivos a adicionar para la elaboración de yogurt.
Recipientes de acero inoxidable	Equipo necesario para colocar la materia prima para la elaboración de yogurt.

Fuente: elaboración propia.

3.5.3.1. Equipo principal para la elaboración de yogurt

Para la elaboración de cualquier tipo de yogurt, es necesario utilizar equipo especializado para desnatar, pasteurizar y mantener la temperatura ideal tanto de la materia prima como del producto final, estos son: desnatadora, marmita de calentamiento y enfriador.

- Máquina desnatadora

Equipo especializado para homogenizar la cantidad de grasa en la leche según especificaciones para la elaboración del queso.

Figura 22. **Máquina desnatadora**



Fuente: *Grupo phi*. <http://www.grupophi.es/producto/13/centrifuga-desnatadora>. Consulta: 20 de abril de 2017.

- Marmita de calentamiento

Equipo especializado para eliminar impurezas en la pasteurización y llevar a temperatura óptima la leche para adicionar el cuajo para la elaboración del queso.

Figura 23. **Marmita de calentamiento**



Fuente: *Grupo phi*. <http://www.grupophi.es/producto/13/centrifuga-desnatadora>. Consulta: 20 de abril de 2017.

- **Enfriador**

Equipo de almacenamiento en frío; ya sea materia prima en general o el producto terminado.

Figura 24. **Enfriador**



Fuente: *Hostel clima Valladolid*. <http://www.hostelclimavalladolid.com/p2060550-enfriador-de-botellas-mrb-100i.html>. Consulta: 20 de abril de 2017.

3.5.4. Recursos generales

Al hablar de recursos generales se refiere a todo tipo de útiles, cristalería extra, utensilios, entre otros. Que fueron útiles para cualquier etapa en la elaboración de los diferentes productos alimenticios o bien en la formulación de los mismos.

Tabla XI. **Recursos generales adicionales utilizados para la elaboración de los embutidos, queso y yogurt**

Útiles de oficina	
Nombre	Descripción
Papel bond	Artículo para la impresión de informes de investigación pertinentes.
Bitácora	Artículo necesario para anotar observaciones y resultados del estudio realizado.
Computadora	Artículos necesarios para la elaboración de informes de investigación.

Continuación tabla XI.

Equipo de seguridad	
Zapatos industriales	Zapatos para uso de laboratorio y áreas especiales, para prevenir deslizamientos y cualquier herida o daño en los pies.
Bata	Vestimenta necesaria para prevenir daño en el cuerpo y vestimenta casual del investigador-experimentador.
Gafas de seguridad	Artículo parte del equipo de seguridad necesario para prevenir daño en los ojos del investigador-experimentador.
Guantes desechables	Artículo parte del equipo de seguridad necesario para prevenir daño en las manos del investigador-experimentador, así como cuidar la higiene e inocuidad de los productos alimenticios elaborados.
Cofia	Artículo parte del equipo de seguridad necesario para prevenir daño en el cabello del investigador-experimentador, así como para cuidar la higiene e inocuidad de los productos alimenticios elaborados.
Artículos de limpieza	
Jabón para manos	Necesario para colaborar con linocuidad en el proceso de elaboración de los productos
Papel mayordomo	Necesario pre y post elaboración de productos alimenticios.

Fuente: elaboración propia.

3.5.5. Otros equipos utilizados

- Potenciómetro Hanna

Equipo de laboratorio utilizado para mediciones de acidez y basicidad (pH) de diferentes soluciones.

Figura 24. **Potenciómetro Hanna**



Fuente: *Instrumentos de medida*. <https://medidordeph.com/medidor-ph-temperatura-phep4-waterproof.html>. Consulta: 21 de abril de 2017.

- Viscosímetro de Saybolt

Equipo de laboratorio para la medición de viscosidades de variedad de fluidos hasta los 232°C.

Figura 25. **Viscosímetro de Saybolt.**



Fuente: *Humboldt Laboratory Essentials.*

<http://www.hwkessel.com.pe/marcas/humboldt/viscosimetro-saybolt>. Consulta: 21 de abril de 2017.

- **Espectrofotómetro de reflectancia**

Equipo de laboratorio que mide la cantidad proporcional de luz reflejada por una superficie como una función de las longitudes de onda para producir un espectro de reflectancia.

Figura 26. **Espectrofotómetro de reflectancia**

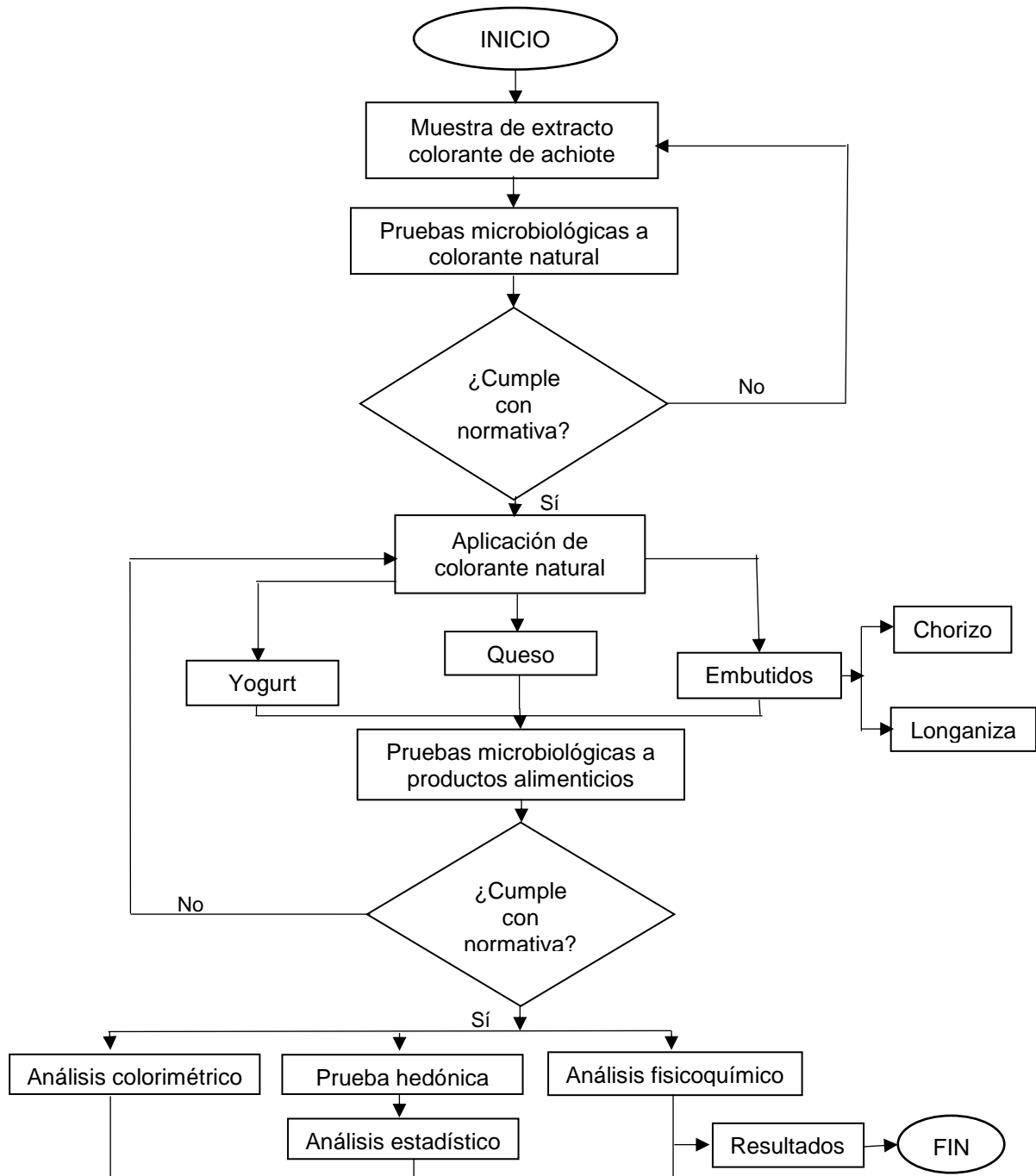


Fuente: *Direct industry.* <http://www.directindustry.es/prod/datacolor/product-17798-1271819.html>. Consulta: 21 de abril de 2017.

3.5.6. Técnica cualitativa

Para el presente estudio de investigación se pretende utilizar una técnica cualitativa para determinar las propiedades organolépticas y colorimétricas de los alimentos elaborados y una técnica cuantitativa experimental para determinar sus propiedades físicas con base en parámetros de calidad y para la batería microbiológica que se analizará.

Figura 27. Diagrama del procedimiento para la aplicación de colorante natural de achiote y pruebas realizadas en el mismo



Fuente: elaboración propia.

3.5.6.1. Materia prima, ingredientes y formulación de alimentos

Tabla XII. Materia prima, ingredientes y formulación de los alimentos elaborados

Alimento	Materia prima	Ingredientes	Formulación
Chorizo	Carne de cerdo	<ul style="list-style-type: none"> • Carne de cerdo • Tocino de cerdo • Sal • Azúcares • Colorante natural • Ajo • Pimienta 	<ul style="list-style-type: none"> • 80 % (m/m) de carne de cerdo. • 20 % (m/m) de tocino de cerdo • 5 % (m/m) de especies vegetales • 2,5 g de colorante por media libra de carne usada
Longaniza	Carne de cerdo	<ul style="list-style-type: none"> • Carne de cerdo • Tocino de cerdo • Sal • Azúcares • Colorante natural • Ajo • Pimienta • Hierba buena • Picante 	<ul style="list-style-type: none"> • 80 % (m/m) de carne de cerdo. • 20 % (m/m) de tocino de cerdo • 5 % (m/m) de especies vegetales • 1,25 g de colorante por media libra de carne usada

Continuación tabla XII.

Alimento	Materia prima	Ingredientes	Formulación
Queso fresco	Leche de vaca	<ul style="list-style-type: none"> • Leche de vaca • Cuajo • Sal • Colorante natural 	<ul style="list-style-type: none"> • 100 % (v/v) de leche • Pastilla de cuajo por 5 L de leche. • 5,68 mg de colorante por media libra de queso.
Yogurt	Leche de vaca	<ul style="list-style-type: none"> • Leche de vaca • Cultivo de bacterias • Colorante natural • Sabor natural 	<ul style="list-style-type: none"> • 100 % (v/v) de leche • Cultivo de bacterias completo por litro de leche. • 10 % (m/m) de azúcar por litro de leche- • 5,68 mg de colorante por medio litro de yogurt.

Fuente: elaboración propia.

3.5.6.2. Procedimiento de elaboración de los alimentos

Para la elaboración de cada alimento es necesario una serie de pasos generales, que ayudan a tener una buena organización y por lo tanto un excelente producto final: a continuación se describe el procedimiento para la elaboración de los embutidos, quesos y yogurt.

3.5.6.2.1. Embutidos

- Chorizo
 - Triturar la carne y grasa.
 - Moler la carne, la grasa y las especias vegetales en un molino de discos.
 - Agregar aditivos alimenticios: colorante natural de achiote.
 - Introducir la mezcla en una tripa natural de cerdo.
 - Dejar reposar para garantizar que el chorizo segregue un alto contenido de grasa y proporcionar maduración.

- Longaniza
 - Triturar la carne y la grasa.
 - Mezclar los ingredientes (sal, cebolla, ajo, pimienta, comino, vinagre, chile).

- Agregar el colorante natural de achiote a la mezcla.
- Introducir la mezcla a una tripa natural de cerdo.

3.5.6.2.2. Lácteos

- Queso
 - Adicionar 5 L de leche en un recipiente de acero inoxidable para obtener un total de 14 libras de queso.
 - Agregar la pastilla de cuajo y se deja reaccionar 3 horas.
 - Separar el suero y el agua en un recipiente.
 - Moler para dar inicio a la aplicación de los aditivos adicionales.
 - Adicionar el colorante natural de achiote.
 - Envasar los recipientes plásticos, que se refrigerarán para sus ensayos microbiológicos posteriores.
- Yogurt
 - Estandarizar la leche según la cantidad de grasa que se requiera (yogurt normal 3,5 %, yogurt semidesnatado de 1 % a 2 %, yogurt desnatado 0,3 %; en este caso yogurt normal).

- Adicionar de componentes minoritarios como azúcar principalmente.
- Pasteurizar la leche, calentándola hasta que hierva.
- Refrigerar la leche para que tenga la temperatura óptima para el cultivo (aproximadamente a 43° C).
- Adicionar el cultivo (bacterias que fermentan la leche).
- Adicionar los componentes adicionales: colorante natural de achiote.
- Envasar.

3.5.6.3. Procedimiento de análisis fisicoquímicos

Para que los productos finales sean de una buena calidad y de características físicas y químicas satisfactorias, es necesario realizar pruebas fisicoquímicas sobre los mismos. Las características fisicoquímicas que se analizan son: pH (acidez del alimento) y viscosidad en el caso del yogurt.

3.5.6.3.1. Prueba de acidez para yogurt

- Revisar si el potenciómetro esta calibrado, de no ser así, calibrarlo con las soluciones respectivas.
- Colocar como mínimo 50 mL de cada muestra de yogurt en un *beacker*.
- Colocar en otro *beacker* agua destilada para limpiar después de cada medición el potenciómetro.

- Realizar las mediciones de pH utilizando el potenciómetro.
- Anotar los resultados.

3.5.6.3.2. Prueba de viscosidad del yogurt

- Colocar muestra de 650 mL de yogurt a analizar dentro del viscosímetro.
- Medir la cantidad de yogurt que fluye a través del mismo en determinado tiempo.
- Limpiar el viscosímetro después de cada medición.
- Anotar los resultados.

3.5.6.3.3. Prueba de acidez del queso fresco

- Colocar 10 g de queso fresco en un mortero y tritularlo.
- Colocar los 10 g de queso fresco triturado en un *beacker* de 50 mL.
- Agregar al beacker 10 mL de agua destilada y agitar.
- Medir con un potenciómetro el pH de la solución formada.
- Anotar los resultados.

3.5.6.3.4. Prueba de acidez de embutidos

La prueba de acidez para los embutidos es la misma para chorizos que para longanizas.

- Colocar 10 g de embutido en un mortero y tritararlo.
- Colocar los 10 g de embutido triturado en una solución de alcohol al 50 % a baño María por 30 minutos a temperatura controlada.
- Dejar enfriar la solución coloreada.
- Medir el pH.
- Anotar los resultados obtenidos.

3.5.6.4. Procedimiento de análisis colorimétricos

Para la prueba respectiva del análisis colorimétrico, es necesario hacer soluciones coloreadas a partir de los productos alimenticios sólidos (embutidos y queso; el yogurt elaborado es un yogurt líquido); se utiliza para ello una solución al 50 % de alcohol para obtener de esta forma el colorante natural de los mismos; luego de tener las soluciones coloreadas, se procede a realizar la prueba colorimétrica.

La prueba colorimétrica fue realizada utilizando un espectrofotómetro de reflectancia, para el hecho, se procede de la siguiente manera:

- Colocar máximo 1 mL de la solución coloreada respectiva en el rodillo de arrastre sobre una plantilla de polipropileno (especial para utilizar en el espectrofotómetro de reflectancia).
- Colocar las muestras coloreadas en los espectrofotómetros de reflectancia.
- Anotar los resultados obtenidos.

3.5.6.5. Procedimiento para la realización del panel sensorial

Para la realización del panel sensorial, se desarrolló una prueba hedónica de 5 puntos para conocer la aceptación de los productos alimenticios elaborados, la cual fue realizada con 50 personas al azar; se hizo una degustación. Al finalizar con el experimento los resultados se tabularon y ordenaron para su análisis e interpretación.

3.6. Recolección y ordenamiento de la información

En toda investigación, estudio o bien experimento, es necesario tener una buena organización sobre la información recolectada, tanto previo como durante la realización del mismo. Una buena recolección y ordenamiento de la información le facilita al experimentador o investigador llegar a conclusiones y/o resultados sobre el tema trabajado.

3.6.1. Técnica de muestreo

La recolección de datos se ejecutó según los resultados obtenidos en su formulación. Se realizaron cuatro diferentes alimentos (dos tipos de embutidos,

queso fresco y yogurt), en los cuales se utilizaron diferentes cantidades de extracto colorante del achiote (según especificaciones de formulación en cada alimento); se realizaron, por lo tanto, 27 muestras de cada alimento; dio 108 resultados o productos finales.

3.6.2. Tabulación, ordenamiento y procesamiento de la información

A continuación, se muestra el ordenamiento de los datos experimentales obtenidos y su debido procesamiento, con el fin de facilitar su interpretación.

Nomenclatura importante:

- R = repetición de experimento (R1 – repetición 1, R2 – repetición 2, y sucesivamente).
- t = tiempo de maceración de la materia prima en minutos (t1 = 30 minutos, t2 = 60 minutos, t3 = 90 minutos).
- pH = acidez utilizada en el experimento (pH1 = 2, pH2 = 3, pH 3 = 4).

Tabla XIII. Resultados del análisis microbiológico del colorante natural de achiote previo a su aplicación en los productos alimenticios

Tipo de muestra	Muestra de colorante analizada (g)	Recuento de coliformes totales real (NMP/mL de muestra)	Recuento de coliformes totales según RTCA (NMP/mL de muestra)	<i>Escherichia coli</i>
t3-pH3-R1	50	< 3	< 3 ausencia de Coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> > 3 presencia de Coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>	Ausente
t1-pH2-R1	50	< 3		Ausente
t3-pH3-R2	50	< 3		Ausente
t3-pH2-R3	50	< 3		Ausente
t1-pH1-R3	50	< 3		Ausente
t2-pH1-R1	50	< 3		Ausente
t3-pH2-R1	50	< 3		Ausente
t1-pH1-R1	50	< 3		Ausente
t3-pH1-R3	50	< 3		Ausente
t1-pH2-R2	50	< 3		Ausente
t1-pH3-R3	50	< 3		Ausente
t1-pH3-R2	50	< 3		Ausente
t2-pH3-R2	50	< 3		Ausente

Continuación tabla XIII.

Tipo de muestra	Cantidad de muestra de colorante analizada (g)	Recuento de coliformes totales real (NMP/mL de muestra)	Recuento de coliformes totales según RTCA (NMP/mL de muestra)	<i>Escherichia coli</i>	
t2-pH1-R3	50	< 3	< 3 ausencia de Coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>	Ausente	
t2-pH2-R1	50	< 3		Ausente	
t1-pH3-R1	50	< 3		Ausente	
t1-pH2-R3	50	< 3		Ausente	
t3-pH1-R1	50	< 3		Ausente	
t2-pH2-R2	50	< 3		Ausente	
t3-pH3-R3	50	< 3		Ausente	
t2-pH2-R3	50	< 3		> 3 presencia de Coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>	Ausente
t2-pH1-R2	50	< 3		Ausente	
t2-pH3-R1	50	< 3		Ausente	
t2-pH3-R3	50	< 3		Ausente	
t3-pH2-R2	50	< 3		Ausente	
t3-pH1-R2	50	< 3	Ausente		
t1-pH1-R2	50	< 3	Ausente		

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIV. **Resultados del análisis microbiológico de los chorizos elaborados aplicando el colorante natural de achiote**

Tipo de muestra	Cantidad de muestra de colorante analizada (g)	Recuento de coliformes totales real (UFC/g de muestra)	Recuento de coliformes totales según RTCA (UFC/g de muestra)	<i>Escherichia coli</i>
t1-pH1-R2	50	<5	<5 ausencia de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>	Ausente
t1-pH2-R2	50	<5		Ausente
t1-pH3-R1	50	<5		Ausente
t2-pH1-R1	50	<5	>5 presencia de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>	Ausente
t2-pH2-R2	50	<5		Ausente
t2-pH3-R1	50	<5		Ausente
t3-pH1-R1	50	<5	** Coliformes totales sobre 0,1 g de muestra y E-coli sobre 1g de muestra	Ausente
t3-pH3-R3	50	<5		Ausente
t3-pH3-R2	50	<5		Ausente

Fuente: elaboración propia.

Tabla XV. Resultados del análisis microbiológico de las longanizas elaboradas aplicando el colorante natural de achiote

Tipo de muestra	Cantidad de muestra de colorante analizada (g)	Recuento de coliformes totales real (UFC/g de muestra)	Recuento de coliformes totales según RTCA (UFC/g de muestra)	<i>Escherichia coli</i>
t1-pH1-R2	50	<5	<5 ausencia de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>	Ausente
t1-pH2-R3	50	<5		Ausente
t1-pH3-R3	50	<5		Ausente
t2-pH1-R3	50	<5	>5 presencia de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>	Ausente
t2-pH2-R2	50	<5		Ausente
t2-pH3-R3	50	<5		Ausente
t3-pH1-R3	50	<5	** Coliformes totales sobre 0,1 g de muestra y E-coli sobre 1g de muestra	Ausente
t3-pH2-R3	50	<5		Ausente
t3-pH3-R2	50	<5		Ausente
				Ausente

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Resultados del análisis microbiológico de los quesos frescos elaborados aplicando el colorante natural de achiote**

Tipo de muestra	Cantidad de muestra de colorante analizada (g)	Recuento de coliformes totales real (UFC/g de muestra)	Recuento de coliformes totales según RTCA (UFC/g de muestra)	<i>Escherichia coli</i>	
t1-pH1-R1	50	$2,4 \times 10^6$	<10 ausencia de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>	Presencia	
t1-pH2-R1	50	$9,0 \times 10^5$		Presencia	
t1-pH3-R2	50	<10		Ausencia	
t2-pH1-R2	50	<10		Ausencia	
t2-pH2-R3	50	<10		Ausencia	
t2-pH3-R2	50	<10		Ausencia	
t3-pH1-R2	50	$2,4 \times 10^5$		>10 presencia de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>	Presencia
t3-pH2-R1	50	<10		Ausencia	
t3-pH3-R3	50	$3,0 \times 10^5$	** Coliformes totales y E-coli sobre 1g de muestra	Presencia	

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. Resultados del análisis microbiológico de los yogurts elaborados aplicando el colorante natural de achiote

Tipo de muestra	Cantidad de muestra de colorante analizada (g)	Recuento de coliformes totales real (NMP/mL de muestra)	Recuento de coliformes totales según RTCA (NMP/mL de muestra)	<i>Escherichia coli</i>
t1-pH1-R3	50	3,0	<3.0 ausencia de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>	Presencia
t1-pH2-R1	50	<3,0		Ausencia
t1-pH3-R2	50	3,0		Presencia
t2-pH1-R2	50	<3,0	>3.0 presencia de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>	Ausencia
t2-pH2-R1	50	6,1		Presencia
t2-pH3-R2	50	6,2		Presencia
t3-pH1-R2	50	<3,0	** Coliformes totales y E-coli sobre 1mL de muestra	Ausencia
t3-pH2-R2	50	3,0		Presencia
t3-pH3-R1	50	<3,0		Ausencia

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. Datos necesarios para determinar el poder colorífico del colorante natural de achiote previo a su aplicación

Muestra	L*	a*	b*	Intensidad de color absoluta
1	97,44	4,00	34,75	0,12
2	91,31	8,74	42,87	0,29
3	90,11	17,28	48,08	0,38
4	96,28	4,97	33,45	0,15
5	93,69	7,11	36,57	0,21
6	96,59	5,20	32,76	0,14
7	95,59	6,29	36,78	0,17
8	94,52	7,30	39,51	0,28
9	94,79	6,88	39,13	0,23
10	93,78	7,37	40,54	0,25
11	94,08	8,24	46,17	0,31
12	93,33	6,65	40,65	0,26
13	95,04	5,30	37,88	0,21
14	95,29	6,52	40,46	0,22
15	93,24	8,70	47,34	0,35
16	95,27	4,08	38,95	0,27
17	94,06	6,15	42,59	0,27
18	95,17	6,23	40,82	0,27
19	94,49	6,51	39,39	0,24
20	92,28	10,33	46,53	0,36
21	92,86	7,70	41,80	0,30
22	95,21	4,86	35,19	0,23
23	94,81	6,60	38,20	0,22
24	93,88	7,06	41,43	0,28
25	92,16	10,26	42,29	0,31
26	92,50	9,77	45,92	0,32
27	92,98	9,32	47,11	0,36

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Datos necesarios para determinar el poder colorífico del colorante natural de achiote aplicado sobre el queso fresco**

Muestra	L*	a*	b*	Intensidad de color absoluta
1	94,52	-0,39	0,92	Indefinido
2	93,52	-0,39	0,92	Indefinido
3	93,29	-0,31	1,30	Indefinido
4	94,35	-0,20	1,31	Indefinido
5	93,50	-0,26	1,02	Indefinido
6	92,69	-0,31	1,09	Indefinido
7	93,82	-0,22	1,23	Indefinido
8	94,03	-0,22	1,32	Indefinido
9	92,76	-0,25	1,28	Indefinido
10	94,17	-0,17	1,51	Indefinido
11	93,98	-0,24	1,34	Indefinido
12	94,44	-0,18	1,49	Indefinido
13	94,58	-0,21	1,30	Indefinido
14	94,30	-0,25	1,19	Indefinido
15	93,86	0,06	1,61	Indefinido
16	94,13	0,01	1,42	Indefinido
17	92,89	0,10	1,37	Indefinido
18	94,06	0,07	1,56	Indefinido
19	93,84	0,17	1,44	Indefinido
20	92,92	0,04	1,35	Indefinido
21	94,09	0,13	1,35	Indefinido
22	93,64	0,12	1,40	Indefinido
23	94,14	0,26	1,67	Indefinido
24	92,65	0,15	1,35	Indefinido
25	93,52	0,22	1,54	Indefinido
26	94,29	0,33	1,28	Indefinido
27	94,04	-0,18	1,34	Indefinido
28	94,52	-0,28	1,04	Indefinido

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. Datos necesarios para determinar el poder colorífico del colorante natural de achiote aplicado sobre el chorizo

Muestra	L*	a*	b*	Intensidad de color absoluta (adimensional)
1	93,51	-0,29	3,18	Indefinido
2	93,16	-0,26	4,12	Indefinido
3	93,34	-0,32	2,84	Indefinido
4	89,00	-1,45	-0,30	Indefinido
5	91,40	-0,25	3,53	Indefinido
6	92,89	-0,16	2,99	Indefinido
7	93,30	-0,16	3,72	Indefinido
8	93,31	-0,20	3,25	Indefinido
9	93,38	-0,17	3,41	Indefinido
10	93,18	-0,17	3,99	Indefinido
11	92,33	-0,57	3,05	Indefinido
12	93,41	-0,15	4,12	Indefinido
13	93,86	-0,16	3,74	Indefinido
14	93,65	-0,13	4,47	Indefinido
15	93,74	-0,08	5,14	Indefinido
16	93,53	-0,23	4,47	Indefinido
17	93,79	-0,05	5,33	Indefinido
18	92,98	-0,17	3,58	Indefinido
19	93,78	-0,18	3,59	Indefinido
20	93,73	-0,07	3,76	Indefinido
21	93,81	-0,14	3,67	Indefinido
22	92,73	-0,20	3,26	Indefinido
23	93,37	-0,07	5,71	Indefinido
24	93,42	-0,18	3,79	Indefinido
25	93,40	-0,12	2,99	Indefinido
26	93,59	-0,13	4,59	Indefinido
27	93,45	-0,22	2,28	Indefinido
28	93,29	-0,38	0,73	Indefinido

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXI. **Datos necesarios para determinar el poder colorífico del colorante natural de achiote aplicado sobre la longaniza**

Muestra	L*	a*	b*	Intensidad de color absoluta (adimensional)
1	93,75	-0,21	2,36	Indefinido
2	93,72	-0,04	3,44	Indefinido
3	93,94	-0,12	3,10	Indefinido
4	94,05	-0,18	2,61	Indefinido
5	94,25	-0,07	3,09	Indefinido
6	94,19	-0,02	3,51	Indefinido
7	94,03	-0,05	3,53	Indefinido
8	94,23	-0,07	3,28	Indefinido
9	94,19	-0,04	3,43	Indefinido
10	94,11	-0,04	3,62	Indefinido
11	93,87	-0,08	4,46	Indefinido
12	94,05	-0,02	4,94	Indefinido
13	93,89	-0,19	3,09	Indefinido
14	94,26	-0,10	3,64	Indefinido
15	94,13	-0,03	4,12	Indefinido
16	94,22	-0,13	3,57	Indefinido
17	94,17	-0,05	3,87	Indefinido
18	94,10	-0,06	3,52	Indefinido
19	94,16	-0,08	3,18	Indefinido
20	95,51	0,05	4,86	Indefinido
21	94,05	-0,01	3,80	Indefinido
22	94,05	-0,01	3,80	Indefinido
23	93,98	-0,02	4,43	Indefinido
24	93,89	-0,06	3,20	Indefinido
25	94,21	-0,05	3,07	Indefinido
26	94,01	-0,04	3,87	Indefinido
27	94,12	-0,15	2,50	Indefinido
28	91,37	-0,31	1,43	Indefinido

Fuente: elaboración propia.

3.5 Análisis estadístico

En el presente trabajo de investigación, se realizó un análisis estadístico (ANOVA), basado en la comparación de dos medias muestrales con el fin de organizar e interpretar los resultados obtenidos con base en las pruebas sensoriales realizadas sobre los productos alimenticios finales elaborados, así como para los resultados obtenidos en las pruebas colorimétricas realizadas; además se utilizaron como estándares de comparación para los resultados obtenidos de los análisis microbiológicos los límites permisibles establecidos en los reglamentos Codex Standard para embuditos y quesos, normas COGUANOR y el normativo RTCA para aditivos alimenticios.

3.5.1 Método estadístico ANOVA

El análisis de varianza de un factor (ANOVA) se utiliza como método de comparación de varios grupos sobre una variable cuantitativa; usualmente, se aplica en la comparación de la igualdad de medias de tres o más poblaciones independientes con distribución normal. Suponiendo un número k de poblaciones, las hipótesis supuestas para un determinado estudio serán:

- $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$. Las medias poblacionales son iguales
- H_1 : Al menos dos medias poblacionales son distintas

Suponiendo que la hipótesis nula planteada es falsa, el método sigue una distribución F de Fisher-Snedecor con $k-1$ y $n-l$ grados de libertad, donde k es el número de muestras y n el número total de observaciones participantes.

El método de ANOVA inicia con la descomposición de la variación total de la muestra en dos componentes; desarrolla una igualdad en donde se indica que

la variación total es igual a la suma de la variación o dispersión entre los grupos más la variación o dispersión dentro de cada uno de los grupos; se tiene que dar que la variación intra grupos sea mínima y que la inter grupos sea máxima.

Variación total = variación entre + variación intra [Ecuación 2]

Asimismo, también se analiza la relación correspondiente entre la variación intra grupos e inter grupos mediante un cociente entre las mismas; donde un resultado elevado significará que las diferencias entre los distintos grupos o niveles de factor son mayores, por lo tanto, la probabilidad de que los niveles del factor influyan en los valores de la continua será mayor.

El valor que se utiliza de referencia para aceptar o rechazar la hipótesis nula es el nivel de significación de los valores; si el nivel de significación es mayor a 0,05, se aceptará la hipótesis nula de independencia entre las variables (no existen efectos diferenciales entre los tratamientos); si el nivel de significación es menor al 0,05, se rechazará la hipótesis nula y se aceptará la alternativa donde se podrá concluir que existe una relación de dependencia entre las variables, es decir, los distintos niveles sí influyen sobre los valores de la variable continua.

3.5.1.1 Media aritmética

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n ai = \frac{a_1+a_2+\dots+a_n}{n} \text{ [Ecuación 3]}$$

Donde:

- \bar{X} = media aritmética
- a_n = valor del dato obtenido
- n = número total de datos analizados

3.5.1.2 Varianza

$$\sigma^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{N} \text{ [Ecuación 4]}$$

Donde:

- x_i = datos a analizar
- \bar{x} = media aritmética
- N = número total de datos analizados
- σ^2 = varianza

3.5.1.3 Datos de ANOVA

Luego de aplicar el método estadístico ANOVA, da como resultado los siguientes valores: n grupos, valores de suma de cuadrados, grados de libertad, media cuadrática, un valor propio del método denominado F y la significancia del valor F.

Tabla XXII. **Ejemplo de tabulación de resultados obtenidos a partir del método estadístico ANOVA**

Grupos	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Media cuadrática	F	Significancia
n	valor	valor	Valor	valor	valor

Fuente: elaboración propia.

Donde F es un valor obtenido a partir de las tablas de F de Snedecor; si el valor obtenido es mayor que el valor encontrado en las tablas, significará que, si hay efectos diferenciales entre los grupos, por lo tanto, se aceptará la hipótesis en donde existe dependencia entre las variables, si es menor, por el contrario, se aceptará la hipótesis en donde no existe dependencia entre las variables de estudio.

3.5.1.4 Resumen del análisis estadístico desarrollado

A partir del desarrollo del método estadístico sobre los valores cuantitativos obtenidos en el experimento, se obtuvieron los resultados que se presentan a continuación:

Tabla XXIII. Resumen del análisis ANOVA desarrollado sobre los resultados de las pruebas sensoriales

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
Chorizo	5	50	10,0	315,5
Longaniza	5	50	10,0	84,0
Queso	5	50	10,0	146,0
Yogurt	5	59	11,8	400,7

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Resumen del análisis ANOVA desarrollado sobre los resultados del análisis colorimétrico realizado a los productos alimenticios elaborados**

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Grupos
Chorizo	27	24,57	0,91	0,26	27
Longaniza	27	85,51	3,17	0,68	27
Queso	27	94,74	3,51	0,29	27

Fuente: elaboración propia.

4. RESULTADOS

4.1. Análisis microbiológicos

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis microbiológico realizado a las diferentes muestras de colorante y de alimentos.

Tabla XXV. Resumen de resultados del análisis microcrobioológico elaborado a embutidos en comparación con los límites respecto al *Reglamento técnico centroamericano*

Coliformes totales muestras de chorizo real (UFC/g)	Coliformes totales muestras de longaniza real (UFC/g)	<i>Escherichia coli</i> muestras de chorizo real (cualitativo)	<i>Escherichia coli</i> muestras de longaniza real (cualitativo)	Coliformes totales y presencia de <i>Escherichia coli</i> según RTCA para chorizos y longanizas (UFC/g)
<5	<5	Ausente	Ausente	5 ausencia de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>
<5	<5	Ausente	Ausente	
<5	<5	Ausente	Ausente	
<5	<5	Ausente	Ausente	
<5	<5	Ausente	Ausente	>5 presencia de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i>
<5	<5	Ausente	Ausente	
<5	<5	Ausente	Ausente	
<5	<5	Ausente	Ausente	
<5	<5	Ausente	Ausente	** Coliformes totales sobre 0,1 g de muestra y E-coli sobre 1g de muestra

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. Resumen de resultados del análisis microbiológico elaborado a queso fresco y yogurt en comparación con los límites respecto al *Reglamento técnico centroamericano*

Queso fresco		
Coliformes totales real (UFC/g)	Coliformes totales RTCA (UFC/g)	<i>Escherichia coli</i> real (cualitativo)
2,4 x 10 ⁶	<10 ausencia de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> >10 presencia de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> ** Coliformes totales y E-coli sobre 1g de muestra	Presencia
9,0 x 10 ⁵		Presencia
<10		Ausencia
<10		Ausencia
<10		Ausencia
<10		Ausencia
2,4 x 10 ⁵		Presencia
<10		Ausencia
3,0 x 10 ⁵		Presencia
Yogurt		
Coliformes totales real (UFC/g)	Coliformes totales RTCA (UFC/mL)	<i>Escherichia coli</i>
3,0	<3,0 ausencia de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> >3,0 presencia de coliformes totales y <i>Escherichia coli</i> ** Coliformes totales y E-coli sobre 1 mL de muestra	Presencia
<3,0		Ausencia
3,0		Presencia
<3,0		Ausencia
6,1		Presencia
6,2		Presencia
<3,0		Ausencia
3,0		Presencia
<3,0		Ausencia

Fuente: elaboración propia.

4.2. Prueba sensorial (prueba hedónica de 5 puntos)

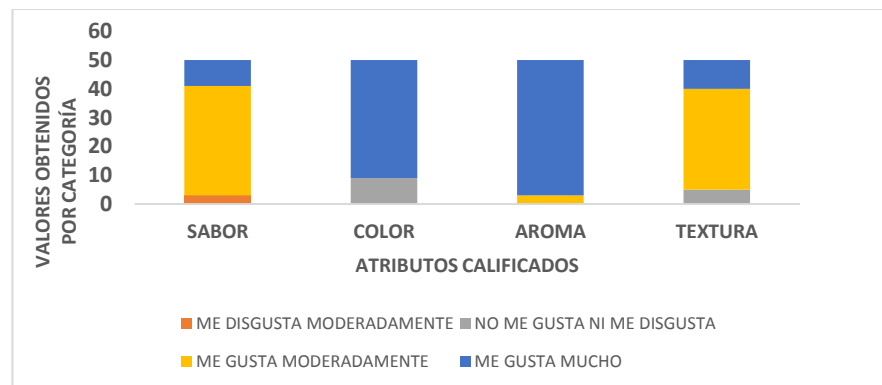
A continuación, se muestran los resultados tabulados y graficados con base en la prueba sensorial de 5 puntos realizada a 50 personas sobre los productos alimenticios elaborados.

Tabla XXVII. **Resultados de las pruebas sensoriales sobre las muestras de chorizo**

	Sabor	Color	Aroma	Textura
Me disgusta mucho	0	0	0	0
Me disgusta moderadamente	3	0	0	0
No me gusta ni me disgusta	0	9	0	5
Me gusta moderadamente	38	0	3	35
Me gusta mucho	9	41	47	10
Total de encuestados	50	50	50	50

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Resultados gráficos de las pruebas sensoriales sobre las muestras de chorizo**



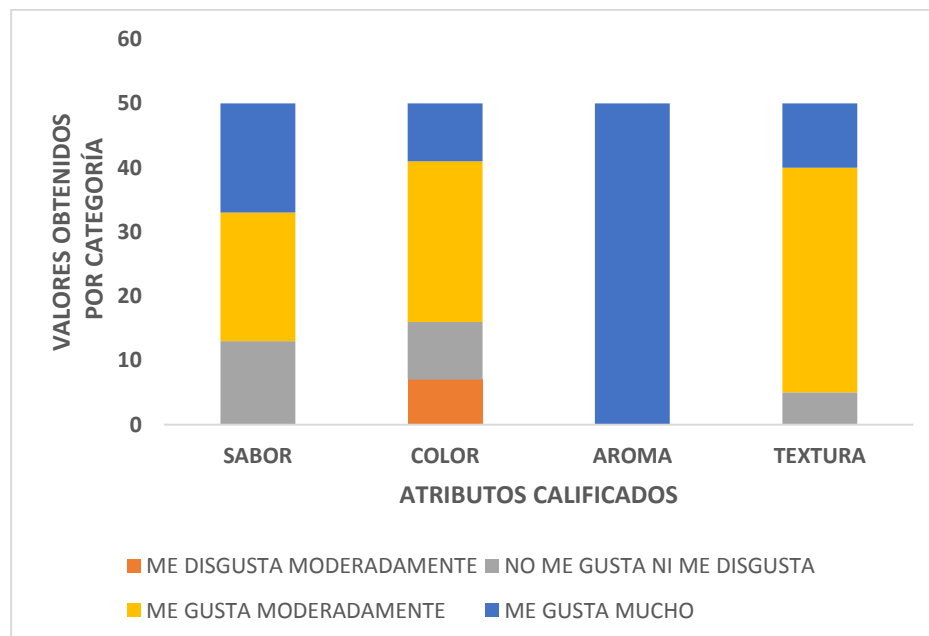
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Resultados de las pruebas sensoriales sobre las muestras de longaniza**

	Sabor	Color	Aroma	Textura
Me disgusta mucho	0	0	0	0
Me disgusta moderadamente	0	7	0	0
No me gusta ni me disgusta	13	9	0	5
Me gusta moderadamente	20	25	0	35
Me gusta mucho	17	9	50	10
Total de encuestados	50	50	50	50

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Resultados gráficos de las pruebas sensoriales sobre las muestras de longaniza**



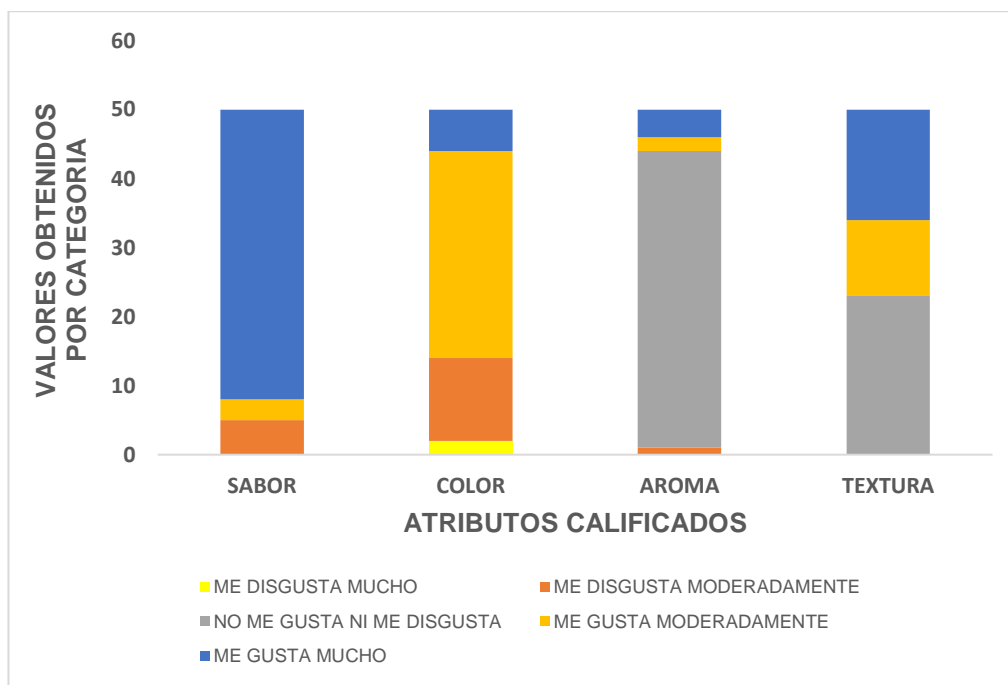
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIX. **Resultados de las pruebas sensoriales sobre las muestras de queso fresco**

	Sabor	Color	Aroma	Textura
Me disgusta mucho	0	2	0	0
Me disgusta moderadamente	5	12	1	0
No me gusta ni me disgusta	0	0	43	23
Me gusta moderadamente	3	30	2	11
Me gusta mucho	42	6	4	16
Total de encuestados	50	50	50	50

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Resultados gráficos de las pruebas sensoriales sobre las muestras de queso fresco**



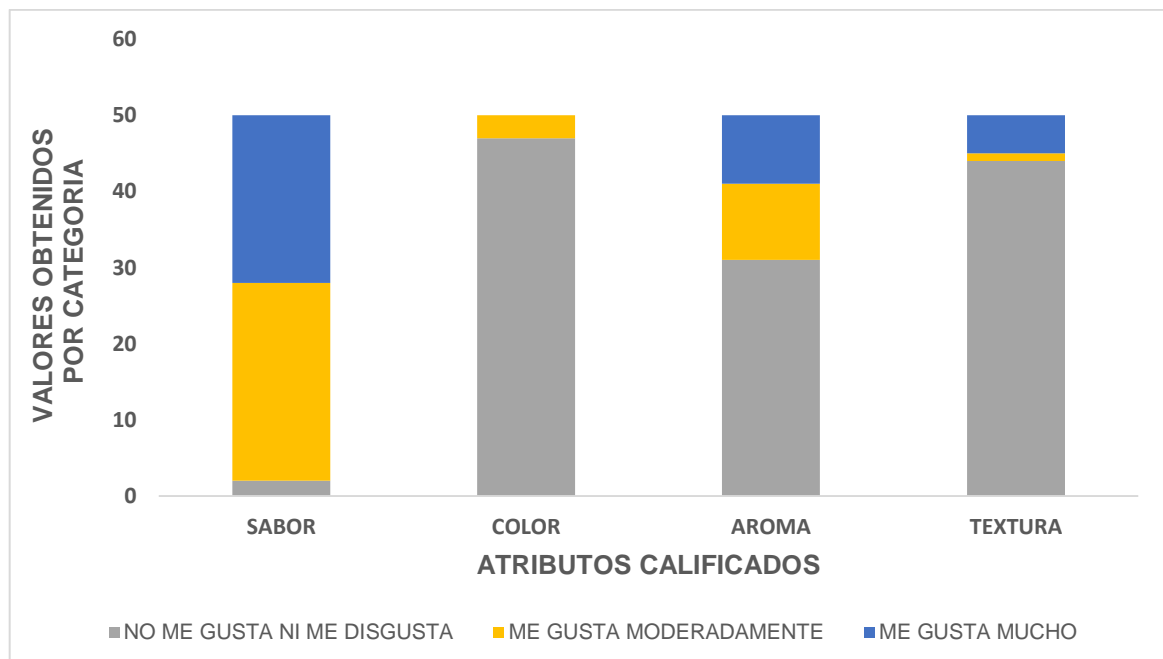
Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Resultados de las pruebas sensoriales sobre las muestras de yogurt**

	Sabor	Color	Aroma	Textura
Me disgusta mucho	0	0	0	0
Me disgusta moderadamente	0	0	0	0
No me gusta ni me disgusta	2	47	31	44
Me gusta moderadamente	26	3	10	1
Me gusta mucho	22	0	9	5
Total de encuestados	50	50	50	50

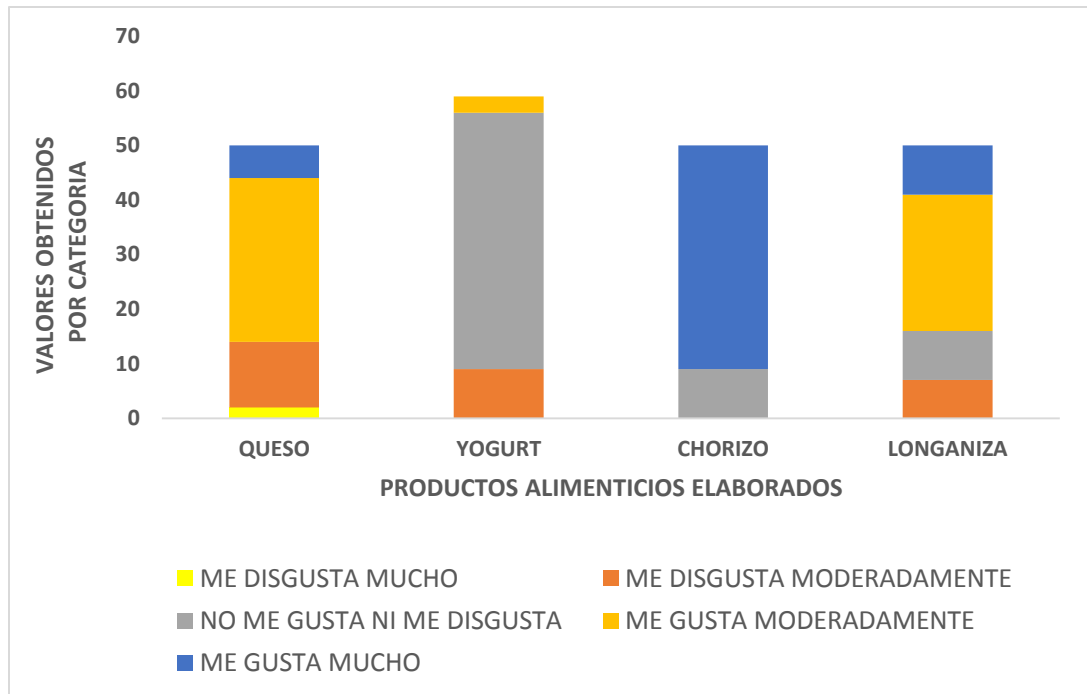
Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Resultados gráficos de las pruebas sensoriales sobre las muestras de yogurt**



Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Aceptación de la coloración natural del producto alimenticio elaborado con base en la prueba sensorial desarrollada**



Fuente: elaboración propia.

4.3. Análisis colorimétricos

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis colorimétrico realizado a las diferentes muestras de colorante, así como a las muestras de alimentos elaborados con el mismo.

Tabla XXXI. **Resultados del análisis de intensidad de coloración para las muestras de colorante natural antes de su aplicación**

Tipo de muestra	E	Intensidad de color absoluta (adimensional)	Intensidad de color relativa (%)
t3-pH3-R1	No hay estándar	0,12	12
t1-ph2-R1	No hay estándar	0,29	29
t3-pH3-R2	No hay estándar	0,38	38
t3-pH2-R3	No hay estándar	0,15	15
t1-pH1-R3	No hay estándar	0,21	21
t2-pH1-R1	No hay estándar	0,14	14
t3-pH2-R1	No hay estándar	0,17	17
t1-pH1-R1	No hay estándar	0,28	28
t3-pH1-R3	No hay estándar	0,23	23
t1-pH2-R2	No hay estándar	0,25	25
t1-pH3-R3	No hay estándar	0,31	31
t1-pH3-R2	No hay estándar	0,26	26
t2-pH3-R2	No hay estándar	0,21	21
t2-pH1-R3	No hay estándar	0,22	22

Fuente: elaboración propia.

Continuación tabla XXXI.

Tipo de muestra	E	Intensidad de color absoluta (adimensional)	Intensidad de color relativa (%)
t2-pH2-R1	No hay estándar	0,35	35
t1-pH3-R1	No hay estándar	0,27	27
t1-pH2-R3	No hay estándar	0,27	27
t3-pH1-R1	No hay estándar	0,27	27
t2-pH2-R2	No hay estándar	0,24	24
t3-pH3-R3	No hay estándar	0,36	36
t2-pH2-R3	No hay estándar	0,30	30
t2-pH1-R2	No hay estándar	0,23	23
t2-pH3-R1	No hay estándar	0,22	22
t2-pH3-R3	No hay estándar	0,28	28
t3-pH2-R2	No hay estándar	0,31	31
t3-pH1-R2	No hay estándar	0,32	32
t1-pH1-R2	No hay estándar	0,36	36

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXII. Resultados del análisis de intensidad de coloración y nivel de diferencia de color para las muestras de chorizo elaboradas

Tipo de muestra	E	Nivel de diferencia de color	Intensidad de color absoluta (adimensional)	Intensidad de color relativa (%)
t3-pH3-R1	2,46	Aceptable	Indefinido	Indefinido
t1-ph2-R1	3,39	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t3-pH3-R2	2,11	Aceptable	Indefinido	Indefinido
t3-pH2-R3	4,54	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t1-pH1-R3	3,38	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH1-R1	2,31	Aceptable	Indefinido	Indefinido
t3-pH2-R1	3,00	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t1-pH1-R1	2,53	Aceptable	Indefinido	Indefinido
t3-pH1-R3	2,69	Aceptable	Indefinido	Indefinido
t1-pH2-R2	3,27	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t1-pH3-R3	2,52	Aceptable	Indefinido	Indefinido
t1-pH3-R2	3,40	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH3-R2	3,07	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH1-R3	3,77	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH2-R1	4,44	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t1-pH3-R1	3,75	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t1-pH2-R3	4,64	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t3-pH1-R1	2,87	Aceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH2-R2	2,91	Aceptable	Indefinido	Indefinido
t3-pH3-R3	3,08	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH2-R3	3,00	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH1-R2	2,60	Aceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH3-R1	4,99	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH3-R3	3,07	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t3-pH2-R2	2,28	Aceptable	Indefinido	Indefinido
t3-pH1-R2	3,88	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t1-pH1-R2	1,57	Mínima	Indefinido	Indefinido
Estándar		Estándar	Indefinido	Indefinido

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIII. Resultados del análisis de intensidad de coloración y nivel de diferencia de color para las muestras de longaniza elaboradas

Tipo de muestra	E	Nivel de diferencia de color	Intensidad de color absoluta (adimensional)	Intensidad de color relativa (%)
t3-pH3-R1	2,56	Aceptable	Indefinido	Indefinido
t1-ph2-R1	3,10	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t3-pH3-R2	3,07	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t3-pH2-R3	2,93	Aceptable	Indefinido	Indefinido
t1-pH1-R3	3,33	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH1-R1	3,52	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t3-pH2-R1	3,40	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t1-pH1-R1	3,41	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t3-pH1-R3	3,47	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t1-pH2-R2	3,52	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t1-pH3-R3	3,93	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t1-pH3-R2	4,43	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH3-R2	3,02	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH1-R3	3,64	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH2-R1	3,86	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t1-pH3-R1	3,57	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t1-pH2-R3	3,72	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t3-pH1-R1	3,45	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH2-R2	3,30	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t3-pH3-R3	5,39	Inaceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH2-R3	3,59	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH1-R2	3,59	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH3-R1	3,99	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t2-pH3-R3	3,09	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t3-pH2-R2	3,29	Casi inaceptable	indefinido	Indefinido
t3-pH1-R2	3,61	Casi inaceptable	Indefinido	Indefinido
t1-pH1-R2	2,96	Aceptable	Indefinido	Indefinido
Estándar		Estándar	Indefinido	Indefinido

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXIV. **Resultados del análisis de intensidad de coloración y nivel de diferencia de color para las muestras de queso fresco**

Tipo de muestra	E	Nivel de diferencia de color	Intensidad de color absoluta (adimensional)	Intensidad de color relativa (%)
t3-pH3-R1	0,16	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
t1-ph2-R1	1,01	Mínima	Indefinido	Indefinido
t3-pH3-R2	1,26	Mínima	Indefinido	Indefinido
t3-pH2-R3	0,33	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
t1-pH1-R3	1,02	Mínima	Indefinido	Indefinido
t2-pH1-R1	1,83	Mínima	Indefinido	Indefinido
t3-pH2-R1	0,73	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
t1-pH1-R1	0,57	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
t3-pH1-R3	1,78	Mínima	Indefinido	Indefinido
t1-pH2-R2	0,60	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
t1-pH3-R3	0,62	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
t1-pH3-R2	0,47	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
t2-pH3-R2	0,28	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
t2-pH1-R3	0,27	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
t2-pH2-R1	0,94	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
t1-pH3-R1	0,62	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
t1-pH2-R3	1,71	Mínima	Indefinido	Indefinido
t3-pH1-R1	0,78	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
t2-pH2-R2	0,91	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
t3-pH3-R3	1,66	Mínima	Indefinido	Indefinido
t2-pH2-R3	0,67	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
t2-pH1-R2	1,03	Mínima	Indefinido	Indefinido
t2-pH3-R1	0,91	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
t2-pH3-R3	1,94	Mínima	Indefinido	Indefinido
t3-pH2-R2	1,22	Mínima	Indefinido	Indefinido
t3-pH1-R2	0,69	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
t1-pH1-R2	0,57	Imperceptible	Indefinido	Indefinido
Estándar		Estándar	Indefinido	Indefinido

Fuente: elaboración propia.

4.4. Análisis fisicoquímicos

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis fisicoquímico realizado a las diferentes muestras de colorante, así como a las muestras de alimentos elaborados con el mismo.

Tabla XXXV. Resumen de resultados de los análisis fisicoquímicos de los alimentos

Tipo de muestra	Queso	Chorizo	Longaniza	Yogurt	
	pH	pH	pH	pH	Viscosidad (Pa*s)
t3-pH3-R1	5,32	5,3	6,70	4,03	0,98
t1-ph2-R1	5,50	5,5	6,56	4,30	1,05
t3-pH3-R2	5,43	5,7	6,40	4,45	0,98
t3-pH2-R3	5,40	5,3	6,58	4,06	0,98
t1-pH1-R3	5,42	5,5	6,43	4,06	1,03
t2-pH1-R1	5,32	5,3	6,32	4,05	1,04
t3-pH2-R1	5,30	5,3	6,60	4,45	1,05
t1-pH1-R1	5,56	5,5	6,55	4,05	1,00
t3-pH1-R3	5,59	5,4	6,54	4,10	0,98
t1-pH2-R2	5,55	5,1	6,55	4,07	1,08
t1-pH3-R3	5,45	5,2	6,66	4,80	1,06
t1-pH3-R2	5,43	5,3	6,44	4,50	1,02
t2-pH3-R2	5,44	5,3	6,43	4,60	1,02
t2-pH1-R3	5,44	5,7	6,55	4,70	1,02

Continuación tabla XXXV.

t2-pH2-R1	5,50	5,7	6,57	4,70	1,02
t1-pH3-R1	5,49	5,2	6,70	4,20	1,01
t1-pH2-R3	5,40	5,2	6,44	4,02	0,99
t3-pH1-R1	5,42	5,5	6,42	4,50	1,00
t2-pH2-R2	5,67	5,6	6,30	4,01	1,02
t3-pH3-R3	5,70	5,5	6,33	4,03	1,03
t2-pH2-R3	5,45	5,6	6,44	4,09	1,06
t2-pH1-R2	5,66	5,3	6,47	4,11	0,99
t2-pH3-R1	5,45	5,3	6,59	4,60	0,99
t2-pH3-R3	5,60	5,2	6,58	4,45	1,10
t3-pH2-R2	5,50	5,7	6,68	4,43	1,01
t3-pH1-R2	5,34	5,6	6,54	4,32	1,02
t1-pH1-R2	5,30	5,5	6,60	4,12	1,06
Testigo	5,25	5,07	6,10	4,00	0,99
Promedio	5.46	5.4	6,50	4,28	1,02

Fuente: elaboración propia.

4.5. Análisis estadístico ANOVA

A continuación se presentan los resultados obtenidos a partir del análisis estadístico ANOVA, aplicado en los resultados cuantitativos recolectados y obtenidos para el desarrollo de la investigación.

Tabla XXXVI. **Análisis de varianza (ANOVA) realizado para los resultados obtenidos con base en la prueba sensorial**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	12,15	3	4,05	0,02	0,99	3,24
Dentro de los grupos	3784,80	16	236,55			
Total	3796,95	19				

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXXVII. **Análisis de varianza (ANOVA) realizado para los resultados obtenidos con base en el análisis colorimétrico realizado sobre los alimentos elaborados**

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	107,67	2	53,83	0,013	9,54E-26	3,11
Dentro de los grupos	31,85	78	0,408			
Total	139,51	80				

Fuente: elaboración propia.

5. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

El estudio presentado tuvo como objetivo principal aplicar el extracto colorante obtenido de la semilla del achiote (*Bixa orellana* L.) como saborizante y colorante en productos alimenticios como embutidos, queso y yogurt.

Para el desarrollo del estudio, se procedió a preparar longaniza, chorizo, queso fresco y yogurt líquido utilizando el colorante natural de achiote como aditivo alimenticio, saborizante y colorante; a partir de esto, al tener los productos elaborados, se realizaron análisis fisicoquímicos, microbiológicos y colorimétricos para conocer sus propiedades y la influencia del colorante natural aplicado en ellos; se compararon los resultados obtenidos con los valores estándar de las normas respectivas, presentes en el *Reglamento técnico centroamericano* (RTCA 67-04-54:10 para alimentos y bebidas procesadas. Aditivos alimentarios), *Manual del código de alimentos* Codex Standard 221-2001, 243-2003, enmienda 2008 de la FAO y OMS y COGUANOR NGO 34125 para productos cárnicos.

Asimismo, se procedió a realizar una prueba sensorial (*focus group* de 5 puntos) para conocer el grado de aceptación de los productos elaborados y de la coloración dada a los mismos por consumidores al azar.

Con los resultados obtenidos en la prueba sensorial los análisis colorimétricos, se procedió a la realización de un análisis estadístico; se utilizó para ello el método ANOVA de análisis de varianza para conocer la aceptación o rechazo de las hipótesis planteadas para el estudio.

5.1. Elaboración de los productos alimenticios

Los productos alimenticios fueron elaborados en finca La Esperanza, ubicada en Tecpán, Chimaltenango, donde abrieron las puertas del área de producción que manejan para la elaboración de productos diversos como longanizas, chorizos, quesos, yogurt, mermeladas, entre otros.

Previo a su elaboración, se estableció la cantidad de colorante natural de achiote a aplicar en los mismos según las normas establecidas en el *Reglamento técnico centroamericano* (RTCA), Codex Standard, enmienda de la FAO y OMS y normas COGUANOR.

Las cantidades de colorante utilizadas en cada alimento fueron: para el chorizo y longaniza 2,5 gramos de colorante natural por media libra de carne usada en cada caso, para el queso fresco y el yogurt se utilizó 5,68 mg de colorante natural por media libra de queso o bien por medio litro de yogurt. Las medidas de colorante utilizadas se fijaron con base en los límites máximos permitidos de aditivos colorantes para el consumo humano; los cuales son 11,34 mg/lb en el caso de productos lácteos tales como el yogurt y el queso fresco y la cantidad requerida para el caso de embutidos como el chorizo y la longaniza.

Todos los productos fueron elaborados con máxima higiene y cuidado en las instalaciones y en el equipo personal utilizado. No se utilizó ningún tipo de estabilizante o preservante natural para alargar su tiempo de almacenamiento, debido a que la producción del lugar es semiartesanal, por su vida útil más corta en comparación con cualquier producto comercial similar (alrededor de una a dos semanas máximo).

5.2. Análisis desarrollados sobre las muestras

Los análisis realizados sobre las muestras fueron microbiológicos, fisicoquímicos, sensoriales y colorimétricos, todos con el fin primordial de conocer la influencia del colorante natural de achiote aplicado sobre los productos alimenticios elaborados.

5.2.1. Análisis microbiológico

El análisis microbiológico se realizó en LAFYM (Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos) de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicado en la zona 1 capitalina.

Los análisis se realizaron sobre el colorante natural previo a su aplicación en los productos alimenticios; de esta forma, comprobar la ausencia de microorganismos en el mismo; posteriormente, se realizó, además, una batería de análisis microbiológicos sobre todos los productos finales elaborados para comprobar su calidad de los mismos luego de la aplicación del colorante natural de achiote.

Los resultados obtenidos se desglosan en las tablas de la XIII a la XVII y la XXV y XXVI, en donde se pueden observar los valores obtenidos del análisis microbiológico realizado a las muestras de colorante previo a su aplicación en los productos alimenticios y sobre los productos alimenticios elaborados con el colorante natural ya aplicado en ellos y el límite máximo permisible de las mediciones según el *Reglamento técnico centroamericano* (RTCA).

En la tabla XIII, se puede observar como los valores obtenidos de los análisis realizados al colorante natural de achiote previo a su aplicación son aceptables, debido a que los resultados obtenidos en comparación con los límites indicados en el *Reglamento técnico centroamericano*, mostraron la ausencia de cualquier tipo de microorganismo en las muestras de colorante (dando resultados menores al límite máximo permisible < 3 NMP/mL de muestra), lo que indica por lo tanto que el colorante natural de achiote es totalmente confiable para ser utilizado en los alimentos que desee aplicarse, así como apto para su consumo.

En las tablas XXV y XXVI se presenta el resumen de los resultados obtenidos en los análisis realizados a los productos alimenticios; en la primera de las tablas mencionadas, se encuentra el resumen de los resultados obtenidos para las muestras de chorizo y longanizas elaboradas; la comparación de los resultados obtenidos con los resultados indicados en el RTCA indica que al igual que las muestras de colorante natural previo a su aplicación, los chorizos y las longanizas elaboradas son aptas para el consumo humano, debido a que carecen de microorganismos patógenos presentes en ellos; los valores obtenidos menores fueron al límite máximo permisible de ellos (5×10^5 UFC/g de coliformes totales, por lo tanto, ausencia de *Escherichia coli*).

En la siguiente tabla mencionada (XXVI) se encuentra el resumen de los resultados obtenidos para los productos lácteos elaborados: queso fresco y yogurt. Estos resultados presentan una ligera variación respecto a los resultados anteriores debido a que fueron realizados aproximadamente semana y media después de la elaboración general de todos los productos; además, cabe mencionar que no se adicionó a los mismos ningún tipo de preservante para alargar su tiempo de vida; en las muestras 1, 2, 7 y 9 de queso fresco analizadas presentan presencia de *Escherichia coli* y valores de UFC/g de coliformes totales mayores al límite permisibles en el RTCA ($2,4 \times 10^6$, $9,0 \times 10^5$, $2,4 \times 10^5$ y

3,0 x 10⁵ respectivamente), lo cual indica que la medición debe ser <10² para ser apta para el consumo humano; dicho valor lo presentan las muestras 3, 4, 5, 6 y 8 de las muestras de queso fresco analizadas, son aptas para el consumo humano por carecer de microorganismos patógenos en los mismos.

En el caso de las muestras de yogurt, al igual que las muestras de queso fresco, presentan algunas en donde los valores obtenidos son mayores a los límites permitidos en el RTCA; el valor máximo fue <10²; las muestras 1, 3, 5, 6 y 8 presentan valores mayores al límite máximo, por lo tanto, presentan presencia de coliformes totales significativa y presencia de *Escherichia coli*, con valores de 3, 3, 6.1, 6.1 y 3, respectivamente, para las muestras contaminadas; mientras que las muestras 2, 4, 7 y 9 son muestras aptas para el consumo alimenticio humano. La razón de la variación de resultados obtenidos en las muestras de yogurt mencionadas, también es debido al tiempo en el que se tuvo en almacenamiento las muestras, y el no adicionar preservantes para alargar su tiempo de vida.

5.2.2. Análisis sensorial

El análisis sensorial realizado fue una prueba hedónica de 5 puntos donde se calificó el aroma, la textura, la coloración y el sabor de los productos mediante una escala de gusto o disgusto: 1, me disgusta mucho; 2, me disgusta moderadamente; 3, no me gusta ni me disgusta; 4, me gusta moderadamente y 5, me gusta mucho.

La prueba hedónica fue realizada en el comedor Toro Cansado, ubicado en la zona 12 de la ciudad capital; fueron 50 personas las que pudieron degustar de los productos elaborados y dar su opinión al respecto. Luego de la degustación se procedió a tabular la información obtenida, y a analizarla por medio de un

análisis de varianza de un factor denominado ANOVA que mostró, a partir del mismo, la validez o nulidad de la hipótesis planteada para el estudio.

Los resultados de la prueba hedónica se encuentran tabulados de la tabla la XXVII hasta la tabla XXXI y en las figuras desde la 28 hasta la 32; las figuras presentadas, son para que los datos tabulados sean entendidos de una mejor manera. La tabla XXVII y la figura 28 representan los resultados obtenidos en la prueba sensorial para las muestras de chorizo. En este caso, la cualidad con la mayor aceptación fue el aroma de las muestras de chorizo, con 47 de 50 personas que indicaron me gusta mucho. En el caso del color, también fue una cualidad muy aceptada de parte de las personas que degustaron las muestras de chorizo; con 41 de 50 personas indicaron que el color les gustaba mucho; mostrando, por lo tanto, que la coloración de los chorizos fue muy aceptada por parte de las personas de la degustación.

Para las muestras de longanizas, cuyos resultados están presentados en la tabla XXVIII y figura 29, el aroma sin duda alguna fue la característica con mayor valoración, al gustarles mucho a todas las personas que pudieron degustarlas. El color por su parte, tuvo una calificación variada; la coloración gustó moderadamente a 25 de las 50 personas, gusto mucho a 9 de las 50 personas; les pareció indiferente a 9 y les disgustó moderadamente a 7 personas; muestra, por lo tanto, a pesar de la variación de respuestas, que la coloración de las muestras de longaniza gustó a la mayoría de las personas que realizaron la degustación.

En el caso de las muestras de queso fresco, los resultados se encuentran representados en la tabla XXIX y figura 30, en donde puede observarse, que el producto tuvo buena aceptación por parte de las personas que pudieron degustar el mismo, principalmente en su sabor, en donde se obtuvo la mayor cantidad de

me gusta mucho. Sin embargo, el parámetro importante en este estudio, es la coloración y en este aspecto; hubo una variación notable de los resultados desde me disgusta mucho hasta me gusta mucho; en su mayoría fue me gusta moderadamente (30 de 50 personas). En la figura 31, se pueden observar los resultados mencionados de forma gráfica, pudiéndose notar con mayor facilidad las observaciones ya indicadas.

En la tabla XXX y la figura 31 se muestran los resultados de las pruebas sensoriales sobre las muestras de yogurt, en donde los resultados indican que la cualidad de las muestras de yogurt con mayor aceptación de la misma manera que en el queso fresco fue el sabor; en el caso del color, la mayoría de las personas evaluadas indicaron indiferencia al respecto, lo cual puede que sea lógico debido a que las muestras de yogurt fueron las que menos coloración obtuvieron al momento de la aplicación del colorante natural.

Finalmente, en la figura 32, se encuentra la representación gráfica del resumen de los resultados obtenidos sobre la aceptación de la coloración natural del producto alimenticio elaborado; mostró que en el aspecto de coloración natural, el producto alimenticio que tuvo mayor aceptación fue el chorizo, seguido por la longaniza y el queso; mientras que el yogurt no tuvo tanta aceptación debido a que su coloración fue muy tenue en comparación con la de los otros alimentos en cuestión.

5.2.3. Análisis colorimétrico

Al ser el presente un estudio que se centra en la aplicación del colorante natural de achiote en productos alimenticios, fue necesario realizar un análisis colorimétrico para conocer su capacidad colorífica del mismo sobre los productos

alimentos elaborados, por lo tanto, se realizaron una serie de análisis con la ayuda de un espectrofotómetro de reflectancia.

Los análisis colorimétricos fueron realizados en la empresa Siegwirk S.A. una empresa encargada de la fabricación y formulación de diferentes tintes utilizados en una variedad de empaques comerciales en el interior y en el exterior del país.

El análisis colorimétrico se dividió en dos partes: la primera fue un arrastre, en donde se utilizó un rodillo sobre un material especial para colocar una muestra del color, el material especial utilizado para este caso fue polipropileno blanco. La segunda parte, fue realizar el análisis por medio de un espectrofotómetro de reflectancia, en donde se midieron valores como luminosidad, a^* , b^* (mismos son factores de color), así como la intensidad colorífica de las muestras en sí.

Los resultados de los análisis colorimétricos se presentan en la sección de resultados en las tablas de la XXXI a la XXXIV. En las tablas XXXI y XXXII se presentan los resultados del colorante natural de achiote previo a su aplicación, en donde se observa un parámetro E, el cual es un factor que indica el nivel de diferencia de color, que es la diferencia que hay entre un estándar de color, blanco o patrón de referencia con respecto a las demás muestras; para el colorante natural previo a su aplicación, no se contaba con ningún estándar por lo que el valor de E no es aplicable en este caso; los valores representativos para conocer la capacidad colorífica del colorante se midió a partir de una variable denominada intensidad de color (relativa y absoluta); el mayor valor obtenido fue de 38 % (muestra 3) de colorante, mientras que el menor porcentaje obtenido fue de 12 % (muestra 1). Las variaciones observadas no son constantes ni tienen una tendencia de aumento o disminución evidente; los porcentajes más altos obtenidos no tienen relación entre sí pues, son de diferentes tiempos, diferentes

pH y diferentes repeticiones; por lo que se puede asegurar que la intensidad colorífica del colorante no depende del pH ni del tiempo de maceración sino que es independiente de dichas variables; por lo que puede que en su proceso de elaboración, haya habido algún factor externo que afectara el mismo, ya sea la preparación de los reactivos utilizados para su elaboración, por ejemplo.

En la tabla XXXII, se resumen los resultados obtenidos para las muestras de chorizo, en este caso, sí se cuenta con un estándar de comparación (testigo), el cual es una muestra del producto alimenticio sin colorante natural; por lo tanto, se cuenta con valores de E para cada muestra de alimento; E cuenta con una escala en la cual indica que tan cerca o lejos del patrón o estándar está la muestra analizada; los rangos de la escala son: si el valor de E <1 es imperceptible, la diferencia entre la muestra y el estándar; <2 mínima la diferencia entre el estándar y la muestra; <3 la diferencia entre el estándar es aceptable; <5 casi inaceptable y ≥ 5 es inaceptable; para fines de este estudio, se quiere que el poder de coloración sea significativo, por lo que mientras más alejado del estándar de coloración esté (del testigo) significará que el color será más notorio en el alimento analizado, sin llegar a lo inaceptable de la muestra.

Los valores de E que presentan las muestras de chorizo elaboradas, son aceptables y casi inaceptables según el rango de valores del parámetro E, lo cual indica que las muestras presentan una coloración notoria, lo cual es debido a que la cantidad aplicada de colorante natural fue relativamente alta (2,5 g por libra de carne en el caso de los embutidos) lo que hace que la tonalidad en ellos sea muy notable en comparación con los otros alimentos elaborados.

Los resultados de las muestras de longaniza se encuentran tabulados en la tabla XXXIII; los valores obtenidos de E al igual que en las muestras de chorizo, son aceptables y casi inaceptables, incluso hay uno completamente inaceptable;

es decir, el colorante se percibe de forma significativa en estas muestras de alimentos, por la cantidad de colorante natural utilizada en su elaboración (la misma cantidad que los chorizos) y las variaciones existentes en los resultados de su coloración respecto a los chorizos puede ser por el tipo de carne utilizada, por mal mezclado al momento de adicionar el colorante natural a las muestras, entre otras razones.

En la tabla XXXIV se presentan los resultados de intensidad de coloración sobre las muestras de queso fresco. En el caso del queso fresco, se obtuvieron valores mínimos e imperceptibles, por lo que los valores más significativos en su variación de color respecto al estándar serán los que estén en el rango mínimo, las muestras 2, 3, 5, 6, 9, 17, 20, 22, 24, y 25, las muestras que muestran mayor poder colorífico del colorante natural sobre el alimento elaborado. En el caso de los valores de intensidad del color, son indefinidas en todas las muestras (al igual que en las muestras de los otros alimentos elaborados) debido a que las mediciones para estas muestras no mostraron ninguna reflexión de color, por lo tanto, no se obtuvieron datos de esto.

En el caso de las muestras de yogurt, no se pudo hacer un análisis colorimétrico como en los casos anteriores, debido a que la consistencia de las muestras de yogurt no permitió que las muestras secaran completamente en el material, por lo tanto, no pudieron colocarse las muestras en el espectrofotómetro de reflectancia. Se realizó una prueba en un material diferente al polipropileno; sin embargo, al momento de realizar la medición en el espectrofotómetro, la medición dio como resultado indefinido, al no poderse medir ningún color en la placa donde se realizó el arrastre; por lo tanto, no pudo conocerse la intensidad de color obtenida en las muestras de yogurt por métodos técnicos; sin embargo, a simple vista podía observarse que las muestras de yogurt elaboradas, tenían una coloración muy tenue probablemente porque la cantidad de colorante natural

adicionado en las mismas fue muy baja, debido a que dicha cantidad es la indicada en el *Reglamento técnico centroamericano*.

5.2.4. Análisis fisicoquímicos

La tabla XXXV presenta el resumen de los resultados de los análisis fisicoquímicos realizados sobre los alimentos elaborados. Estos análisis fueron realizados una parte en el laboratorio de la empresa Siegwerk, S.A., ubicada en San Cristóbal, Mixco; y otros en LAFIQ (Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala) ubicado en el interior del edificio T-5 de la ciudad universitaria.

En la tabla indicada con anterioridad, se muestran los valores de pH de los embutidos y queso fresco y pH y viscosidad para el caso del yogurt. Los valores de acidez (pH) se midieron utilizando un potenciómetro digital Hanna debidamente calibrado. En el caso del queso fresco, la acidez de las muestras parte de un valor de 5.25 (testigo, o muestra sin colorante) que es el valor mínimo hasta 5.70 (muestra 20) con un promedio de acidez de 5,46; según la literatura, los valores estándar de acidez del queso fresco deben ser en un rango de 5,3 a 5,8 según los aditivos y demás ingredientes agregados al mismo; lo cual hace que las muestras tengan una acidez apta para el consumo humano y certifican la calidad del producto.

En el caso de los embutidos, los valores de acidez en los mismos van de 5,07 como valor mínimo (testigo, muestra sin colorante) hasta 5,7 de valor máximo (para las muestras 3, 14, 15 y 25), con un valor promedio de 5,6; en el caso de las longanizas, el valor mínimo obtenido en las muestras de pH es de 6,10 (testigo, muestra sin colorante) mientras que el valor máximo es de 6,70 (muestras 1 y 16) con un promedio de 6,50. Los valores de pH obtenidos en las

mediciones, son valores dentro del rango aceptado para la acidez de dichos productos; en el caso de los chorizos el rango aceptado comercialmente para la acidez de los mismos es de 5 a 5,8; mientras que en el caso de las longanizas va de 6,10 a 6,75; por lo tanto, todas las muestras de embutidos son aptas para el consumo porque los valores de acidez están dentro el rango permisible para el consumo humano.

En el caso del yogurt, los valores de pH del mismo van desde 4,00 (testigo, muestra sin colorante) hasta 4,80 (muestra 11) con un promedio de 4,28; en el caso de la viscosidad del yogurt, se midió con un viscosímetro de Saybolt, en donde se utilizaron 650 ml de yogurt para su análisis; los resultados de viscosidad en Pa*s parten de 0,98 (muestra 1, 3, 4 y 9) hasta 1,08 (muestra 10). Los rangos establecidos como comercialmente aceptables para el pH y viscosidad son de 4 a 4,8 para el primero mientras que de 0,90 a 1,80 Pa*s para el segundo; por lo tanto, los valores obtenidos son pertenecientes a los rangos establecidos; el yogurt elaborado es un yogurt aceptable en su acidez y viscosidad.

Como pudo observarse, los valores más bajos de todas las muestras analizadas fueron las muestras que no llevan ninguna cantidad de colorante en los mismos; por lo tanto, las cantidades de colorante agregadas en los alimentos elaborados aumentaron en cierta cantidad el pH de los alimentos; sin embargo, como la cantidad de colorante fue fijada previo a su elaboración, el aumento de acidez de estos no es proporcional ni depende de la cantidad de colorante natural aplicado en las muestras. La variación de pH que existe en las mismas puede tener diferentes causas como: diferencias en la temperatura durante las mediciones con el potenciómetro, errores manuales o de calibración al momento de realizar las mediciones, mal mezclado previo al momento de la elaboración de los productos, por lo tanto, variaciones tanto en la coloración como en el pH.

En el caso de la viscosidad del yogurt, la viscosidad es una medida de la resistencia de un fluido a fluir, y como tal es una propiedad fundamental para un yogurt líquido como en el caso del que fue elaborado para el presente informe. Las mediciones de viscosidad tuvieron variaciones mínimas, debido a que la consistencia del producto fue muy fluida. Las variaciones de viscosidad observadas en los resultados pueden tener diferentes causas (así como fue el caso del pH), algunas de estas causas pueden ser: errores al momento de las mediciones del tiempo de flujo del yogurt a través del viscosímetro, errores al momento de las diferentes conversiones elaboradas para llegar a las unidades del sistema internacional (Pa*s), las cantidades de yogurt utilizadas en las mediciones no fueron exactamente iguales, entre otras.

El aumento o disminución de las propiedades de acidez (en el caso de los embutidos y queso) y acidez y viscosidad (en el caso del yogurt); por lo tanto, es independiente de las variables variadas al momento de la elaboración del colorante natural de achiote (tiempo de maceración y pH), pues no se encuentra ninguna relación o tendencia significativa entre los valores obtenidos que relacione dichas variables.

5.2.5. Análisis de varianza (ANOVA)

El método de ANOVA, de análisis estadístico, es un método utilizado para comparar las variaciones que existen entre las variables a analizar en un estudio; además, permite aceptar o rechazar una hipótesis determinada planteada al inicio de un estudio.

Para fines del presente estudio, la hipótesis determinada, relacionada con la prueba sensorial indica que: los productos finales con mayor porcentaje de colorante natural de achiote en su composición no tienen mayor grado de

aceptabilidad que los productos con menor porcentaje y no tienen poder colorimétrico alto en comparación con los productos con menor porcentaje de colorante natural; además, de no cumplir con los parámetros de control de calidad y control microbiológico respectivos (hipótesis nula); y los productos finales con mayor porcentaje de colorante natural de achiote en su composición tienen mayor grado de aceptabilidad que los productos con menor porcentaje y tienen un poder colorimétrico alto en comparación con los productos con menor porcentaje de colorante natural, además de cumplir con los parámetros de control de calidad y control microbiológico respectivos (hipótesis alternativa).

El método de ANOVA indica si rechaza o acepta la hipótesis nula, de acuerdo al coeficiente de significación resultante que debe ser menor a 0,05 para indicar que no existe variación significativa entre las variables analizadas; dicha variación es representada en el análisis como la variable F.

En este caso, en las tablas XXXVI y XXXVII, se encuentran los resúmenes de resultados del análisis de varianza efectuado sobre los resultados obtenidos en la prueba sensorial y sobre el análisis colorimétrico realizado, respectivamente. En la primera de dichas tablas, se puede observar que el valor de F es 0,02, mientras que en la segunda tabla (XXXVII) el valor de F es de 0,013; por lo tanto, al ser ambos valores menores que 0,05 es decir, no hay diferencia significativa entre las variables y que se acepta la hipótesis alternativa; por lo tanto, se acepta que los productos finales con mayor porcentaje de colorante natural de achiote en su composición tienen mayor grado de aceptabilidad que los productos con menor porcentaje y tienen poder colorimétrico alto en comparación con los productos con menor porcentaje de colorante natural, así como se garantiza el buen cumplimiento de los productos alimenticios elaborados con base en los requerimientos establecidos en los reglamentos y normas indicadas que garantizan su calidad.

CONCLUSIONES

1. Los valores de < 3 NMP/mL obtenidos en el análisis microbiológico realizado al colorante natural de achiote (*Bixa orellana* L.) muestran que es apto para su aplicación y consumo en cualquier tipo de alimento y/u otro tipo de aplicación doméstica o industrial según el *Reglamento técnico centroamericano* (RTCA) que indica la ausencia de coliformes totales y *Escherichia coli* en las muestras presentadas.
2. Los embutidos elaborados (chorizos y longanizas) pueden ser consumidos sin ningún problema, debido a que no poseen microorganismos patógenos presentes en ellos según el RTCA que indica que los valores obtenidos deben ser menores a 5 NMP/g para ser consumidos y al ser los valores obtenidos en el análisis microbiológico realizado en los embutidos < 5 NMP/g, presentan ausencia de coliformes totales y *Escherichia coli*.
3. El 75 % de las muestras de queso fresco y yogurt son aptas para el consumo humano debido a que los resultados obtenidos en las pruebas microbiológicas (<10 NMP/g para el queso y <3 NMP/mL para el yogurt) indican que en ambos alimentos se encuentran libres de la presencia de colonias de coliformes y *Escherichia coli* según los parámetros establecidos en el RTCA (<10 NMP/g quesos y <3 NMP/mL yogures)
4. Según el código de alimentos Codex Standard 221-2001 para queso madurado y queso fresco, y al código de alimentos Codex Standard 243-2003 para leches fermentadas, la cantidad de colorante utilizada en las muestras elaboradas de queso fresco y yogurt líquido confirma su calidad

debido a que se encuentra dentro del rango permisible para el consumo humano.

5. La cantidad de colorante natural utilizada en los chorizos y longanizas confirma la calidad de los mismos en base a la norma COGUANOR NGO 34125 para productos cárnicos que indica que puede adicionarse la cantidad necesaria en los alimentos hasta obtener su coloración deseada.
6. Los resultados obtenidos en la prueba hedónica muestran que las características más aceptables fueron el sabor y el aroma de los alimentos elaborados; la coloración de los productos en su mayoría fue indiferente para los comensales, con excepción de la coloración de las muestras de queso fresco y longaniza donde los resultados indicaron que a los comensales les disgustó moderadamente su coloración.
7. Los niveles de coloración adquiridos por los alimentos elaborados según el parámetro E de color dieron resultados de acuerdo al rango establecido: mínimos, imperceptibles, aceptables y casi inaceptables.
8. La acidez presentada en los cuatro productos realizados y la viscosidad en el caso del yogurt, se encuentra dentro del rango de acidez y viscosidad permisibles fue en un rango de pH de 5,3 a 5,8 para el queso fresco, de según Codex Standard 221-2001 para queso madurado y queso fresco; un rango de pH de 4 a 4,8 para el yogurt y una viscosidad de 0,95 a 1,5 Pa*s según el código de alimentos Codex Standard 243-2003 para leches fermentadas y un rango de pH de 5 a 5,8 para los chorizos y de 6,10 a 6,75 para las longanizas según la norma COGUANOR NGO 34125 para productos cárnicos.

RECOMENDACIONES

1. Previo a la aplicación de cualquier tipo de colorante natural en alimentos o cualquier tipo de material que se requiera, conocer las normas establecidas para el efecto y sus límites de uso permisibles.
2. En el caso de los alimentos elaborados, realizar los análisis microbiológicos que se requieran lo antes posible para que en estos no exista ningún microorganismo patógeno al momento de su análisis.
3. Realizar previamente soluciones de etanol, filtrar y luego analizar el color impregnado en la solución etanólica, debido a que la mayoría de los instrumentos de medición de reflectancia solo aceptan muestras en estado líquido sobre materiales específicos.
4. Mantener siempre la inocuidad, higiene y limpieza durante cualquier proceso que se desarrolle para, de esta forma no contaminar ni el área de trabajo ni los productos alimenticios a elaborar.
5. Realizar revisiones previas sobre los instrumentos y utensilios que se utilizarán en el proceso de realización de los alimentos para no contar con ningún imprevisto al momento de su realización que pueda afectar el tiempo para elaborarlos y al propio alimento.

BIBLIOGRAFÍA

1. AC SANTA CRUZ, Claudia. *Extracción a nivel laboratorio de aceite esencial crudo de pericón (Tagetes lucida Cav) y utilización del desecho sólido para la extracción del colorante natural, para su uso en el teñido de fibras naturales*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 131 p.
2. ALQUICIRA, Edith. *Manual de prácticas de laboratorio tecnología de Carnes*. Universidad Autónoma Metropolitana, Iztapalapa, México, 2013. 110 p.
3. ARRECHEA, Marlene. *Evaluación de tres absorbentes para la reducción del porcentaje de sólidos totales en la recuperación de la mezcla de acetato de Etilo/alcohol etílico, en el proceso de limpieza de equipo, en la Industria Gráfica*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2010. 166 p.
4. CODEX ALIMENTARIUS. *Leche y productos lácteos*. 2da. ed. Roma, Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura y Organización Mundial de la Salud. Italia: 2011, 265 p.

5. DEL CID, Henry. *Extracción a nivel laboratorio, de los pigmentos colorantes del tipo flavonoides contenidos en la flor del Subín (Acacia farnesiana L. Wild) proveniente de un bosque silvestre guatemalteco*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2004. 92 p.
6. DIGI. *Proyecto No. 6-52, estudio tecnológico sobre la reactivación de la producción y uso del tinte natural obtenido del añil (Indigofera guatemalensis Moc), utilizando por cooperativas de mujeres, dedicadas a la elaboración de artesanías, en el área del occidente de Guatemala*. Guatemala: Digi, 2010. 46 p.
7. Enciclopedia del queso. [En línea]. <<http://www.poncelet.es/enciclopedia-del-queso/nutricion.html>> [Consulta: 22 de abril de 2017].
8. FUENTES, Walter. *Extracción, cuantificación y estabilidad de colorantes naturales presentes en los frutos de Orunus capuli Cav. (cereza), Rubus urticaefolius Poir (mora) y Sambucus canadensis L. (saúco) como alternativas naturales e consume de los colorantes artificiales rojo No. 40, rojo No. 3 y rojo No. 2 en bebidas en el rango de pH: 3, 4, y 5*. Trabajo de graduación de Qco. Farmacéutico. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, 2005. 83 p.
9. GUIROLA, Cristina. *Tintes naturales: su uso en Mesoamérica desde la época prehispánica*. Guatemala: Asociación FLAAR MESOAMERIA, 2010. 16 p.

10. ISLAS, Briselda. *Caracterización fisicoquímica de diversos tipos de quesos elaborados en el valle de Tulancingo Hidalgo con el fin de proponer normas de calidad*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, Instituto de Ciencias Agropecuarias, México, 2006. 98 p.
11. LOCK, Olga. *Colorantes naturales; carotenoides; colorantes naturales para alimentos*. Perú: Pontificia Universidad Católica Del Perú, 1997. 274 p.
12. MÉRIDA, Mario. *Extracción y caracterización fisicoquímica del tinte natural obtenido del exocarpo del coco (Cocos nucifera), como aprovechamiento del desecho de fuentes comerciales*. Guatemala: Editorial Universitaria, 2008. 141 p.
13. *Microbiología de los alimentos, tema 12, métodos microbiológicos de análisis*. [En línea]. <<http://www.unavarra.es/genmic/curso%20microbiologia%20general/12-metodos%20de%20recuento.html>> [Consulta: 15 de abril de 2015].
14. NAVAS, Juan. *Análisis sensorial: pruebas orientadas al consumidor*. Colombia: Universidad del Valle, 2012. 102 p.
15. NAVAS, Juan. *Espectro colorimetría en caracterización de leche y quesos*. Colombia: Universidad del Valle, 2010. 7 p.
16. Ministerio de Economía. *Norma COGUANOR para productos cárnicos*. Guatemala: Ministerio de Economía, 1999. 3 p.

17. PAYES, Edy. *Obtención y caracterización fisicoquímica del extracto colorante de achiote (Bixa orellana L.) a nivel laboratorio*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2017. 133 p.
18. QUIROA, Geraldina. *Formulación y caracterización del barniz fluorado para uso dental a base de colofonia de la resina de pino ocote (Pinus oocarpa Schiede ex Schtdl), variando concentraciones de fluoruro de sodio y etanol, a nivel laboratorio*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 194 p.
19. Ministerio de Salud y Asistencia Social. *Reglamento técnico centroamericano 67.04.54:10 para alimentos y bebidas procesadas. aditivos alimentarios*. Guatemala: Ministerio de Salud y Asistencia Social, 2012. 410 p.
20. REYES, Zoila. *Extracción y evaluación del colorante natural de achiote (Bixa orellana L.) como sustituto del colorante E-102 amarillo No. 5 (Tartracina) en la elaboración de un yogurt*. Trabajo de graduación de Ing. Química. Universidad San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2015. 114 p.
21. SCHOENSTEDT, Lucrecia. *Propuesta de la norma higiénica en la elaboración artesanal de embutidos crudos*. Guatemala: Editorial Universitaria, 1999. 71 p.

22. ZIELINSKI, Ana; TOLEDO, Antonio. *Elaboración artesanal de yogur*. Argentina: Gerencia de Asistencia Tecnológica para la Demanda Social / Centro INTI-Lácteos, 2013. 20 p.

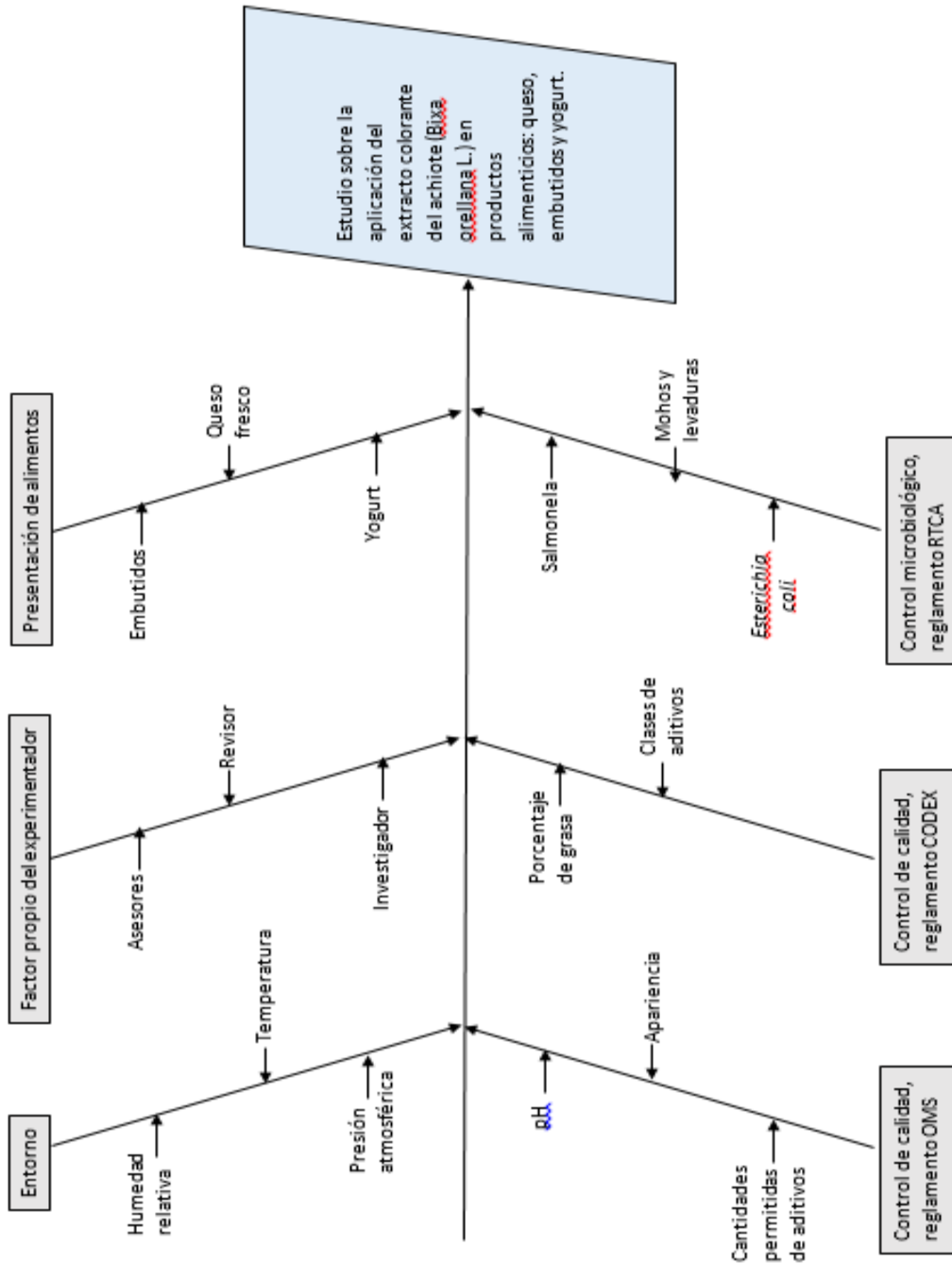
APÉNDICE

Apéndice 1. **Tabla de requisitos académicos para la carrera de Licenciatura en Ingeniería Química**

Área	Curso	Tema
Química	Química 4	Soluciones
	Análisis cuantitativo	Errores de medición
	Microbiología	Control microbiológico
	Bioquímica	Lípidos
Operaciones Unitarias	Transferencia de calor IQ3	Transferencia de calor
	Transferencia de masa IQ4	Destilación
	Operaciones unitarias complementarias IQ6	Manejo de sólidos
	Laboratorio de ingeniería química 2	Uso de caldera
Fisicoquímica	Termodinámica 3	Leyes de la termodinámica
	Termodinámica 4	Leyes de la termodinámica
Especialización	Tecnología de los alimentos	Inocuidad y forma de envasado
	Extracciones industriales	Extracción de aceite esencial
Área de ciencias básicas y complementarias	Técnicas de estudio e investigación	Método de Investigación
	Ingeniería económica	Presupuesto
	Estadística1	Análisis de datos

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Diagrama de Ishikawa



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 3. **Semilla de achiote preparada, filtrada para la obtención del colorante natural de achiote**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. **Secado del colorante natural de achiote**



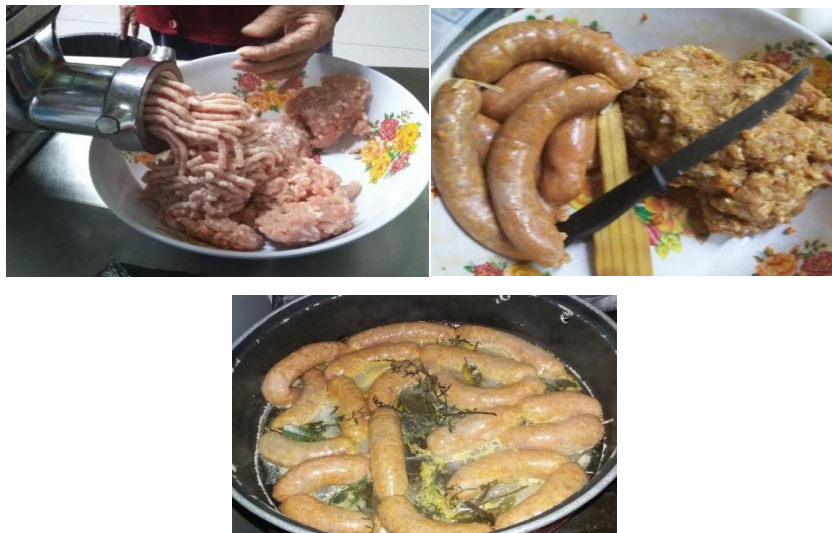
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 5. Molienda del extracto colorante natural de achiote



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 6. Pruebas preliminares de elaboración de embutidos con extracto colorante natural de achiote



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 7. Tarado de muestras de extracto colorante natural de achiote para su aplicación en los productos alimenticios



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 8. Aplicación de colorante natural en productos alimenticios



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 9. Instrumentos utilizados para análisis fisicoquímico, viscosímetro de Saybolt y potenciómetro portátil HANNA (de izquierda a derecha respectivamente)



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 10. Espectrofotómetros de reflectancia modelos Gretag y Macbeth Color Quality Basic (respectivamente de izquierda a derecha)



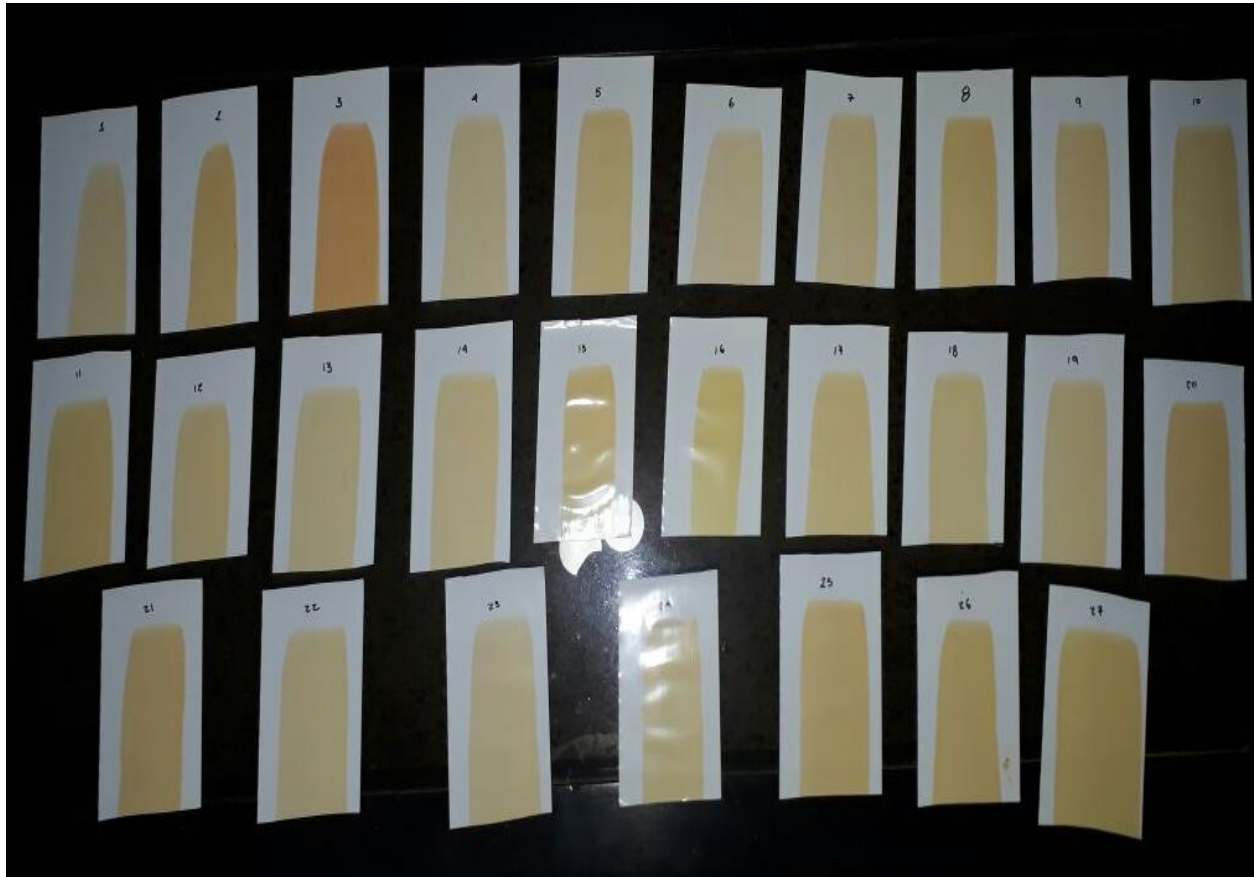
Fuente: elaboración propia.

Apéndice 11. Análisis colorimétrico realizado



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 12. **Muestras de color del análisis colorimétrico**



Fuente: elaboración propia.

Apéndice 13. **Muestra de hoja de calificación de prueba hedónica realizada sobre los productos alimenticios elaborados**

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
 FACULTAD DE INGENIERIA
 ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

PRUEBA SENSORIAL

Instrucciones generales: Frente a usted se presentan 3 muestras de yogurt, 3 muestras de queso fresco, 3 muestras de chorizo y 3 muestras de longaniza; por favor, observe y pruebe cada una de ellas, e indique su opinión según la escala a continuación:

Puntaje	Categoría
1	Me disgusta mucho
2	Me disgusta moderadamente
3	No me gusta ni me disgusta
4	Me gusta moderadamente
5	Me gusta mucho

YOGURT				
No. muestra	Sabor	Color	Aroma	Textura

QUESO FRESCO				
No. muestra	Sabor	Color	Aroma	Textura

CHORIZO				
No. muestra	Sabor	Color	Aroma	Textura

LONGANIZA				
No. muestra	Sabor	Color	Aroma	Textura

Fuente: elaboración propia.

ANEXOS

Anexo 1. Clasificación de colorantes naturales según su naturaleza química

Tabla 1.2. Clasificación de los colorantes naturales según su naturaleza química

Naturaleza química	Algunos ejemplos	Color predominante	λ_{max}^* , nm
• tetrapirroles (lineales y cíclicos)	ficobilinas	azul-verde	610-650 (ficocianinas)
		amarillo-rojo	540-570 (ficoeritrinas)
	clorofila	verde	640-660
• carotenoides (tetraterpenoides)	carotenoides	amarillo- anaranjado	400-500
• flavonoides	flavonas	blanco-crema	310-350
	flavonoles	amarillo-blanco	330-360
	chalconas	amarillo	340-390
	auronas	amarillo	380-430
	antocianinas	rojo-azul	480-550
• xantonas	xantonas	amarillo	340-400
• quinonas	naftoquinonas	rojo-azul-verde	
	antraquinonas	rojo-púrpura	420-460
• derivados indigoides e indoles	indigo	azul-rósado	
	betalainas	amarillo-rojo	470-485 (betaxantinas) 530-554 (betacianinas)
• pirimidinas sustituidas	pterinas	blanco-amarillo	
	flavinas	amarillo	
	fenoxazinas	amarillo-rojo	
	fenazinas	amarillo-púrpura	

* Son valores aproximados, los valores varían de acuerdo al modelo de sustitución y a los solventes utilizados; sólo se señala el rango de absorción a mayor longitud de onda.

Fuente: Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal. *Manual técnico del cultivo del achiote (Bixa orellana L.)*. p. 4.

Anexo 2. Resultados microbiológicos sobre el colorante natural de achiote



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
 Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos LAFYM

Informe de Resultados de Análisis Microbiológico

No. de ingreso: 512-520 No. De muestra: 9 (guere)
 Institución: PROYECTO FODECYT 010-2015
 Evaluación del Rendimiento y calidad del Extracto Colorante Natural Obtenido del Achiote (*Bixa Orellana* L.), cultivado en Guatemala para su aplicación en la industria alimentaria. Reporte resultados: 02/03/17

No. Ingreso	Muestra	Lote	Recuento de Coliformes Fecales	<i>Escherichia coli</i>
512	Colorante natural Extracto de colorante de Achiote: Bixa Orellana L.	Muestra 1 tiempo de maceración 30 minutos pH 2	< 3 NNMP/mL	Ausente
513	Colorante natural Extracto de colorante de Achiote: Bixa Orellana L.	Muestra 2 tiempo de maceración 30 minutos pH 3	< 3 NNMP/mL	Ausente
514	Colorante natural Extracto de colorante de Achiote: Bixa Orellana L.	Muestra 3 tiempo de maceración 30 minutos pH 4	< 3 NNMP/mL	Ausente
515	Colorante natural Extracto de colorante de Achiote: Bixa Orellana L.	Muestra 4 tiempo de maceración 60 minutos pH 2	< 3 NNMP/mL	Ausente
516	Colorante natural Extracto de colorante de Achiote: Bixa Orellana L.	Muestra 5 tiempo de maceración 60 minutos pH 3	< 3 NNMP/mL	Ausente
517	Colorante natural Extracto de colorante de Achiote: Bixa Orellana L.	Muestra 6 tiempo de maceración 60 minutos pH 4	< 3 NNMP/mL	Ausente

3^{er} Calle 6-47 zona 1
 Teléfonic: 23131319
 lbfym@uscg.edu.gt



Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
 Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos LAFYM

Informe de Resultados de Análisis Microbiológico

No. de ingreso: 519 No. De muestra: 8 (guere)
 Institución: PROYECTO FODECYT 010-2015
 Evaluación del Rendimiento y calidad del Extracto Colorante Natural Obtenido del Achiote (*Bixa Orellana* L.), cultivado en Guatemala para su aplicación en la industria alimentaria. Reporte resultados: 02/03/17

No. Ingreso	Muestra	Lote	Recuento de Coliformes Fecales	<i>Escherichia coli</i>
518	Colorante natural Extracto de colorante de Achiote: Bixa Orellana L.	Muestra 7 tiempo de maceración 90 minutos pH 2	< 3 NNMP/mL	Ausente
519	Colorante natural Extracto de colorante de Achiote: Bixa Orellana L.	Muestra 8 tiempo de maceración 90 minutos pH 3	< 3 NNMP/mL	Ausente
520	Colorante natural Extracto de colorante de Achiote: Bixa Orellana L.	Muestra 9 tiempo de maceración 90 minutos pH 4	< 3 NNMP/mL	Ausente

Límites RTCA: Coliformes fecales < 3 NNMP/mL o g
Escherichia coli: Ausente

CONCLUSION:

De las muestras recibidas y analizadas en el laboratorio no se aislaron Coliformes fecales ni *Escherichia coli*, por lo que se consideraran SATISFACTORIAS.

Límites microbiológicos: RTCA:Reglamento técnico centroamericano

*Prohibida la parcial o total reproducción por el cliente u otra persona, sin la debida autorización escrita por parte del Laboratorio LAFYM
 Este informe es propiedad única y exclusivamente a la muestra descrita, así y como fue recibida en el laboratorio. Los Numeros de muestra son:

UF/C/g Unidades Formadoras de Colonia por gramo



Lidia Vera Parada
 QUÍMICA BIOLÓGICA
 COL. 2323

Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala, laboratorio LAFYM. Fecha: 31 de marzo de 2017.

Anexo 3. Resultados microbiológicos sobre las muestras de queso fresco

Universidad de San Carlos de Guatemala



Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos LAFYM

1

Informe de Resultados de Análisis Microbiológico

No. de ingreso: 733-741

No. De muestra: 9 (cuero)

Institución:

Proyecto FODECYT 010-2015: Unidad del Ejercicio Colaborativo Normal Obtención de Achiote (*Bixa Oryziana* L.), cultivado en Guatemala para su aplicación en la industria alimenticia. Reporte resultados: 31/03/17

Ingreso: 28/03/17

Inicio de análisis: 28/03/17

No. Ingreso	Muestra	Lote	Recuento de Coliformes Fecales	<i>Escherichia coli</i>
733	QUESO FRESCO	Muestra 1 tiempo de maceración 30 minutos pH 2	2.4×10^6 UFC/g	Ausencia
734	QUESO FRESCO	Muestra 2 tiempo de maceración 30 minutos pH 3	9.0×10^6 UFC/g	Presencia
735	QUESO FRESCO	Muestra 3 tiempo de maceración 30 minutos pH 4	< 10 UFC/g	Ausencia
736	QUESO FRESCO	Muestra 4 tiempo de maceración 60 minutos pH 2	< 10 UFC/g	Ausencia
737	QUESO FRESCO	Muestra 5 tiempo de maceración 60 minutos pH 3	< 10 UFC/g	Ausencia
738	QUESO FRESCO	Muestra 6 tiempo de maceración 60 minutos pH 4	< 10 UFC/g	Ausencia

3^{er} Calle 4-17 zona 1
Cajalma, Guatemala
lafym@unscar.edu.gt

Universidad de San Carlos de Guatemala



Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos LAFYM

2

Informe de Resultados de Análisis Microbiológico

No. de ingreso: 740-741

No. De muestra: 9 (cuero)

Institución:

Proyecto FODECYT 010-2015: Unidad del Ejercicio Colaborativo Normal Obtención de Achiote (*Bixa Oryziana* L.), cultivado en Guatemala para su aplicación en la industria alimenticia. Reporte resultados: 31/03/17

Ingreso: 28/03/17

Inicio de análisis: 28/03/17

No. Ingreso	Muestra	Lote	Recuento de Coliformes Fecales	<i>Escherichia coli</i>
739	QUESO FRESCO	Muestra 7 tiempo de maceración 90 minutos pH 2	2.4×10^6 UFC/g	Presencia
740	QUESO FRESCO	Muestra 8 tiempo de maceración 90 minutos pH 3	< 10 UFC/g	Ausencia
741	QUESO FRESCO	Muestra 9 tiempo de maceración 90 minutos pH 4	3.0×10^6 UFC/g	Presencia

Límites RTCA: Coliformes fecales $< 10^6$ UFC/g
Escherichia coli < 10 UFC/g

CONCLUSION:

De las muestras recibidas y analizadas en el laboratorio no se aislaron Coliformes fecales ni *Escherichia coli*, a excepción de las muestras 733, 734, 739 y 741 las cuales se consideran NO APTAS PARA CONSUMO.

*Prohibida la parcial o total reproducción por el cliente u otra persona, sin la debida autorización escrita por parte del Laboratorio LAFYM. Toda reproducción, total o parcialmente a la muestra descrita, sin y como fue recibida en el laboratorio. Numeración utilizada:

UFC/g Unidades Formadoras de Colonia por gramo
RTCA Reglamento Técnico Centroamericano

LABORATORIO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS LAFYM




Lidia María Rodríguez
M.Sc. en Microbiología
Asistente de Laboratorio

Lidia María Rodríguez
QUÍMICA BIOLÓGICA
C.O.L. 2333

Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala, laboratorio LAFYM. Fecha: 31 de marzo de 2017.

Anexo 4. Resultados microbiológicos sobre las muestras de yogurt



 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
 Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos LAFYM

Informe de Resultados de Análisis Microbiológico


No. de ingreso: 742-750 No. De muestra: 9 (nueve)

Instrucción: Proyecto FODECYT 010-2015: Evaluación del Rendimiento y calidad del Extracto Colorante Natural Obtenido del Alga *Gracilaria L.*, cultivado en laboratorio para su aplicación en la industria alimentaria. Ingreso: 28/03/17 Inicio de análisis: 28/03/17 Reporte resultados: 31/03/17

No. Ingreso	Muestra	Lote	Recuento de Coliformes Fecales	<i>Escherichia coli</i>
742	YOGURT	Muestra 1	3.0 NMP/mL	Presencia
743	YOGURT	Muestra	< 3.0 NMP/mL	Ausencia
744	YOGURT	Muestra 3	3.0 NMP/mL	Presencia
745	YOGURT	Muestra 4	< 3.0 NMP/mL	Ausencia
746	YOGURT	Muestra 5	6.1 NMP/mL	Presencia
747	YOGURT	Muestra 6	6.3 NMP/mL	Presencia
748	YOGURT	Muestra 7	< 3.0 NMP/mL	Ausencia
749	YOGURT	Muestra 8	3.0 NMP/mL	Presencia
750	YOGURT	Muestra 9	< 3.0 NMP/mL	Ausencia

Límites RTCA: Coliformes fecales < 3 NMP/mL
Escherichia coli: < 3 NMP/mL

3^a Calle 6-47 Zona 1
 Ciudad de Guatemala
 Guatemala, Guatemala
 Teléfono: +502 24102000
 Email: info@unescar.edu.gt
 info@unescar.com



 Universidad de San Carlos de Guatemala
 Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia
 Laboratorio de Análisis Fisicoquímicos y Microbiológicos LAFYM


Informe de Resultados de Análisis Microbiológico


CONCLUSION:

De las muestras recibidas y analizadas en el laboratorio no se aislaron Coliformes fecales ni *Escherichia coli*, a excepción de las muestras 742, 744, 746, 747 y 749, las cuales se consideran **NO APTAS PARA CONSUMO**.

*Prohibida la parcial o total reproducción por el cliente u otra persona, sin la debida autorización escrita por parte del laboratorio LAFYM
 *Esos informes pertenecen única y exclusivamente a la muestra descrita, tal y como fue recibida en el laboratorio.

1. Nomenclatura utilizada:
 UFC/g Unidades Formadoras de Colonia por gramo
 RTCA Reglamento Técnico Centroamericano


 Licda. Ana E. Nolasco
 QUÍMICA BIÓLOGA
 C.O.L. 2933


 FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
 LABORATORIO DE ANÁLISIS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS LAFYM
 AV. 14 DE ENERO, GUATEMALA, C.

Fuente: Universidad de San Carlos de Guatemala, laboratorio LAFYM. Fecha: 31 de marzo de 2017.

